

STUDIO
ARCHITETTO
MAR

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO
DI INIZIATIVA PRIVATA
IN Z.T.O. D4b10 - COMPARTO A -
LOCALITA' DESE NORD**

DATA Giugno 2013

COMMESSA n. 1223/77

H

SCALA

OGGETTO

VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

DITTA

Società Costruzioni Stradali S.r.l.

Santa Lucia S.r.l.

Istit. Prov. dell'Infanzia

Santa Maria della Pietà

Volpato Giuseppe

Volpato Mario

PROGETTISTA

Arch. Giovanna Mar

COLLABORATORI

Progettista:

Ing. Giuseppe Baldo

Collaboratori:

Ing. Enrico Dupré - Dott. Marco Lisso

prodotto da/elaborazione grafica: Studio Architetti Mar srl

nome file: 1223_77_cartigli ALL_DOC_F03.pln

nome layout: ALL_H_R00

VIA CASTELLANA 60, 30174 VENEZIA - Zelarino

tel/ 041-984477 fax 041-984026 ✉ mar@studioarchmar.it

revisione n.	data:	descrizione:	redatto	verificato	approvato
00	giu 13	emissione per PUA	CM	LP	GM

Sommario

1	PREMESSA	3
2	DESCRIZIONE DELLE SISTEMAZIONI IDRAULICHE PREVISTE NELL'AREA DI INTERVENTO	8
3	CARATTERISTICHE DEL BACINO DI LAMINAZIONE IN PROGETTO	10
4	PARERE FAVOREVOLE ESISTENTE PER UMI 1 (COMPARTO A)	12
5	INQUADRAMENTO METODOLOGICO	13
6	ANALISI REGIONALIZZATA DELLE PRECIPITAZIONI: INTRODUZIONE	14
6.1	Premessa	14
6.2	Scelta della rete di misura	14
6.3	Campo di analisi e scelta delle stazioni	15
7	ANALISI REGIONALIZZATA DELLE PRECIPITAZIONI: PROCEDIMENTO NUMERICO	18
7.1	Il metodo della grandezza indice e la distribuzione GEV	19
7.1.1	Identificazione delle zone omogenee ai fini della curva di crescita	20
7.1.2	Calcolo della grandezza indice caratteristica di ciascuna stazione	20
7.1.3	Regolarizzazione dei campioni normalizzati e stima delle curve di crescita	21
7.1.4	Valutazione dell'omogeneità dell'area con il test H	23
7.1.5	Analisi della distribuzione spaziale delle medie dei massimi annuali	23
8	CALCOLO DELLE CURVE SEGNALTRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA DI RIFERIMENTO	24
8.1	Curve segnalatrici a tre parametri per sottoaree omogenee	24
8.1.1	Attribuzione delle curve segnalatrici ai territori comunali	25
8.1.2	Curve segnalatrici per la zona costiera e lagunare (ipotesi B)	27
8.2	Curve segnalatrici a due parametri e loro utilizzo	29
8.3	Determinazione di pluviogrammi di progetto	30
9	DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO	31
10	ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO, DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	33
10.1	UMI 2 35	
10.2	UMI 3 36	
10.3	UMI 4 37	
10.4	UMI 5 38	
11	CALCOLO DEI VOLUMI DA RENDERE DISPONIBILI PER LA LAMINAZIONE	39
11.1	UMI 2 42	
11.2	UMI 3 43	
11.3	UMI 4 44	
11.4	UMI 5 45	

12	VERIFICA DEI VOLUMI DI INVASO TRAMITE MODELLO MONODIMENSIONALE	46
12.1	UMI 2 47	
12.2	UMI 3 49	
12.3	UMI 4 50	
12.4	UMI 5 52	
13	INDIVIDUAZIONE DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE E DELLO SCARICO DELLE ACQUE BIANCHE	55
14	ESEMPI DI DISPOSITIVI DI INVASO E LAMINAZIONE	56
14.1	Riduzione del volume propagato con accumulo e riutilizzo locali	56
14.2	Dispersione nel sottosuolo	57
14.3	Volumi di invaso per la detenzione temporanea delle acque	60
14.4	Schema tipo di pozzetto di laminazione con sfioratore	64
15	PRESCRIZIONI RELATIVE AL PIANO AEV DESE GIA' PRESENTI ALL'INTERNO DEI PARERI IDRAULICI PRECEDENTEMENTE RILASCIATI	66
16	ULTERIORI PRESCRIZIONI DI CARATTERE GENERALE	67
17	SINTESI DELLA VALUTAZIONE	68

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda lo studio idrologico per la valutazione di compatibilità idraulica afferente al progetto "Piano Urbanistico Attuativo di iniziativa privata in Z.T.O. D4b10 - comparto A - Località Dese nord".

L'area oggetto di intervento urbanistico, denominata nel seguito AEV Dese, interessa un vasto territorio a sud della Fossa Storta in località Dese, in corrispondenza con il confine nord del Comune di Venezia.

Questo territorio è compreso tra la viabilità provinciale S.P. 40, via Venier, via Bosco Berizzi e l'area golenale della stessa Fossa Storta; la sua collocazione geografica ed insediativa si può evincere anche dall'immagine seguente.

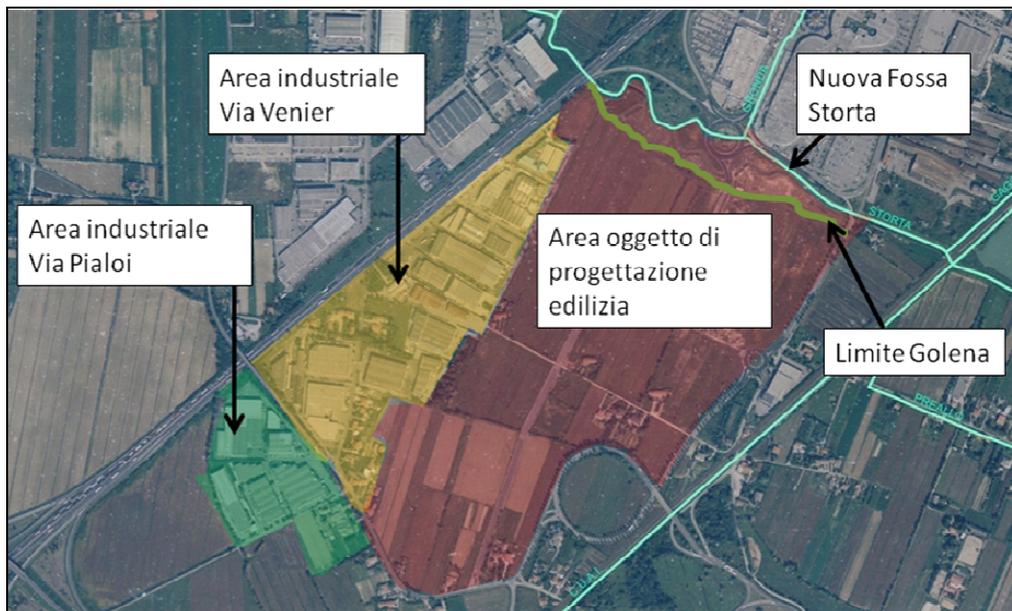


Figura 1. Inquadramento territoriale area AEV Dese.

La zona inoltre è attualmente individuata nella variante al piano regolatore generale per la terraferma come Zona D4 destinata ad *Attrezzature economiche varie*.

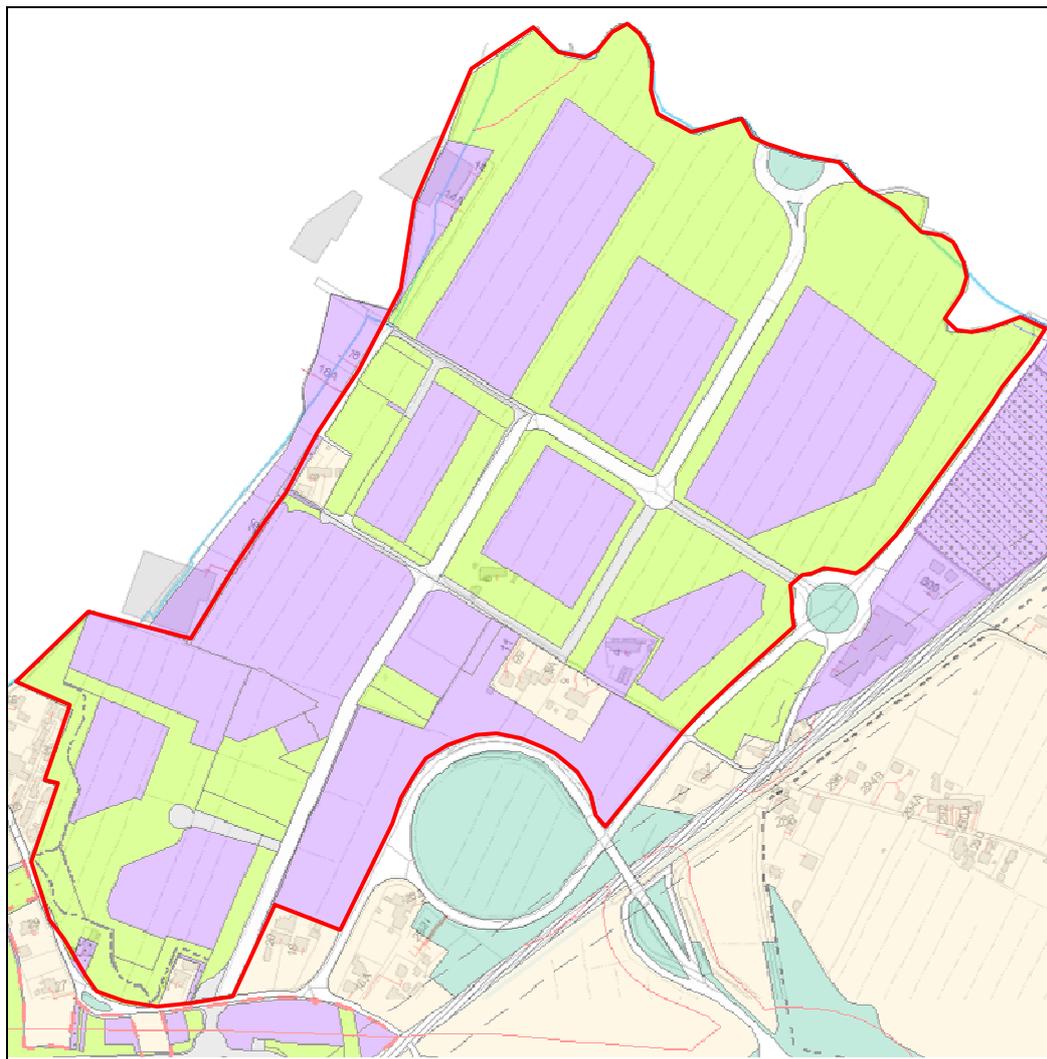


Figura 2. Inquadramento PRG area AEV Dese

(Sistema informativo Territoriale del Comune di Venezia)

L'area è individuata catastalmente al foglio 3 sezione di Favaro Veneto:



Figura 3. Inquadramento catastale area AEV Dese.

L'area oggetto di intervento è stata suddivisa in cinque comparti:

- Comparto A
- Comparto B
- Comparto C
- Comparto D
- Comparto E

L'inquadramento dei comparti su base C.T.R. si evince dalla seguente immagine:

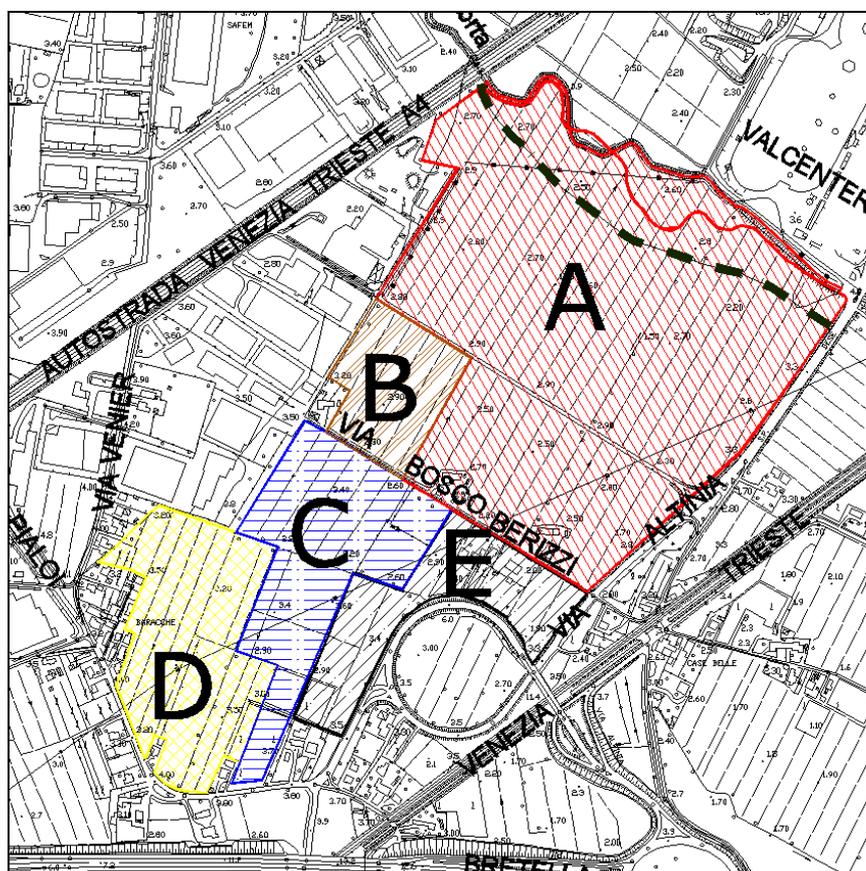


Figura 4. Suddivisione della lottizzazione in comparti.

La presente relazione di valutazione di compatibilità idraulica approfondisce lo studio per il solo Comparto A, posizionato nella parte nord del piano, di seguito rinominato *Area di studio*.

Il comparto A è costituito dalle seguenti U.M.I. :

- U.M.I. 1
- U.M.I. 2
- U.M.I. 3
- U.M.I. 4\
- U.M.I. 5

Tali elementi, componenti la totalità del Comparto A, saranno trattati separatamente nel calcolo dei volumi da rendere disponibili all'invaso. La seguente immagine illustra schematicamente la posizione delle 5 U.M.I. all'interno del comparto:

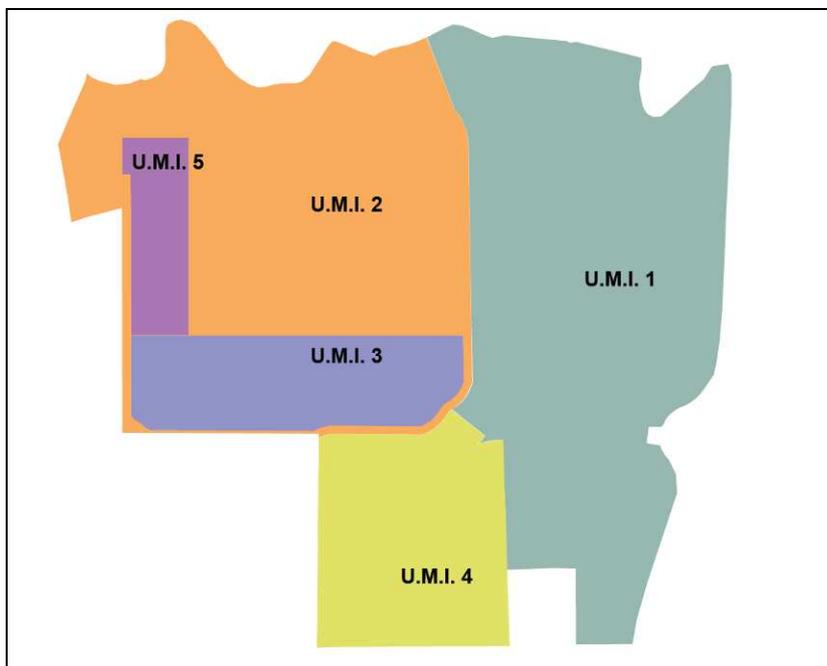


Figura 5. Suddivisione del comparto A in U.M.I.

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 dalle Ordinanze 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. Il contenuto delle Ordinanze, decadute con l'avvenuta scadenza della struttura commissariale, è stato recepito dai regolamenti comunali all'interno delle NTGA della VPRG per la Terraferma (approvata con DGRV n. 3905 del 03/12/2004 e DGRV n. 2141 del 29/07/2008), art. 11 (comma 2 e correlati) e art. 13 (comma 9 e correlati). Nei successivi paragrafi sarà calcolato l'aumento di area impermeabile al fine di valutare l'iter approvativo della presente valutazione.

2 DESCRIZIONE DELLE SISTEMAZIONI IDRAULICHE PREVISTE NELL'AREA DI INTERVENTO

Il sedime oggetto di intervento sopra descritto rientra in una porzione di territorio che ha subito recenti fenomeni di allagamento durante eventi meteorici intensi.

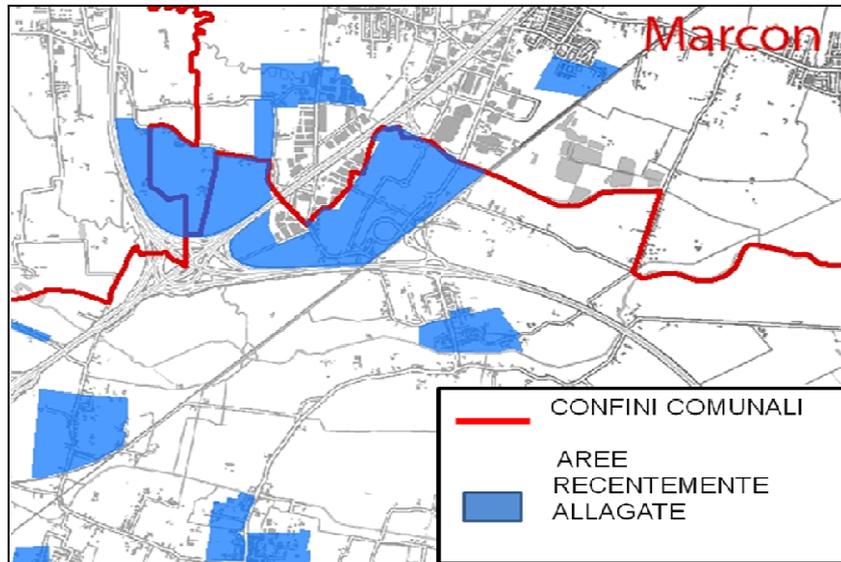


Figura 6. Mappa aree recentemente allagate.

Anche la seguente immagine, tratta dal vigente Piano delle Acque del Comune di Venezia, testimonia come il comparto AEV Dese ricada in parte in aree contrassegnate da alto rischio di allagamento.

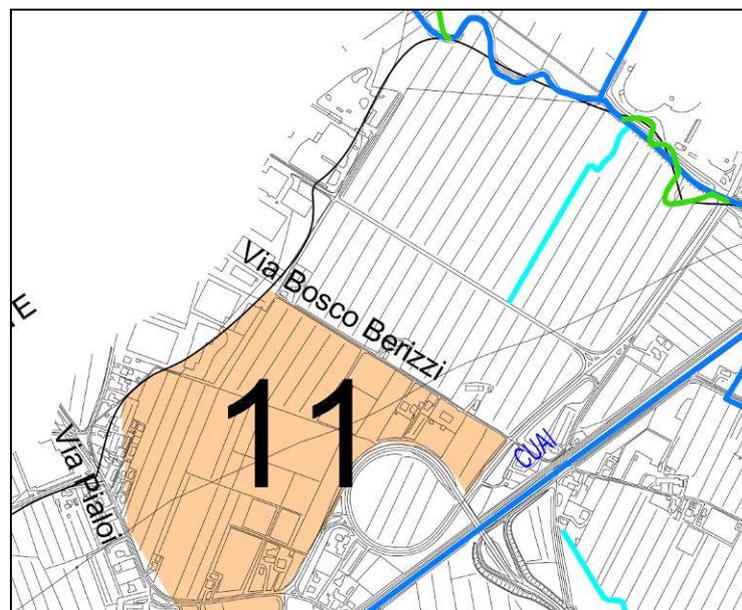


Figura 7. Carta delle criticità del vigente Piano delle Acque del Comune di Venezia.

Si tratta di importanti problematiche idrauliche riscontrate, cui vanno aggiunte quelle relative alle condizioni del corso d'acqua Fossa Storta, limite nord dell'area di studio e principale canale ricettore delle acque di dilavamento.

La necessità di riformare profondamente l'assetto idraulico dell'intera zona ha portato allo studio e all'approvazione dei seguenti interventi in progetto:

- Sarà realizzato il parziale spostamento dell'alveo della Fossa Storta: il nuovo corso, modificato per un tratto di circa 400-500 metri, è stato pensato anche in funzione delle nuove infrastrutture stradali previste nella zona nord.
- Il Comparto A ospiterà un grande bacino di laminazione, in grado di fornire un volume disponibile per l'invaso di parte dei volumi di laminazione delle portate in arrivo dalle aree impermeabilizzate dell'intero piano AEV Dese. Per un dettaglio dei volumi disponibili si veda il paragrafo seguente.
- Il grande bacino di laminazione previsto sarà progettato e dimensionato in modo da permettere l'ingresso delle acque della Fossa Storta, realizzando un efficace sistema di trattamento delle acque del corso d'acqua stesso. Le portate trattate usciranno dal Comparto A verso il nuovo tratto del canale, e da qui proseguiranno il proprio corso verso lo scarico sul fiume Dese, che avverrà in località Praello.

L'intervento, già concordato con i tecnici del Consorzio di Bonifica Acque Risorgive, permetterà di mitigare le criticità connesse con la realizzazione del nuovo insediamento commerciale e produttivo previsto nell'area AEV Dese, ed in particolare con la sistemazione delle infrastrutture viarie della zona. specialmente si tenterà di porre rimedio alla concentrazione di inquinanti presenti all'interno delle acque della Fossa.



Figura 8: Fossa Storta a nord del Comparto A.

3 CARATTERISTICHE DEL BACINO DI LAMINAZIONE IN PROGETTO

Il nuovo bacino di laminazione, come evidenziato in figura seguente, sarà posizionato in corrispondenza del lato nord del comparto A, lungo il corso della fossa Storta.

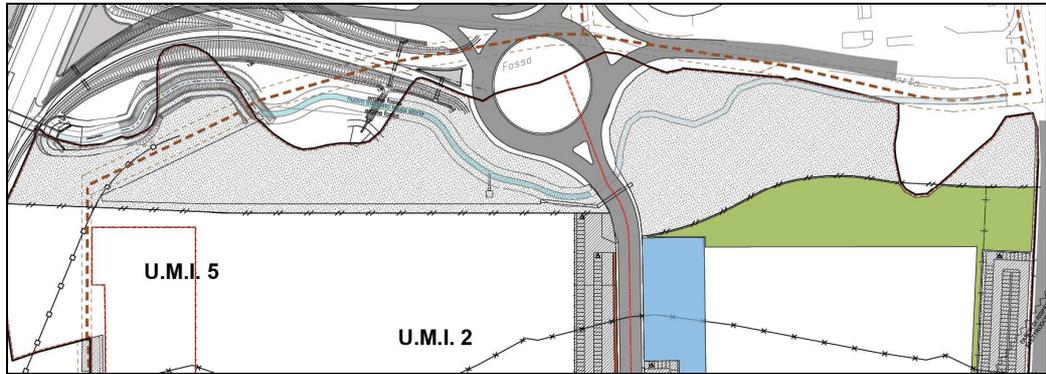


Figura 9. Posizionamento del bacino di laminazione sul lato nord del Comparto A.

Rispetto al progetto originario, il comparto A ha subito alcune modifiche rispetto al numero di UMI e al loro posizionamento, fino alla configurazione progettuale sopra esposta.

Come anticipato al paragrafo precedente, il volume di invaso creato all'interno del bacino, potrà essere disponibile alla laminazione delle portate provenienti dai vari comparti compresi all'interno dell'intera lottizzazione AEV Dese.

Naturalmente il bacino stesso potrà contenere solo una parte dei volumi di invaso previsti per ciascun comparto: il resto del volume di invaso necessario dovrà essere recuperato all'interno dei singoli comparti e, nel caso del Comparto A, all'interno di ogni singola UMI.

Relativamente alla suddivisione del volume di invaso disponibile nel bacino, essa è stata fatta attribuendo una frazione del volume stesso in proporzione all'estensione di ciascun comparto (e di ciascuna UMI, limitatamente al comparto A).

In seguito ad accordi tra le varie proprietà interessate, ed al Consorzio di Bonifica Acque Risorgive, è stata redatta la seguente tabella riassuntiva di suddivisione dei volumi disponibili all'interno del bacino di laminazione:

Tabella 1. Tabella riepilogativa di suddivisione dei volumi disponibili all'interno del bacino in progetto.

Superficie COMPARTO A	VERSIONE PRECEDENTE [mq]	AGGIORNAMENTO MAGGIO 2013	VOLUMI DI INVASO PREVISTI [mc]
Lotto 1	119.342	118.385	2.459
Lotto 2	71.342	71.219	1.479
Lotto 3	56.017	56.167	1.167
Lotto 4	39.465	39.465	820
Lotto 5	15.275	15.248	317
TOT COMPARTO A	301.441	300.484	6.242
Superficie COMPARTO C			
Lotto 1	63.445	63.445	1.318
Lotto 2	11.542	11.542	240
TOT COMPARTO C	74.987	74.987	1.558
Superficie COMPARTO B			
	36.926	36.926	0
Superficie COMPARTO D			
Lotto 1	28.542	28.542	593
Lotto 2	18.449	18.449	383
Lotto 3	27.829	27.829	578
TOT COMPARTO D	74.820	74.820	1.554
Superficie COMPARTO E			
	46.951	46.951	959

E' stato fatto un raffronto tra le superfici già previste per il Piano nella versione progettuale precedente, e quelle aggiornate a Maggio 2013. Le piccole modifiche riguardano l'estensione delle UMI per il Comparto A: alcune verifiche hanno dimostrato che le variazioni dei volumi di invaso sono assolutamente trascurabili, e comunque cautelative. Quindi saranno mantenuti i volumi già ipotizzati per la versione precedente e già approvati, limitatamente alla UMI 1 del comparto A, dal Consorzio di Bonifica Acque Risorgive.

4 PARERE FAVOREVOLE ESISTENTE PER UMI 1 (COMPARTO A)

La seguente immagine riporta lo stato delle approvazioni delle varie valutazioni di compatibilità idrauliche presso il consorzio di bonifica competente.

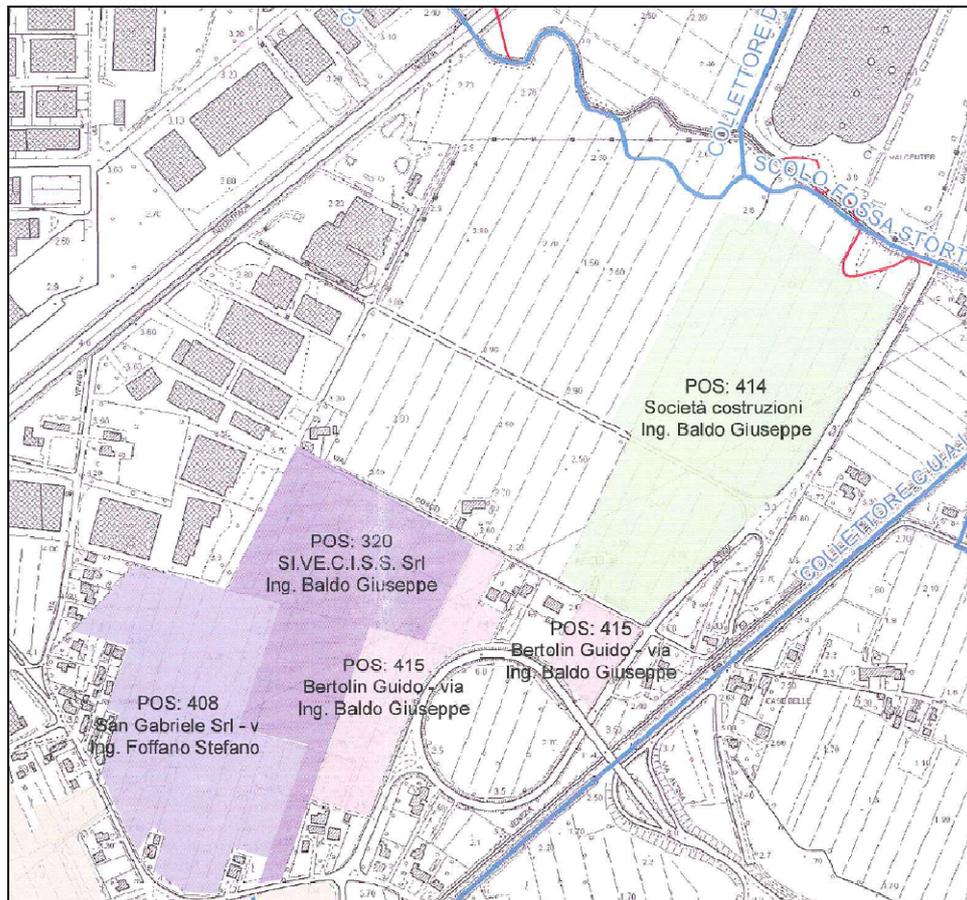


Figura 10. Stato dei Pareri Idraulici già rilasciati per il Piano AEV Dese

Come si osserva, relativamente al solo comparto A oggetto di studio, è disponibile per la sola UMI 1 un Parere Idraulico favorevole.

Il parere favorevole, rilasciato dal consorzio di bonifica Acque Risorgive in data 21.04.2010 con prot. N.10226-09_310/DS/W/DD e allegato alla presente relazione, redatto coerentemente ai citati accordi sul volume di invaso previsto, prevede:

- **mc 2479 disponibili all'interno dell'area di laminazione in fregio al collettore Fossa Storta;**
- **mc 4432 all'interno di condotte, fossati ed aree verdi ribassate all'interno del Lotto 1;**

La presente valutazione di compatibilità idraulica, tenendo conto del parere favorevole già espresso per la UMI 1, manterrà i volumi autorizzati, ed approfondirà l'analisi dell'impermeabilizzazione progettuale e dei volumi di invaso limitatamente alle sole UMI 2, UMI 3, UMI 4 e UMI 5.

5 INQUADRAMENTO METODOLOGICO

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

- a) definizione dei dati pluviometrici raccolti;
- b) descrizione della metodologia di regionalizzazione dei dati pluviometrici;
- c) descrizione delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento;
- d) determinazione del coefficiente di deflusso medio, quindi determinazione della pioggia efficace;
- e) 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 (a), (b) e (c) 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.* 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".

6 ANALISI REGIONALIZZATA DELLE PRECIPITAZIONI: INTRODUZIONE

6.1 Premessa

I contenuti di quanto riportato nelle successive tre sezioni non costituiscono elaborazioni autonome dell'ing. Giuseppe 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.* (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.

6.2 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.

6.3 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.

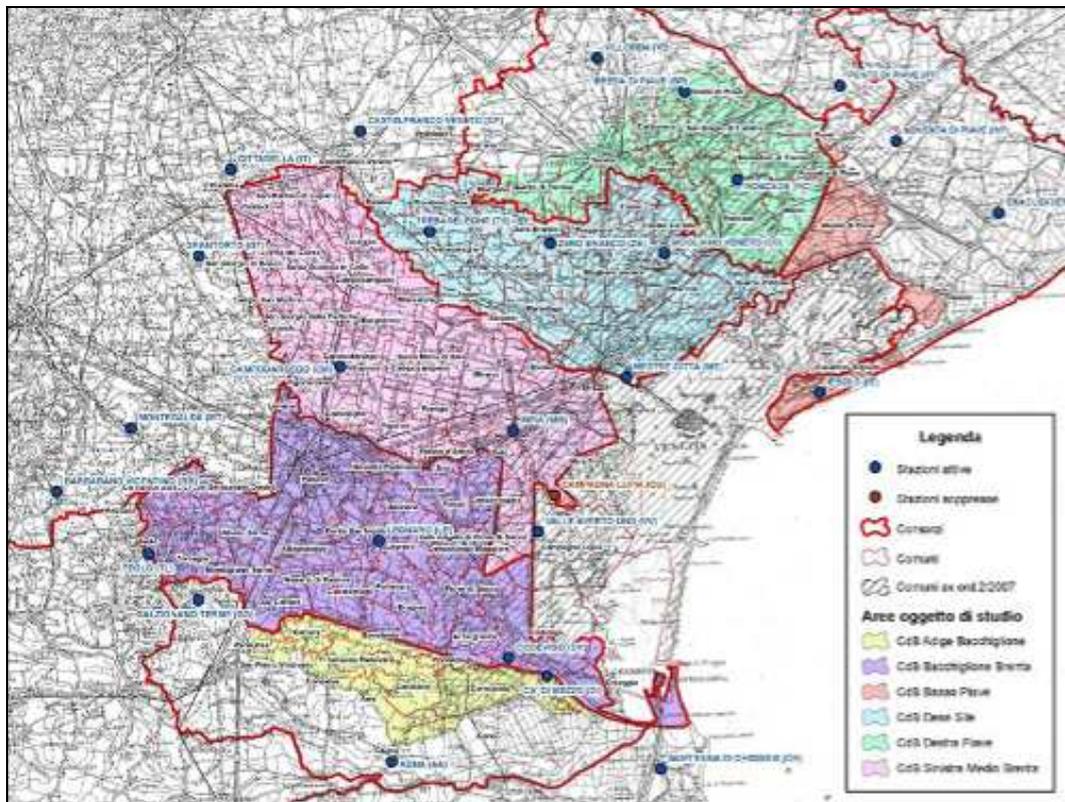


Figura 11. Planimetria dell'area oggetto di studio e delle stazioni CMT considerate.

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	1714486	5020146	02-02-1992	16
GRANTORTO (GT)	31	1714510	5052820	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	13-06-1991	- ³
VILLORBA (VB)	41	1751840	5071317	01-02-1992	16
MESTRE CITTÀ (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	5088127	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	5056879	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.

7 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 $h_t(d)$ 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*.

7.1 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

7.1.1 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.

7.1.2 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. I valori sono riportati in

Tabella 4.

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

Stazione	N° dati	5	10	15	30	45	1	3	6	12	24
		min [mm]	min [mm]	min [mm]	min [mm]	min [mm]	ora [mm]	ore [mm]	ore [mm]	ore [mm]	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
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	36.2	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

7.1.3 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:

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

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

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

7.1.4 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	$1.128 \cdot 10^{-3}$	$0.951 \cdot 10^{-3}$	$0.264 \cdot 10^{-3}$	0.668
15 minuti	$1.345 \cdot 10^{-3}$	$1.205 \cdot 10^{-3}$	$0.349 \cdot 10^{-3}$	0.400
30 minuti	$1.562 \cdot 10^{-3}$	$1.832 \cdot 10^{-3}$	$0.582 \cdot 10^{-3}$	-0.464
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	$2.928 \cdot 10^{-3}$	$3.628 \cdot 10^{-3}$	$1.875 \cdot 10^{-3}$	-0.374
6 ore	$2.758 \cdot 10^{-3}$	$3.931 \cdot 10^{-3}$	$2.165 \cdot 10^{-3}$	-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

7.1.5 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, Isole, Sant'Anna di Chioggia).

8 CALCOLO DELLE CURVE SEGNALTRICI DI POSSIBILITA' 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.

8.1 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.

8.1.1 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 *topoietai*, 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 topoietai è così associato alla stazione più vicina. Il topoietai individua così l'area di influenza della stazione in esso contenuta.

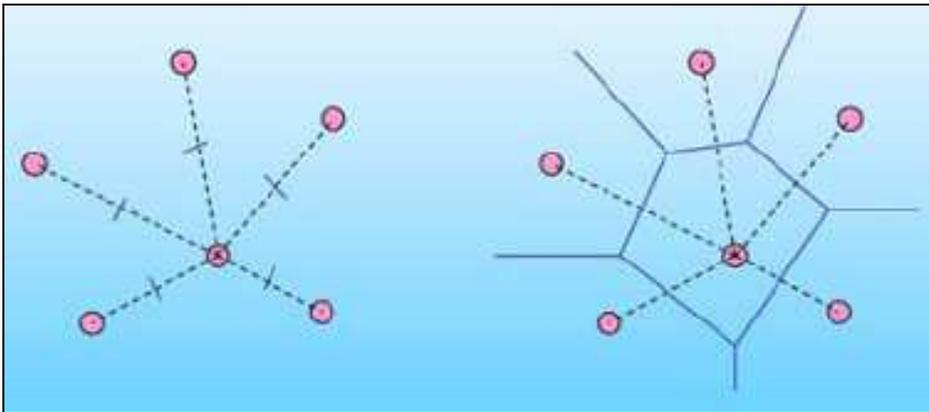


Figura 12. Metodo di costruzione dei poligoni di Thiessen a partire da un insieme di punti.

L'applicazione del metodo dei topoietai al caso in esame prevede di intersecare i topoietai con i perimetri dei comuni e associare poi ogni comune alla zona omogenea "prevalente", i cui topoietai contengono la maggioranza relativa del territorio comunale. In Figura 13 è rappresentato il risultato della ripartizione con riferimento all'ipotesi B (stazione di Mira assegnata al cluster costiero) di definizione delle zone omogenee.

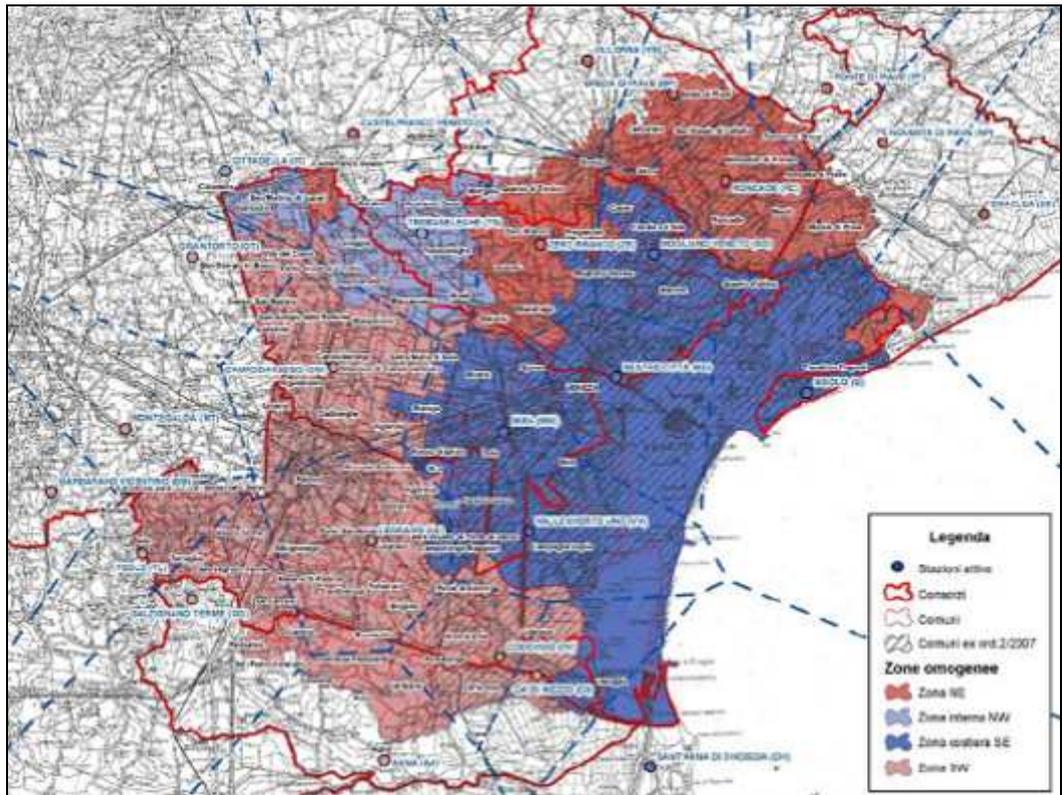


Figura 13. Possibile ripartizione dei comuni tra le quattro zone omogenee individuate dall'ipotesi B.

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, Borgorico, 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, Terrasa 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 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'

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

Stazioni: Sant'Anna di Chioggia (CH), Isole (IE), Mestre (ME), Mogliano Veneto (OG), Valle Averte (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

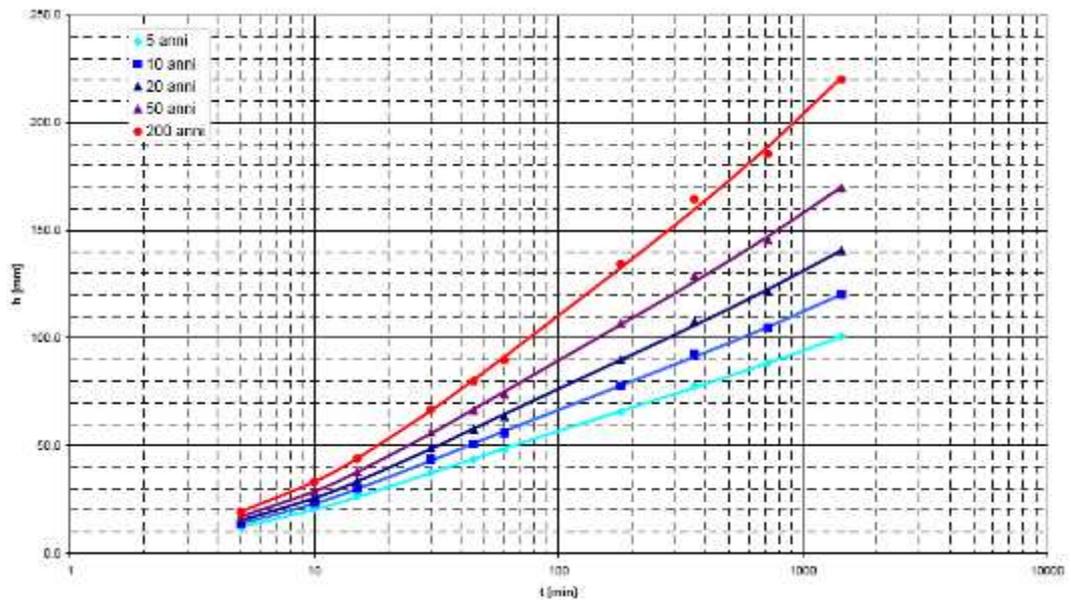


Figura 14. Curve segnalatrici a tre parametri.

8.2 Curve segnalatrici a due parametri e loro utilizzo

Si riportano di seguito le curve segnalatrici a due parametri afferenti all'analisi già utilizzata dalla passata 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, che sarà utilizzata anche nel presente studio, 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									
2	4.3	0.554	5.9%	6.1	0.441	2.9%	9.1	0.328	4.5%	11.8	0.267	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	1.8%	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	0.552	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%

8.3 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 8.

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 [minuti]	ALTEZZA DI PRECIPITAZIONE [millimetri]	INTENSITA' [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

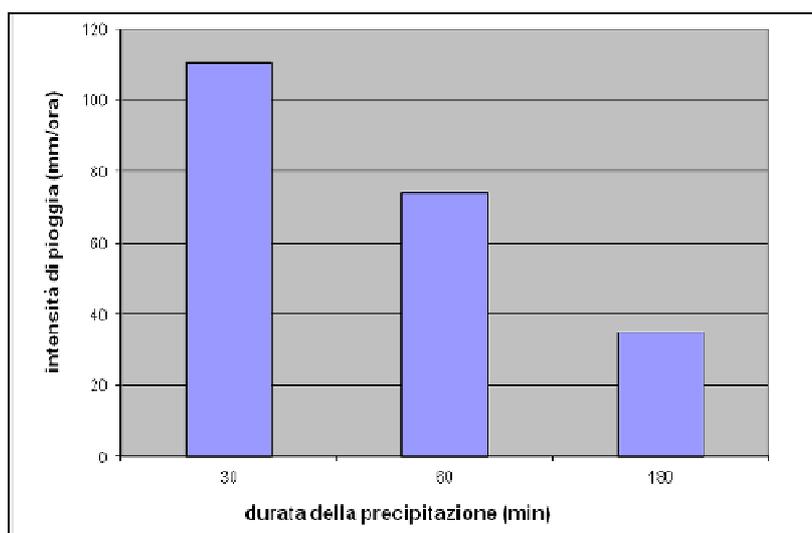


Figura 15. Ietogrammi rettangolari relativi a piogge di durata rispettivamente di 180, 60 e 30 minuti caratterizzate da un tempo di ritorno di 50 anni, per la zona omogenea SE.

9 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Come anticipato in precedenza, la presente area di studio comprende il solo Comparto A. Essa presenta i seguenti confini:

- a nord con la Fossa Storta, che a sua volta è limitata verso nord da via Mattei e dal complesso commerciale Valecenter;
- ad ovest dalla zona industriale di Marcon e dall'Autostrada A4;
- a sud dai comparti B, C ed E dello stesso Piano di lottizzazione;
- ad est con l'esistente viabilità della SP 40.

La seguente immagine satellitare, tratta dal sito www.google.com, certifica la quasi totalità di terreni di tipo agricolo o comunque a verde all'interno del comparto. Gli unici elementi che si distinguono sono una parte di viabilità esistente, comprendente alcune strade e 3 rotatorie, e due piccole residenze, che saranno comunque mantenuti.



Figura 16: Immagine satellitare tratta dal sito www.google.com relativa all'area di intervento.

In Figura 17 si osserva un'immagine fotografica della viabilità interna esistente. Quest'ultima sarà oggetto di sistemazione ed una volta ripristinata andrà a costituire la struttura principale della viabilità interna in progetto.



Figura 17. Immagine fotografica dello stato di fatto della viabilità esistente (direz ovest).



Figura 18. Immagine fotografica dello stato di fatto: veduta direzione nord.

10 ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO, DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

La seguente immagine schematizza la soluzione progettuale prevista:



Figura 19. Soluzione progettuale proposta per il Comparto A.

Come accennato in precedenza, l'area di studio si concentra all'interno del Comparto A ed in particolare delle UMI 2, 3, 4, e 5 (quest'ultima nata da un frazionamento delle UMI 2 e 3). Questo in quanto per la UMI 1 è già disponibile un parere idraulico favorevole.

Per la descrizione dello stato di progetto saranno esaminate le singole UMI. La suddivisione delle superfici parte da considerazioni relative alla destinazione d'uso di ciascun lotto, ed in base ad essa sono state calcolate le massime estensioni di fabbricati, e gli standard destinati a verde e a parcheggio. Trattandosi di un piano urbanistico, e non essendo disponibili disegni esecutivi delle nuove opere, in assenza di

dati certi, si utilizzerà l'ipotesi più cautelativa data dal massimo ingombro percentuale degli edifici.

Limitatamente ai parcheggi pubblici, è disponibile una misura delle percentuali di area impermeabile, semipermeabile e verde di progetto, utilizzata in tutte le UMI:

- Alla quota di area impermeabile dei parcheggi pubblici è stato fissato un fattore del 37%;
- Alla quota di area semipermeabile dei parcheggi pubblici è stato fissato un fattore del 43%;
- Infine alla quota di area a verde è stato fissato un fattore del 20%.

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 .

Le seguenti tabelle riportano, per ciascuna UMI esaminata, la suddivisione per tipologia di copertura del suolo ed i corrispettivi coefficienti di deflusso medi.

Nell'individuazione del coefficiente di deflusso medio, sono state fatte le seguenti considerazioni:

- All'area occupata dai fabbricati, da strade e piazzali e dalla parte di parcheggi pubblici e pertinenze private assimilabili ad impermeabili, è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0,9.
- All'area occupata dalla parte di parcheggi pubblici e pertinenze private assimilabili a semipermeabili, quale è il caso di pavimentazioni di tipo drenante o semidrenante, è stato cautelativamente attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0,6.
- Alle restanti aree a verde, quali il verde pubblico e la parte di parcheggi pubblici e pertinenze private assimilabili 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.

10.1 UMI 2

Tabella 10 . Tabella riassuntiva della configurazione di progetto dell'area UMI 2, superfici in mq e corrispondenti coefficienti di deflusso.

STATO DI PROGETTO (IPOTESI DESTINAZIONE PRODUTTIVA)		
Tipologia del suolo	superficie mq	ϕ
impermeabile massima copertura edifici	28487,60	0,9
standard parcheggio impermeabile	1676,10	0,9
standard parcheggio semipermeabile	1947,90	0,6
standard parcheggio verde	906,00	0,2
standard a verde	5605,00	0,2
altro	32596,40	0,9
Totale area	71219,00	0,83

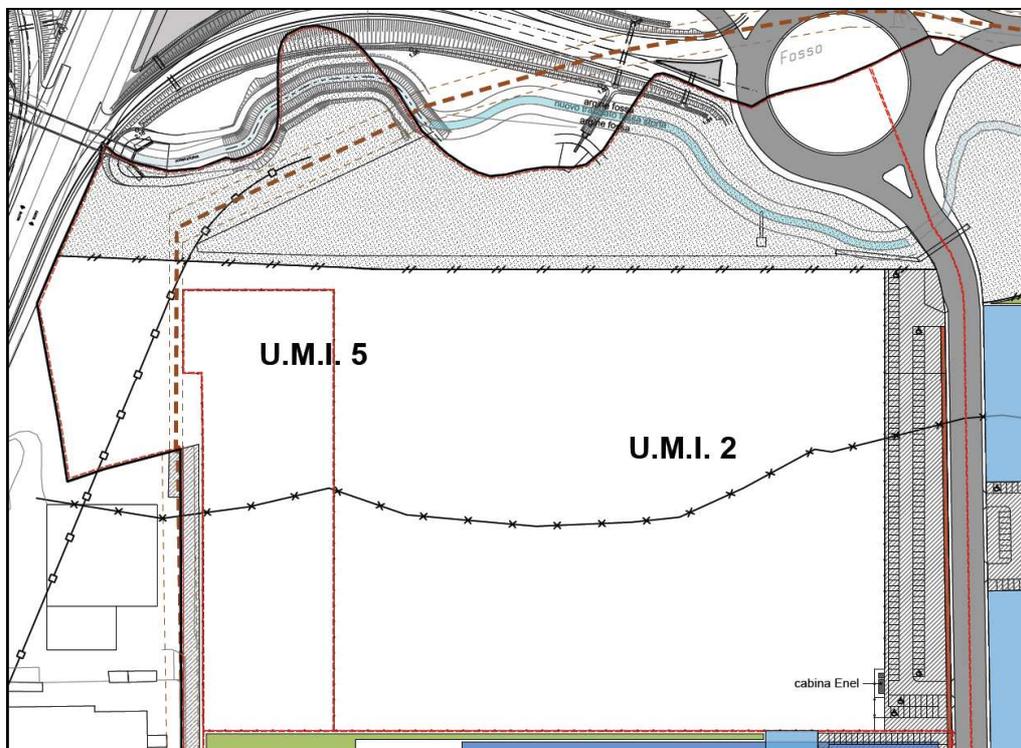


Figura 20. Estratto planimetria UMI 2.

10.2 UMI 3

Tabella 11. Tabella riassuntiva della configurazione di progetto dell'area UMI 3, superfici in mq e corrispondenti coefficienti di deflusso.

STATO DI PROGETTO (IPOTESI DESTINAZIONE COMMERCIALE)		
Tipologia del suolo	superficie mq	ϕ
impermeabile massima copertura edifici	22466,80	0,9
standard parcheggio impermeabile	2409,07	0,9
standard parcheggio semipermeabile	2799,73	0,6
standard parcheggio verde	1302,20	0,2
standard a verde	22711,00	0,2
altro	4478,20	0,9
Totale area	56167,00	0,59

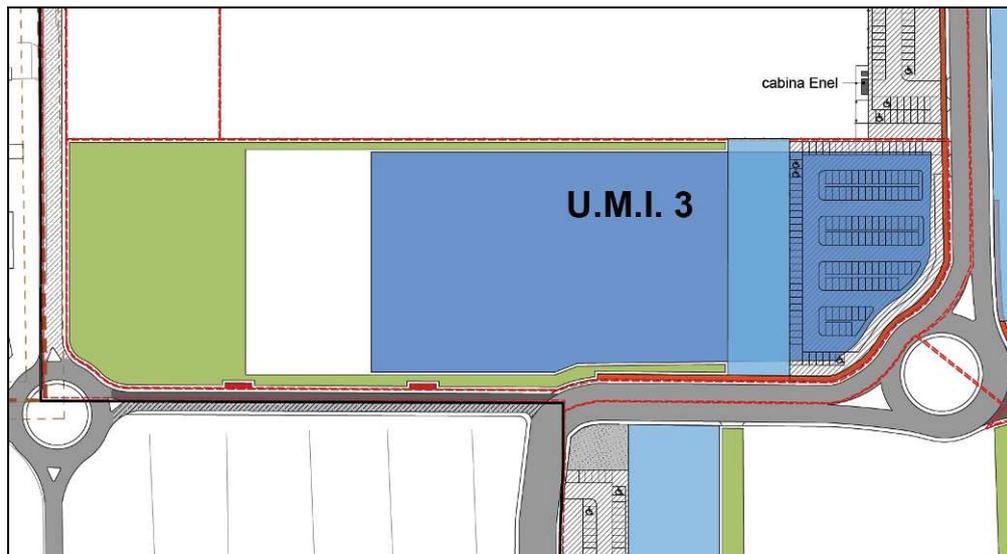


Figura 21. Estratto planimetria UMI 3.

10.3 UMI 4

Tabella 12. Tabella riassuntiva della configurazione di progetto dell'area UMI 4, superfici in mq e corrispondenti coefficienti di deflusso.

STATO DI PROGETTO (IPOTESI DESTINAZIONE COMMERCIALE)		
Tipologia del suolo	superficie mq	ϕ
impermeabile massima copertura edifici	15786,00	0,9
standard parcheggio impermeabile	4134,01	0,9
standard parcheggio semipermeabile	4804,39	0,6
standard parcheggio verde	2234,60	0,2
standard a verde	11173,00	0,2
altro	1333,00	0,9
Totale area	39465,00	0,63

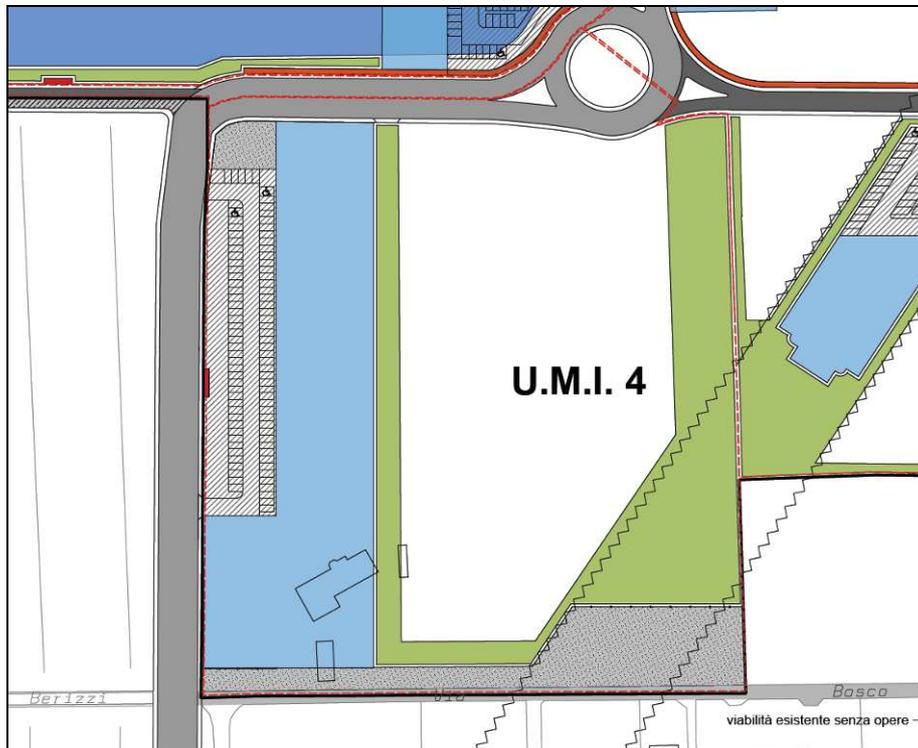


Figura 22. Estratto planimetria UMI 4.

10.4 UMI 5

Tabella 13. Tabella riassuntiva della configurazione di progetto dell'area UMI 5, superfici in mq e corrispondenti coefficienti di deflusso.

STATO DI PROGETTO (IPOTESI DESTINAZIONE PRODUTTIVA)		
Tipologia del suolo	superficie mq	ϕ
impermeabile massima copertura edifici	6099,20	0,9
standard parcheggio impermeabile	444,00	0,9
standard parcheggio semipermeabile	516,00	0,6
standard parcheggio verde	240,00	0,2
standard a verde	1200,00	0,2
altro	6748,80	0,9
Totale area	15248,00	0,82

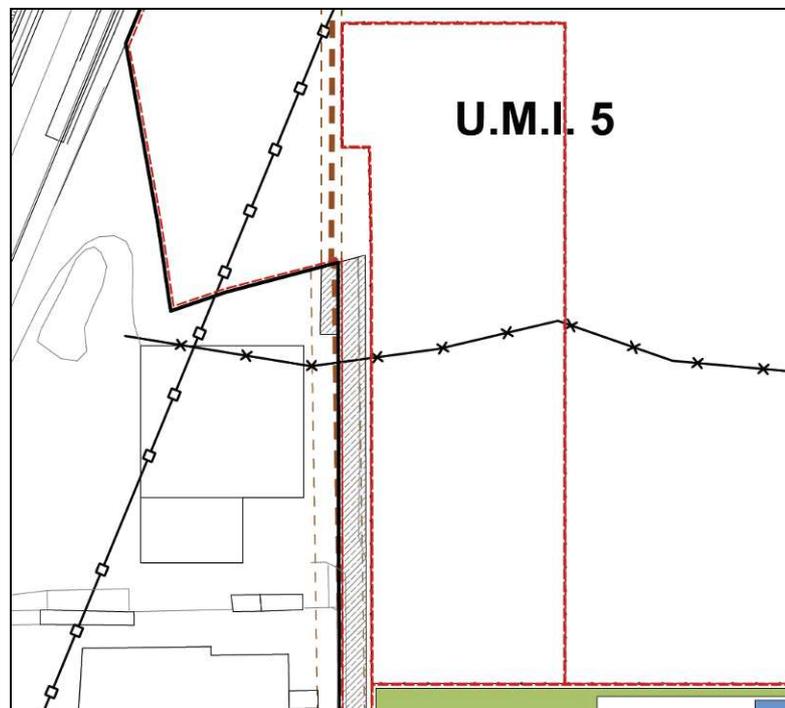


Figura 23. Estratto planimetria UMI 5.

11 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 seguente 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.

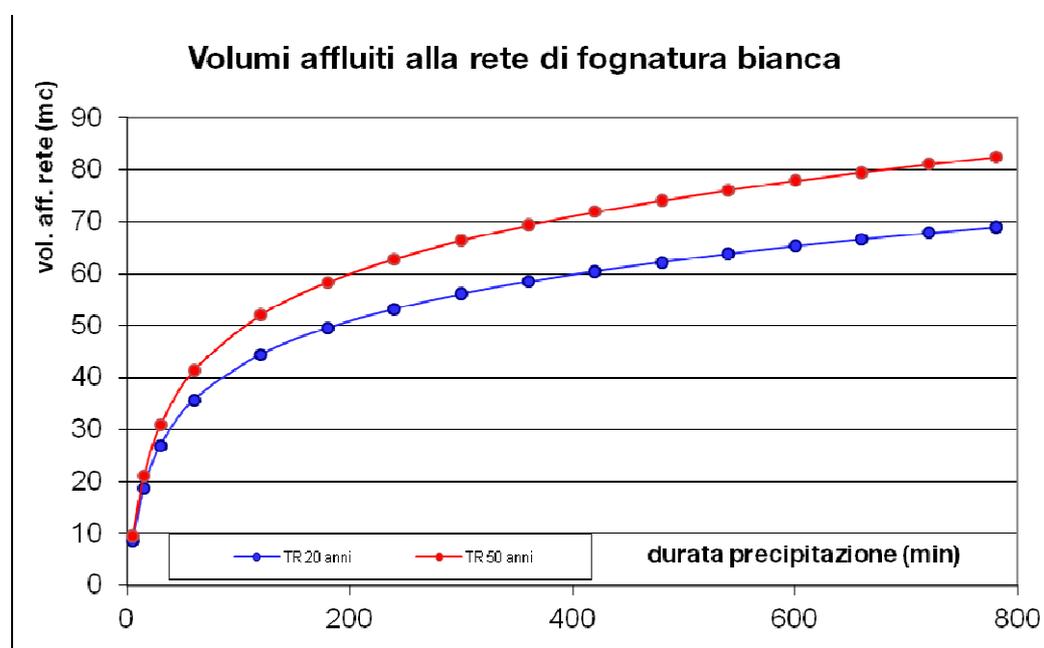


Figura 24. Volumi affluiti alla sezione di chiusura della rete di raccolta delle acque meteoriche per tempi di ritorno di 20 e 50 anni e per durate di pioggia crescenti da 5 minuti a 13 ore.

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 idrografica ricettiva.

All'interno del Comune di Venezia, risulta necessario rivedere come segue la classificazione degli interventi indicata nella DGRV 1322/08 e s.m.i.. Per ogni classe d'intervento 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).

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
	Marcata impermeabilizzazione potenziale	$S > 100.000 \text{ mq}$ e $\Phi < 0,3$	2
		$S > 100.000 \text{ mq}$ 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, considerando singolarmente ciascuna delle UMI all'interno del Comparto A, ricadiamo nella classe di significativa impermeabilizzazione dove sarà adottato il criterio numero 2 per la determinazione del volume da invasare ovvero il metodo della durata critica.

Si rimanda a successivi livelli di progettazione l'esecuzione di approfonditi studi di dettaglio, caratteristici di interventi classificati da marcata impermeabilizzazione potenziale.

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 10 l/s, ha, per l'intera estensione del Comparto A.

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 seguenti risultati, ordinati dalla UMI 2 alla UMI 5:

11.1 UMI 2

superficie totale	71.219 mq
portata consentita allo scarico	$Q=71,22$ l/s
durata critica	$t=6,80$ ore
massimo volume di invaso	$V=5.803$ mc
volume di invaso specifico	$v=815$ 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 6,80 ore.

Tabella 14. tabella riassuntiva dei volumi di invaso UMI 2 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	37,79	2228	64	2164	304
30	0,50	55,30	3260	128	3132	440
54	0,90	71,31	4204	231	3973	558
60	1,00	74,21	4375	256	4119	578
120	2,00	93,35	5504	513	4991	701
300	5,00	119,05	7018	1282	5737	805
240	4,00	112,69	6643	1026	5618	789
300	5,00	119,05	7018	1282	5737	805
360	6,00	124,33	7330	1538	5792	813
408	6,80	127,99	7546	1743	5803	815
420	7,00	128,86	7597	1795	5802	815
480	8,00	132,85	7832	2051	5781	812

11.2 UMI 3

superficie totale	56.167 mq
portata consentita allo scarico	Q=56,16 l/s
durata critica	t=4,65 ore
massimo volume di invaso	V=2.908 mc
volume di invaso specifico	v=518 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 4,65 ore.

Tabella 15. tabella riassuntiva dei volumi di invaso UMI 3 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	37,79	1243	51	1193	212
30	0,50	55,30	1819	101	1718	306
36	0,60	60,20	1981	121	1859	331
54	0,90	71,31	2346	182	2164	385
60	1,00	74,21	2442	202	2239	399
120	2,00	93,35	3071	404	2667	475
180	3,00	104,60	3442	607	2835	505
240	4,00	112,69	3707	809	2899	516
270	4,50	116,03	3818	910	2908	518
279	4,65	116,98	3849	941	2908	518
300	5,00	119,05	3917	1011	2906	517
360	6,00	124,33	4091	1213	2877	512

11.3 UMI 4

superficie totale	39.465 mq
portata consentita allo scarico	Q=39,46 l/s
durata critica	t=5,0 ore
massimo volume di invaso	V=2.229 mc
volume di invaso specifico	v=565 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 6,76 ore.

Tabella 16. tabella riassuntiva dei volumi di invaso UMI 4 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	37,79	933	36	898	227
30	0,50	55,30	1365	71	1294	328
36	0,60	60,20	1487	85	1401	355
54	0,90	71,31	1761	128	1633	414
60	1,00	74,21	1832	142	1690	428
120	2,00	93,35	2305	284	2021	512
180	3,00	104,60	2583	426	2157	546
240	4,00	112,69	2782	568	2214	561
270	4,50	116,03	2865	639	2226	564
300	5,00	119,02	2939	710	2229	565
330	5,50	121,80	3007	781	2226	564
360	6,00	124,33	3070	852	2217	562

11.4 UMI 5

superficie totale	15.248 mq
portata consentita allo scarico	$Q=15,25$ l/s
durata critica	$t=6,76$ ore
massimo volume di invaso	$V=1235$ mc
volume di invaso specifico	$v=810$ 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 6,76 ore.

Tabella 17. tabella riassuntiva dei volumi di invaso UMI 5 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	37,79	475	14	461	302
60	1,00	74,21	932	55	877	575
120	2,00	93,35	1173	110	1063	697
180	3,00	104,60	1314	165	1149	754
240	4,00	112,69	1415	220	1196	784
300	5,00	119,05	1495	274	1221	801
330	5,50	121,80	1530	302	1228	805
360	6,00	124,33	1562	329	1232	808
390	6,50	126,68	1591	357	1234	809
406	6,76	127,83	1606	371	1235	810
420	7,00	128,86	1619	384	1234	810
540	9,00	136,42	1713	494	1219	800

12 VERIFICA DEI VOLUMI DI INVASO TRAMITE MODELLO MONODIMENSIONALE

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 10 l/s,ha.

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 [m³/s];
- W volume immagazzinato a monte [m³];
- Q portata in uscita dalla sezione di chiusura [m³/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 è stato calcolato separatamente per ciascuna UMI 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:

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

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

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.

Anche in questo caso seguirà un'analisi per ciascuna UMI, dalla n. 2 alla n. 5, in cui saranno calcolati gli idrogrammi di piena in ingresso, le portate imposte allo scarico, i volumi di invaso che in ciascuna UMI saranno confrontati con quelli precedentemente calcolati attraverso il metodo delle piogge critiche.

12.1 UMI 2

superficie totale	71.219 mq
portata consentita allo scarico	$Q=71,22$ l/s
durata critica	$t=6,80$ ore
tempo di corrivazione stimato	15 minuti
volume di invaso (durata critica)	$V=5.803$ mc

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.

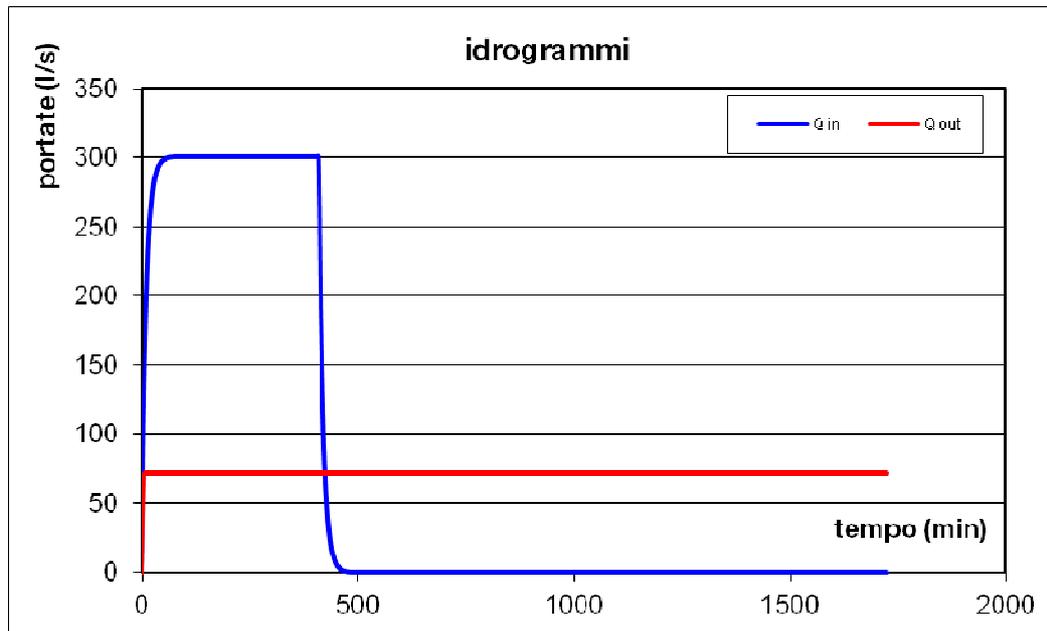


Figura 25. Grafico riassuntivo della configurazione di progetto (UMI 2). La linea blu rappresenta l'idrogramma in ingresso al sistema di laminazione, la linea rosso il massimo idrogramma accettabile allo scarico.

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 rappresentato il volume di invaso da rendere disponibile. Tale volume viene rappresentato nella seguente Figura 26 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 5.538 mc.

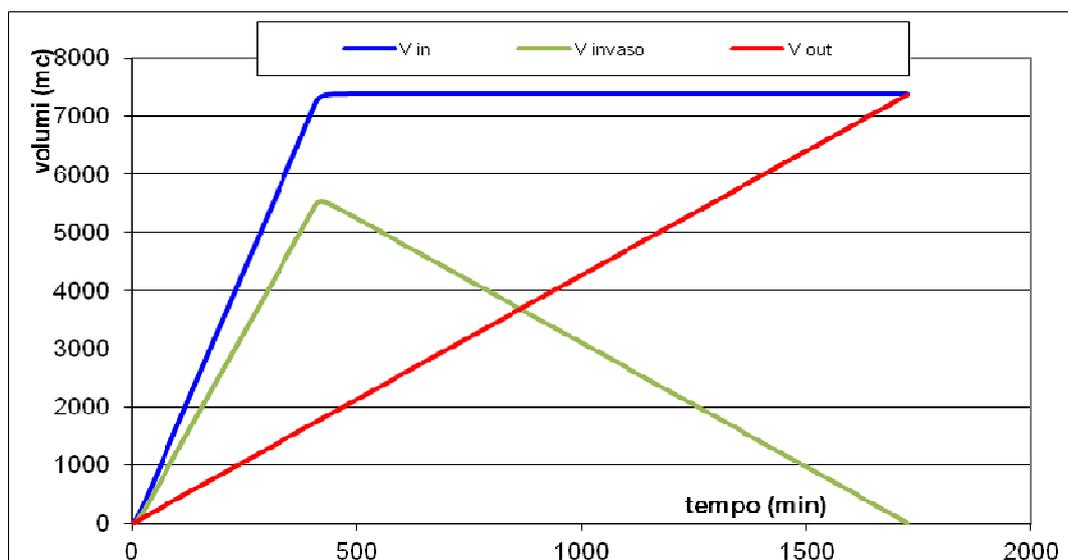


Figura 26. Andamento dei volumi: ingresso (linea blu); in uscita (linea rossa); invaso (linea verde).

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 24 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 **5.803 mc** il massimo volume di invaso necessario ai fini della laminazione della portata meteorica, per eventi con tempo di ritorno pari a 50 anni.

12.2 UMI 3

superficie totale	56.167 mq
portata consentita allo scarico	$Q=56,167$ l/s
durata critica	$t=4,65$ ore
tempo di corrivazione stimato	9 minuti
volume di invaso (durata critica)	$V=2.908$ mc

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.

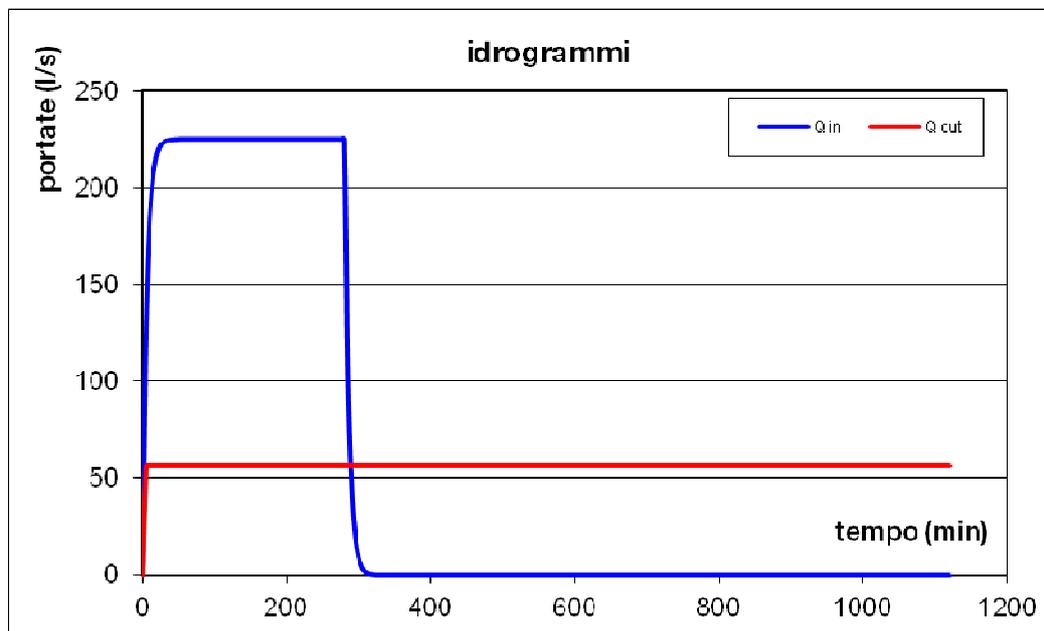


Figura 27. Grafico riassuntivo della configurazione di progetto (UMI 3). La linea blu rappresenta l'idrogramma in ingresso al sistema di laminazione, la linea rosso il massimo idrogramma accettabile allo scarico.

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 26 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 2.798 mc.

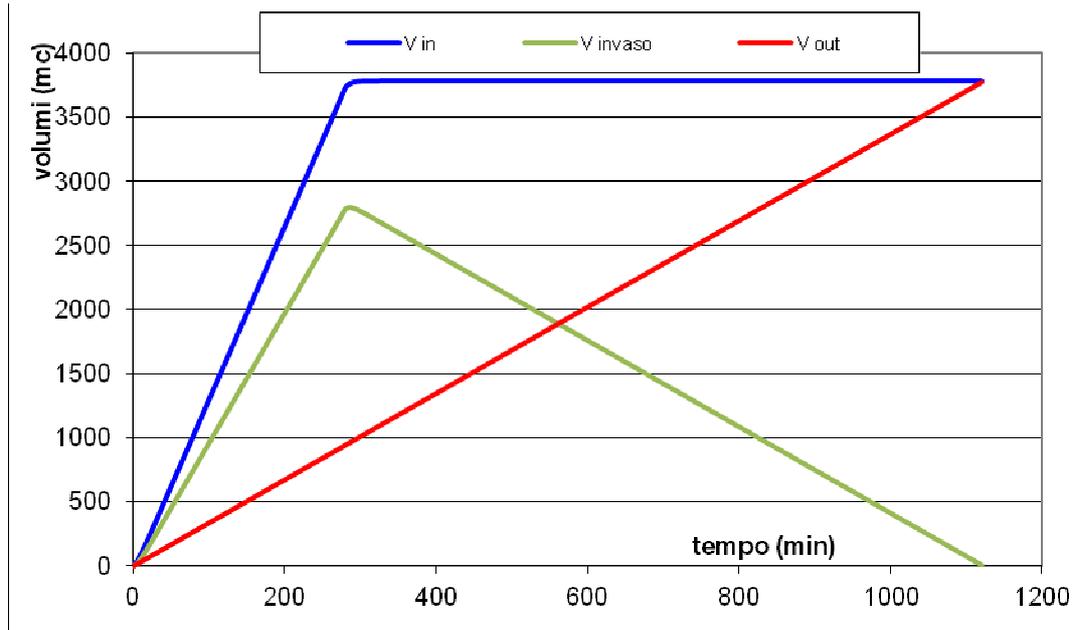


Figura 28. Andamento dei volumi: ingresso (linea blu); in uscita (linea rossa); invaso (linea verde).

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 a 12 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 **2.908 mc** il massimo volume di invaso necessario ai fini della laminazione della portata meteorica, per eventi con tempo di ritorno pari a 50 anni.

12.3 UMI 4

superficie totale	39.465 mq
portata consentita allo scarico	$Q=39,46$ l/s
durata critica	$t=4,65$ ore
tempo di corrivazione stimato	11 minuti
volume di invaso (durata critica)	$V=2.229$ mc

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.

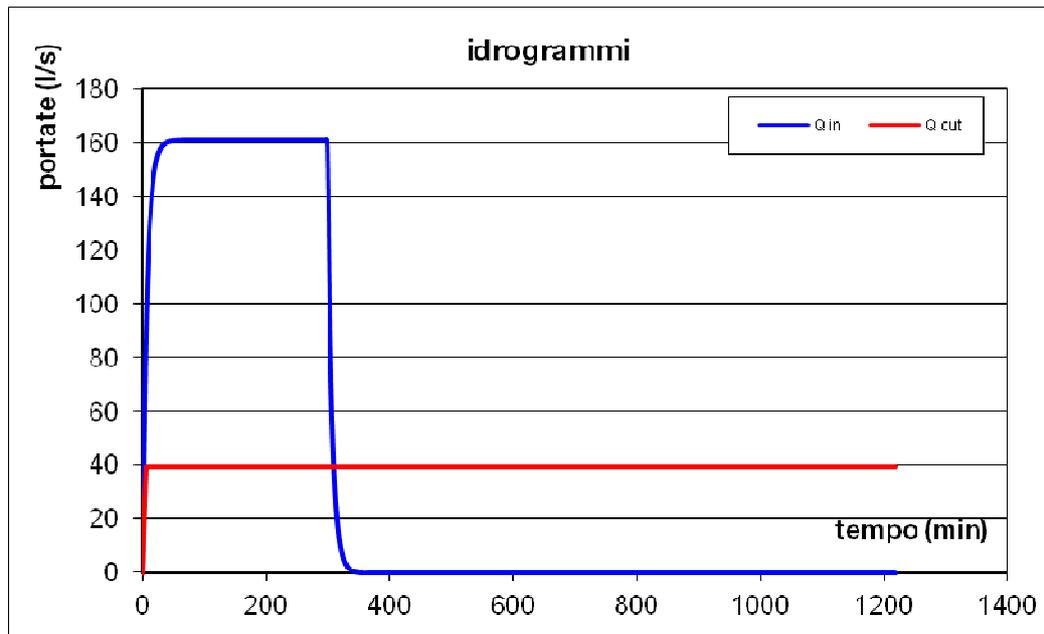


Figura 29. Grafico riassuntivo della configurazione di progetto (UMI 4). La linea blu rappresenta l'idrogramma in ingresso al sistema di laminazione, la linea rosso il massimo idrogramma accettabile allo scarico.

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 26 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 2.147 mc.

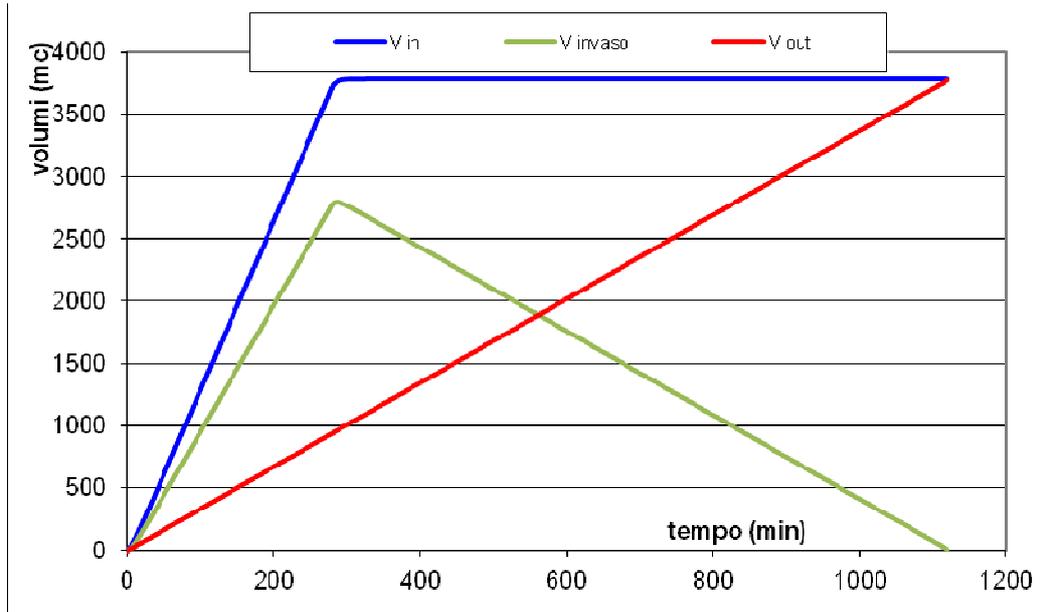


Figura 30. Andamento dei volumi: ingresso (linea blu); in uscita (linea rossa); invaso (linea verde).

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 e 24 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 **2.229 mc** il massimo volume di invaso necessario ai fini della laminazione della portata meteorica, per eventi con tempo di ritorno pari a 50 anni.

12.4 UMI 5

superficie totale	15.248 mq
portata consentita allo scarico	$Q=15,25$ l/s
durata critica	$t=6,76$ ore
tempo di corrivazione stimato	7 minuti
volume di invaso (durata critica)	$V=1.235$ mc

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.

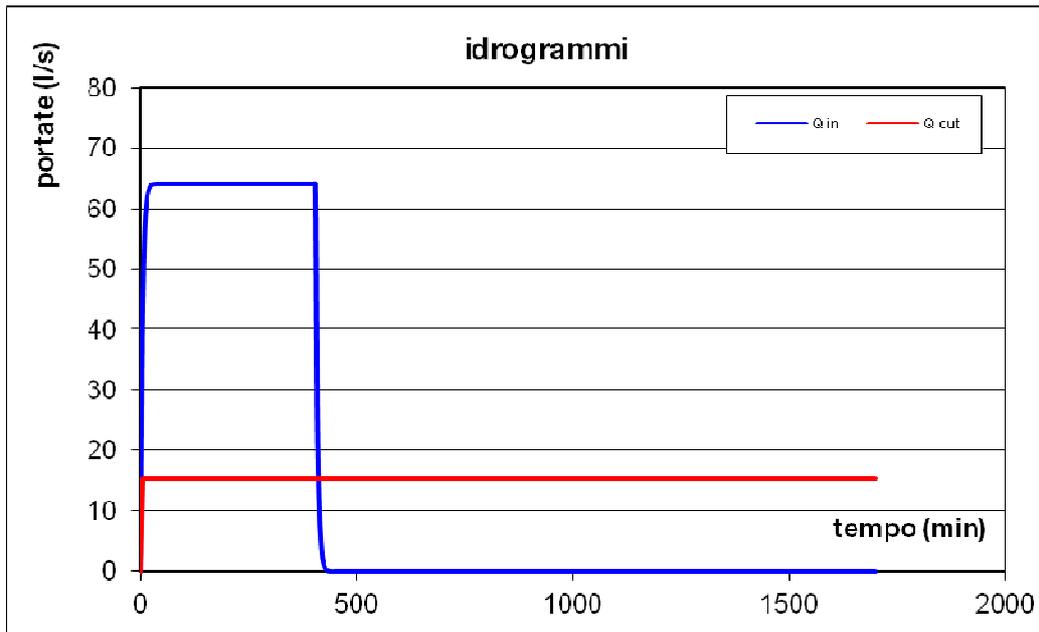


Figura 31. Grafico riassuntivo della configurazione di progetto (UMI 5). La linea blu rappresenta l'idrogramma in ingresso al sistema di laminazione, la linea rossa il massimo idrogramma accettabile allo scarico.

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 26 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 1.179 mc.

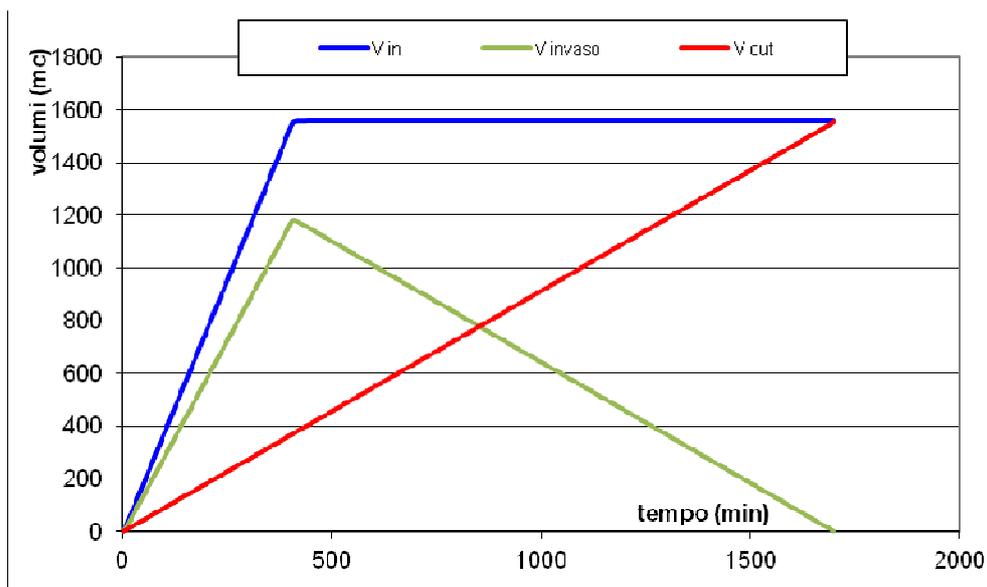


Figura 32. Andamento dei volumi: ingresso (linea blu); in uscita (linea rossa); invasato (linea verde).

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 e 24 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 **1.235 mc** il massimo volume di invaso necessario ai fini della laminazione della portata meteorica, per eventi con tempo di ritorno pari a 50 anni.

13 INDIVIDUAZIONE DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE E DELLO SCARICO DELLE ACQUE BIANCHE

La seguente tabella riassume globalmente i volumi di invaso previsti per la laminazione delle portate di origine meteorica in uscita dall'intero Comparto A. Si calcola anche l'ammontare di volumi da realizzare all'interno di ciascuna UMI e la percentuale di questa sul totale del volume necessario, sempre suddiviso per UMI:

Tabella 18. Tabella riassuntiva volumi di invaso per l'intera area di intervento.

TABELLA RIASSUNTIVA VOLUMI INVASATI COMPARTO A				
UMI	VOLUMI DI INVASO TOTALI	VOLUMI DA REALIZZARE IN BACINO FOSSA STORTA	VOLUMI DA REALIZZARE ALL'INTERNO	% SUL TOTALE VOLUMI IN BACINO
UMI1	6911	2479	4432	64,13%
UMI2	5803	1482	4321	74,46%
UMI3	2908	1164	1744	59,97%
UMI4	2229	820	1409	63,21%
UMI5	1235	317	918	74,32%
TOTALE	19086	6262	12824	67,19%

Non risulta possibile in questo stadio progettuale svolgere analisi idrauliche precise e individuare altrettante precise misure di mitigazione. A fronte di ciò, è stato indicato semplicemente il valore minimo di invaso (riportato nelle precedenti rappresentazioni tabellari) da garantire alle trasformazioni che coinvolgono l'ambito, inteso nella sua globalità, al fine di conseguire l'invarianza idraulica.

A titolo esemplificativo, nei prossimi paragrafi saranno esposte le principali tipologie di manufatti e dispositivi di invaso al fine di laminare le portate meteoriche di progetto. In sede di presentazione dei singoli progetti edilizi di dettaglio, sarà invece deciso caso per caso quale sistema di invaso utilizzare, e si procederà al dimensionamento di dettaglio.

Resta inteso che il Canale Fossa Storta costituirà l'unico canale ricettore a servizio dell'intero Comparto A.

14 ESEMPI DI DISPOSITIVI DI INVASO E LAMINAZIONE

Posto che, ad oggi, è impossibile intervenire sulla causa, ovvero sulla precipitazione, si deve intervenire al fine di modificare al suolo il modo in cui il volume conseguente la precipitazione citata viene trattato. Le strategie percorribili, anche contemporaneamente, sono essenzialmente tre:

1. riduzione del volume immesso in rete con invasi di accumulo e riutilizzo locali;
2. riduzione del volume defluito a mezzo di dispersioni (riduzione coeff. afflusso);
3. riduzione della portata massima in rete mediante sfasamento temporale degli apporti.

La **prima** strategia è certamente la più interessante e moderna. L'idea è quella di captare e conservare volumi di precipitazione di buona qualità. Un esempio è la diversione delle grondaie in cisterne di raccolta per acqua d'irrigazione. I volumi accumulati vengono dunque sottratti sia alla rete di drenaggio (fognatura bianca, canali di bonifica) che al trattamento finale (qualora convogliati a fognature miste).

Alla **seconda** strategia appartengono tutti gli accorgimenti finalizzati a disperdere quota parte del volume della precipitazione in flussi profondi, essenzialmente verso la falda freatica, o in evapotraspirazione.

Una minima parte della precipitazione infatti non raggiunge mai la rete di drenaggio, ma viene dispersa tramite:

1. infiltrazione alla falda freatica (terreno);
2. evaporazione (dalle superfici);
3. evapotraspirazione (dalla vegetazione che assorbe l'acqua dal terreno e la restituisce, in gran parte, all'atmosfera).

La **terza** strategia, percorribile per la mitigazione delle piene, consiste nell'introduzione di uno sfasamento temporale (ritardo) nel rilascio della portata dalle aree afferenti di bacino. Si creano dunque degli invasi locali (aree allagabili, vasche di accumulo, condotte sovradimensionate) che captano rapidamente i flussi provenienti dalle aree afferenti e che, a mezzo di semplici opere di controllo, restituiscono lentamente il volume invasato verso la rete. Si ottiene dunque un effetto di laminazione che non riduce il volume che alla fine dell'evento sarà transitato alla sezione di chiusura, ma che "taglia" il culmine della piena.

Tale soluzione è quella che dà maggiori garanzie nell'ottica dell'incremento della sicurezza idraulica, ma rappresenta una scelta secondaria rispetto alle precedenti in termini ambientali in quanto non prevede il risparmio idrico e, nel caso di reti miste, può convogliare al trattamento acque piovane.

14.1 Riduzione del volume propagato con accumulo e riutilizzo locali

Una corretta gestione delle acque meteoriche è certamente alla base di un buon funzionamento del sistema fognario. La separazione del liquido in base all'area di captazione è equivalente (almeno in prima analisi) alla differenziazione delle acque in base alla qualità. In tutta generalità riconosciamo:

1. Acque di dilavamento dei tetti e superfici di copertura (non calpestabili);
2. Acque provenienti da superfici verdi o calpestabili, ma non carrabili;

3. Acque di dilavamento di strade e parcheggi.

Le acque di dilavamento dei tetti e le superfici di copertura sono interamente accumulabili e riutilizzabili per usi domestici secondari quali per usi non potabili in casa (p.e.WC) e per irrigazione separandole dal sistema fognario.

Poiché, quando piove, è necessario che i volumi di accumulo siano disponibili, il successivo utilizzo delle acque di pioggia è vincolato a questo aspetto. Si dovrà pertanto prevedere un volume di stoccaggio dedicato al riutilizzo ed un volume di stoccaggio dedicato alla diminuzione del rischio idraulico (la pioggia accumulata in quest'ultimo sarà recapitata nel sistema di drenaggio subito dopo l'evento in modo da rendere riutilizzabile il volume per un evento successivo).



Figura 33: sistema di accumulo collegato al pluviale

14.2 Dispersione nel sottosuolo

Nelle aree di pianura fortemente urbanizzate, assume un ruolo fondamentale, per la sicurezza idraulica del territorio, la massimizzazione della capacità filtrante del territorio al fine di diminuire la quantità di precipitazione che raggiunge la rete di drenaggio artificiale ed i corpi idrici superficiali.

Si tratta di sottrarre parte dell'acqua di pioggia che sarebbe recapitata alle strutture di raccolta, facendola infiltrare nel terreno.

Questo significa diminuire i coefficienti di afflusso.

Tale tecnica risulta di facile attuazione dove i terreni sono naturalmente sufficientemente permeabili.

Nel caso di buona capacità drenante dei terreni l'uso delle pavimentazioni di tipo drenante risulta particolarmente efficace.

L'utilizzo di pavimentazioni drenanti consente una riduzione consistente delle aree impermeabilizzate con conseguente riduzione del coefficiente di afflusso.

Il processo inoltre ha anche il vantaggio di alimentare le falde sotterranee.

Esistono a tale proposito dei dispositivi artificiali (sistemi modulari geocellulari) che, in virtù della loro grande capacità di detenzione, possono essere utilizzati, in terreni non

propriamente permeabili, per creare nel sottosuolo strutture in grado di trattenere importanti volumi d'acqua e rilasciarli lentamente nel terreno sottostante.

I dispositivi noti come *tetti verdi* evidenziano infine come esistano anche delle tecniche per la trasformazione di aree impermeabili in aree semipermeabile.



Figura 34: area ribassata drenante



Figura 35: pozzetto disperdente



Figura 36: sistema di invaso tipo igloo drenanti.



Figura 37: pavimentazione drenante in grigliato erboso



Figura 38: pavimento in betonelle drenanti

14.3 Volumi di invaso per la detenzione temporanea delle acque

Si tratta di dispositivi che consentono di trattenere temporaneamente importanti volumi d'acqua in modo che non defluiscano subito nella rete di drenaggio, e che vengono quindi rilasciati lentamente in tempi successivi al culmine dell'evento pluviometrico.

Nel dettaglio tali volumi di invaso possono essere realizzati mediante:

1. aree verdi sommergibili o bacini di detenzione;
2. fossi e vassoi;
3. vasche interrato;
4. maggiorazione della rete di drenaggio.

Spesso la soluzione ottimale in termini costi benefici è una combinazione di quelle sopra indicate.

Negli schemi di rete, tali volumi, possono essere connessi alle reti di drenaggio, ed ai recapiti finali, in serie od in parallelo.

Le aree verdi sommergibili

In un numero sempre più significativo di casi, la realizzazione dei volumi di laminazione avviene individuando aree verdi appositamente introdotte nella nuova configurazione territoriale oppure sfruttando quelle già esistenti o la cui presenza dovrebbe comunque essere garantita per il rispetto degli standard urbanistici.

E' di tutta evidenza che ricavare i volumi necessari nel modo poc'anzi indicato consente di contenere i costi; molto spesso infatti è sufficiente abbassare le aree a verde di 80 – 100 cm per ottenere risultati di tutto

rispetto.

La parzializzazione dell'area a volte può essere opportuna per garantire la migliore fruibilità del sito, in particolare se la superficie disponibile non è molto estesa ma lo sono i volumi richiesti; si possono prevedere quote diverse del fondo e/o arginelli o setti di contenimento.

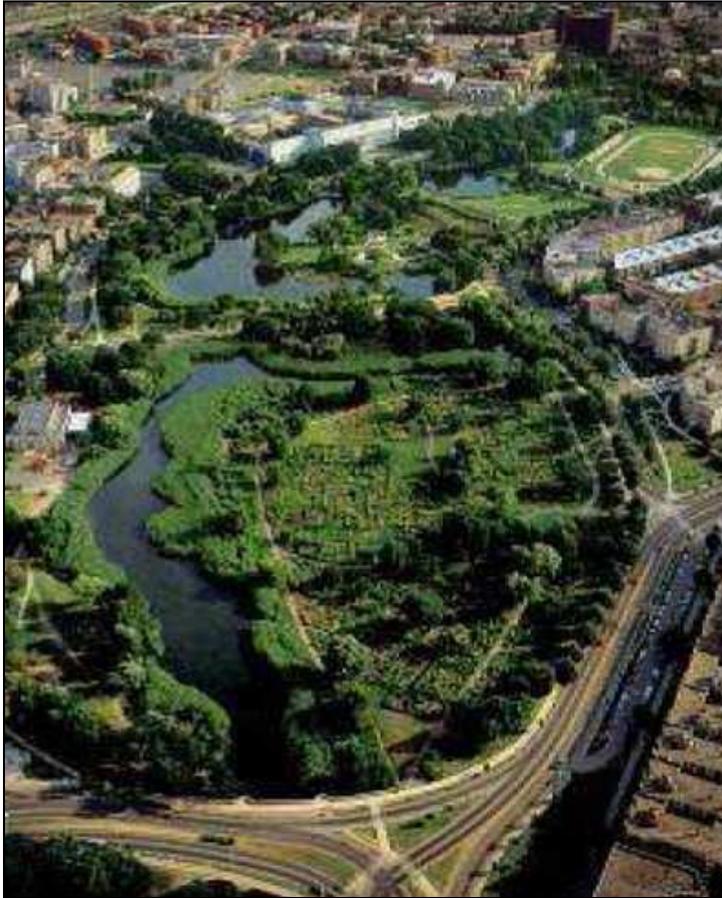


Figura 39: area a parco allagabile

Invasi in fossi e vassoi

Una variante della tipologia di cui al paragrafo precedente è la realizzazione di volumi di invaso in aree verdi ma sagomate a forma di fossati a sezione trapezoidale o a golena.

I vassoi propriamente detti sono formati da zone lineari depresse laterali a zone impermeabile dalle quali ruscella l'acqua che viene immagazzinata.

Tali soluzioni si sposano bene a compensazione dell'incremento di urbanizzazione dovuto alla nuova viabilità. A fianco all'infrastruttura viaria può essere infatti realizzato un fossato al quale possono essere collegate le aree interne alle rotonde opportunamente ridisegnate che diversamente hanno scarsa funzionalità.

I fossi di guardia possono avere inoltre un importante ruolo per la rete idrografica esistente, in quanto possono fungere da equilibratori mettendo in comunicazione diversi collettori.



Figura 40: vasoio di invaso in ambito urbano

Vasche artificiali

Appartengono a questa categoria tutti gli invasi, a cielo aperto o meno, realizzati con sistemi di impermeabilizzazione del fondo o con elementi artificiali di contenimento.

Per garantire una relativa costanza della portata allo scarico si deve cercar di ottenere un tirante quanto più costante nel tempo, qualora si utilizzino semplici sistemi d'efflusso basati su bocche a battente.

Proprio per questo motivo, oltre che per consentire un utilizzo più razionale dei volumi disponibili e nel contempo assicurare un adeguato grado di pulizia, si ricorre sempre più spesso alle cosiddette vasche volano multicamera.

Nella pratica progettuale si è consolidato come valore di riferimento quello di 400-500 mc, al di sotto del quale è conveniente l'uso di una vasca monocamera ma al di sopra del quale è certamente più funzionale l'utilizzo di più comparti idraulicamente connessi.



Figura 41: vasca di invaso interrata

Sovradimensionamento delle reti di drenaggio

Questa soluzione è la più utilizzata per superfici di ridotte dimensioni (1-2 ettari) come nel caso di piccole lottizzazioni. Essa permette di realizzare dei volumi d'invaso in linea spesso sufficienti per la laminazione delle portate in eccesso, ed è comunque abbinabile ad altre soluzioni tra quelle prospettate, diminuendone la volumetria richiesta.

Si tratta sostanzialmente di scegliere delle condotte e dei pozzetti di dimensioni maggiori rispetto a quelle che garantirebbero comunque il corretto deflusso delle portate così come ottenibili dagli usuali calcoli delle reti fognarie.

I vantaggi sono sostanzialmente connessi alla possibilità di utilizzare sedimenti che già in un qualche modo sono interessati dall'esistenza della rete fognaria.

Molto spesso è sufficiente aumentare la sezione dei tubi ed allungare il percorso della rete, all'interno del comparto interessato, per ottenere risultati più che accettabili, soprattutto se abbinati poi ad un volume d'invaso prima dello scarico.



Figura 42: tubazioni sovradimensionate per invaso

14.4 Schema tipo di pozzetto di laminazione con sfioratore

I manufatti di laminazione saranno posizionati a valle della linea di invaso prevista all'interno di ciascuna UMI. Da qui alcune condotte di scarico provvederanno a scaricare le portate di origine meteorica all'interno del nuovo bacino di laminazione della Fossa Storta. Qui sarà appunto posizionato il volume di invaso già scomputato e descritto nei paragrafi precedenti. Ogni manufatto di laminazione, dovrà avere le caratteristiche indicate nello schema in figura seguente:

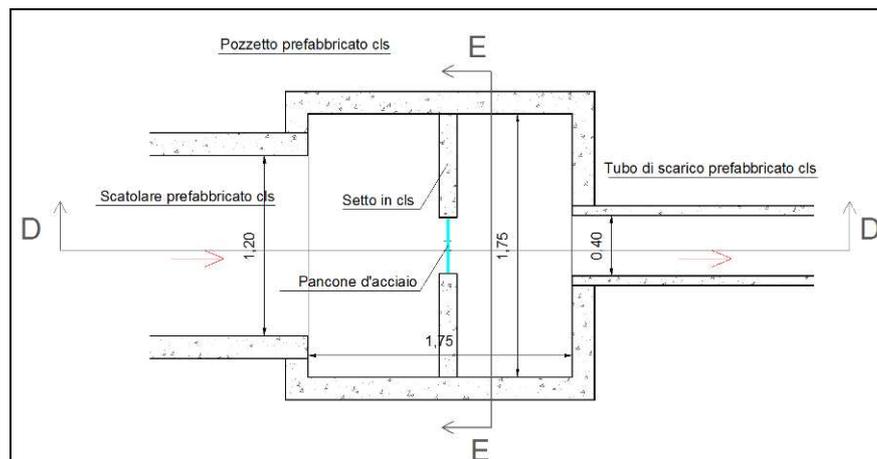


Figura 43. Pianta tipo di manufatto di laminazione.

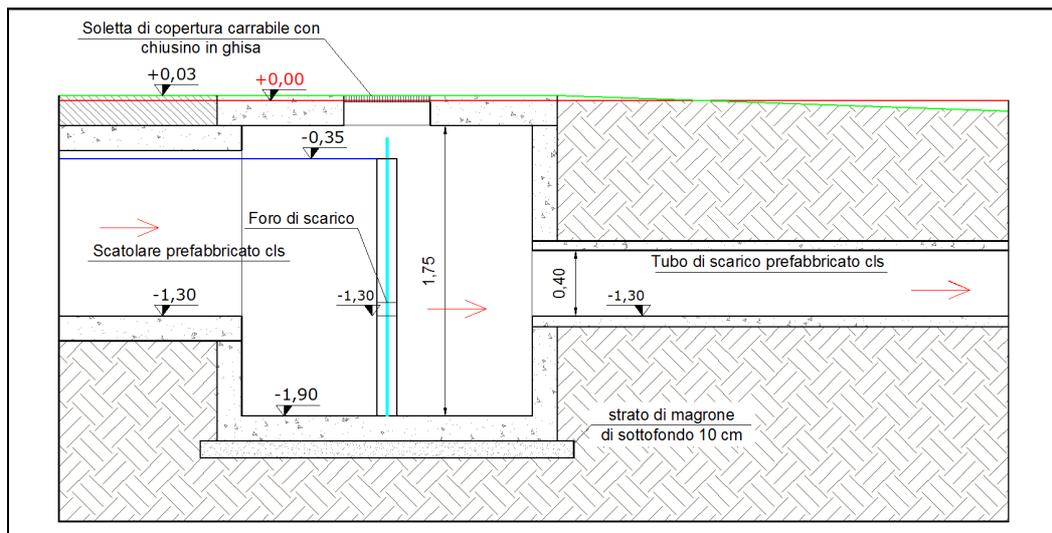


Figura 44. Sezione tipo di manufatto di laminazione.

Il manufatto di regolazione sarà realizzato con un setto in calcestruzzo sul quale trova alloggio un pancone in acciaio forato sul fondo. La dimensione del foro delle luce a battente è stata calcolata mediante le equazioni della foronomia $Q = c_c \cdot A \cdot \sqrt{2gh}$ attribuendo al coefficiente di contrazione C_c un valore pari a 0,55 ed in modo da avere allo scarico una portata media nel tempo di pioggia prossima a 10 l/s,ha.

Come anticipato in precedenza, a monte del manufatto interno ad ogni UMI è presente un volume di invaso variabile tra il 63 ed il 74% circa del totale necessario. Tale volume sarà sufficiente per eventi meteorici comunque importanti, ma non di eccezionale rilevanza. In caso occasionalmente i volumi a monte non fossero più sufficienti alla laminazione delle portate, si attiverà lo sfioratore di troppo pieno e la portata sfiorante eccedente sarà convogliata verso il bacino di laminazione, ove saranno teoricamente presenti i restanti volumi disponibili all'invaso. In queste condizioni, l'intero sistema sarà in grado di laminare le portate meteoriche per eventi caratterizzate da un tempo di ritorno di 50 anni.

Lo sfioratore dovrà essere dimensionato in modo da scaricare, sommato il contributo della portata uscente dalla luce di fondo, il valore massimo della portata di progetto calcolata in uscita da ogni UMU per eventi sempre caratterizzati da $T_r=50$ anni. Il calcolo della portata che sfiora dallo stramazzo è stato eseguito considerando un coefficiente di portata C_p pari a 0,41, caratteristico degli sfiori in parete sottile.

Come risultato, si otterrà un comportamento del sistema schematizzato in titolo esemplificativo in figura seguente:

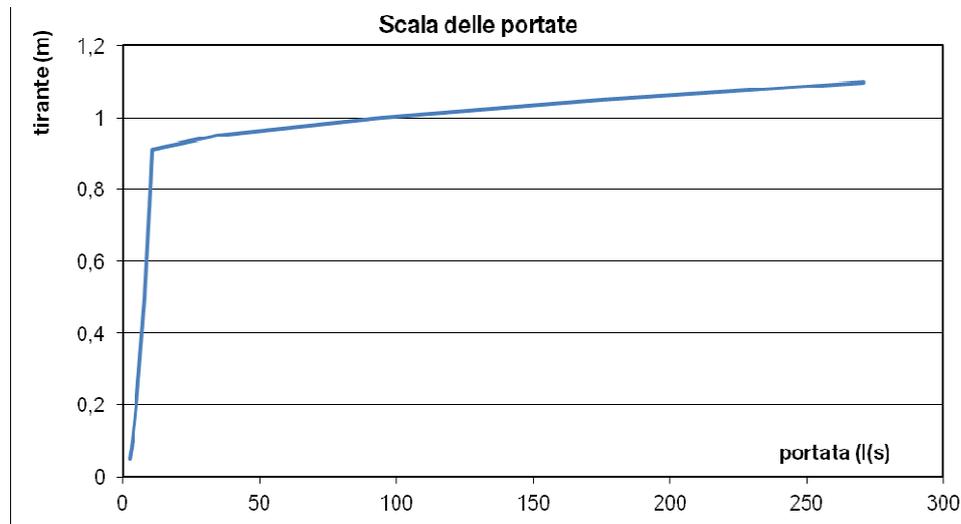


Figura 45. Esempio di scala delle portate scaricate da manufatto di regolazione.

Come si osserva, oltre un certo tirante si attiverà lo sfioratore in grado di scaricare portate nettamente superiori, convogliandole verso il bacino e dunque lo scarico.

Le condotte a valle del manufatto dovranno essere comunque dimensionate per le stesse portate di progetto. Una volta ipotizzato il diametro, il materiale e la pendenza, si procederà alla verifica utilizzando le formule cautelative del moto uniforme all'interno delle condotte.

15 PRESCRIZIONI RELATIVE AL PIANO AEV DESE GIA' PRESENTI ALL'INTERNO DEI PARERI IDRAULICI PRECEDENTEMENTE RILASCIATI

Si riportano alcuni estratti di Parere Idraulico favorevole contenenti prescrizioni di carattere generale relative alla sistemazione idraulica dell'intero piano AEV Dese. Tali prescrizioni, richieste dal Consorzio di Bonifica Acque Risorgive, hanno come scopo il ripristino della continuità idraulica di alcuni fossati, con l'obiettivo di andare a migliorare la situazione esistente evitando nel contempo di creare difficoltà di deflusso delle acque di scarico delle proprietà limitrofe. In particolare, all'interno del Parere relativo al Comparto D, il Consorzio Acque Risorgive prescrive:

- Dovrà essere ricalibrato il fossato corrente lungo il lato ovest del lotto 1 a confine con la zona industriale esistente, al fine di convogliare le acque provenienti dalla zona industriale stessa verso il Collettore fossa Storta;
- Dovrà essere realizzata una condotta in continuità al fossato esistente, presidiata da soglia sfiorante al fine di consentire uno sfioro di "Troppo Pieno" verso est delle acque provenienti dalla zona industriale esistente, attraverso l'attuale percorso fino alla viabilità Provinciale;

Relativamente al tombotto esistente lungo la viabilità di penetrazione al piano proveniente dallo svincolo autostradale si ripropone l'utilizzo dello stesso solamente come collegamento all'area golenale, fermo restando le verifiche idrauliche che dovranno essere fatte per assicurare lo scarico delle portate di progetto di tutta l'area, che dovranno aver luogo contestualmente alle fasi progettuali di dettaglio.

16 ULTERIORI PRESCRIZIONI DI CARATTERE GENERALE

Per tutti i singoli interventi, in fase di progettazione dovrà essere valutata più approfonditamente la compatibilità idraulica affinché non venga diminuito lo stato di sicurezza idraulica attuale del territorio.

Nei tratti ricompresi in aree dove è segnalato già allo stato attuale un qualche grado di sofferenza è auspicabile inoltre che gli interventi di espansione diventino l'occasione per la realizzazione di interventi strutturali di miglioramento idraulico, con riduzione del rischio su porzioni diffuse del territorio, da concordare con il Comune e il competente Consorzio di Bonifica.

Si evidenzia come il dimensionamento delle nuove reti di smaltimento delle acque meteoriche, dei relativi volumi di invaso e manufatti, debba essere 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 possono essere in breve tempo disattese in assenza di una adeguata programmazione e pianificazione anche dal punto di vista economico allo scopo di evitare disagi di carattere idraulico, soprattutto nei confronti del rischio indotto verso le aree contermini.

Con riferimento ai lavori per la realizzazione degli interventi previsti all'interno del presente piano si danno alcune ulteriori specifiche prescrizioni.

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 dovranno essere 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. In ogni caso si segnala l'opportunità di evitare dove possibile la realizzazione di locali posti al di sotto della quota del piano campagna e, nel caso siano previsti, adottare adeguati ed efficienti sistemi di impermeabilizzazione, di drenaggio ed allontanamento delle acque.

Nella redazione dei progetti, particolarmente per i dispositivi di invaso e laminazione delle portate meteoriche, si dovrà in ogni caso descrivere l'andamento delle quote di falda e specialmente del punto di minima profondità dal p.c. In caso di interferenze tra i sistemi di invaso e la falda stessa, si dovrà provvedere all'efficace impermeabilizzazione o comunque dovranno essere individuati adeguati interventi di compensazione.

Le opere dovranno essere realizzate secondo le buone regole dell'arte fermo restando che dovrà essere ripristinata ogni altra pertinenza idraulica eventualmente interessata nell'ambito dell'intervento, con l'obbligo di provvedere alla riparazione di tutti i danni derivanti dalle opere in esecuzione.

17SINTESI DELLA VALUTAZIONE**STATO DI PROGETTO UMI 2 (IPOTESI DESTINAZIONE PRODUTTIVA)**

Tipologia del suolo	superficie mq	ϕ
impermeabile massima copertura edifici	28487,60	0,9
standard parcheggio impermeabile	1676,10	0,9
standard parcheggio semipermeabile	1947,90	0,6
standard parcheggio verde	906,00	0,2
standard a verde	5605,00	0,2
altro	32596,40	0,9

Totale area	71219,00	0,83
--------------------	-----------------	-------------

STATO DI PROGETTO UMI 3 (IPOTESI DESTINAZIONE COMMERCIALE)

Tipologia del suolo	superficie mq	ϕ
impermeabile massima copertura edifici	22466,80	0,9
standard parcheggio impermeabile	2409,07	0,9
standard parcheggio semipermeabile	2799,73	0,6
standard parcheggio verde	1302,20	0,2
standard a verde	22711,00	0,2
altro	4478,20	0,9

Totale area	56167,00	0,59
--------------------	-----------------	-------------

STATO DI PROGETTO UMI 4 (IPOTESI DESTINAZIONE COMMERCIALE)

Tipologia del suolo	superficie mq	ϕ
impermeabile massima copertura edifici	15786,00	0,9
standard parcheggio impermeabile	4134,01	0,9
standard parcheggio semipermeabile	4804,39	0,6
standard parcheggio verde	2234,60	0,2
standard a verde	11173,00	0,2
altro	1333,00	0,9

Totale area	39465,00	0,63
--------------------	-----------------	-------------

STATO DI PROGETTO UMI 5 (IPOTESI DESTINAZIONE PRODUTTIVA)

Tipologia del suolo	superficie mq	ϕ
impermeabile massima copertura edifici	6099,20	0,9
standard parcheggio impermeabile	444,00	0,9
standard parcheggio semipermeabile	516,00	0,6
standard parcheggio verde	240,00	0,2
standard a verde	1200,00	0,2
altro	6748,80	0,9

Totale area	15248,00	0,82
--------------------	-----------------	-------------

INDIVIDUAZIONE DEI VOLUMI DI INVASO: parte all'interno di un nuovo bacino di laminazione previsto a nord, in corrispondenza del tratto della Fossa Storta oggetto di intervento.

TABELLA RIASSUNTIVA VOLUMI INVASATI COMPARTO A				
UMI	VOLUMI DI INVASO TOTALI	VOLUMI DA REALIZZARE IN BACINO FOSSA STORTA	VOLUMI DA REALIZZARE ALL'INTERNO	% SUL TOTALE VOLUMI IN BACINO
UMI1	6911	2479	4432	64,13%
UMI2	5803	1482	4321	74,46%
UMI3	2908	1164	1744	59,97%
UMI4	2229	820	1409	63,21%
UMI5	1235	317	918	74,32%
TOTALE	19086	6262	12824	67,19%

Recapito finale:

il Corso d'acqua Fossa Storta, di cui è previsto la deviazione di un tratto di circa 400-500 metri.