

BETTER Water-management for Advancing Resilient-communities in Europe

Action C4 – Sustainable Urban Drainage Systems (SuDS) for climate adaptation in urban areas

Intervention 2: GRUMO HILL (project approved) Municipality of Santorso (VI)

LIFE BEWARE Project Data

Project location:	Veneto (Italy)
Project start date:	03/09/2018
Project end date:	30/06/2022
Total budget:	€ 2,103,964
EU contribution:	€ 1,188,160
(%) of eligible costs:	60%

Beneficiary Data

Name Beneficiary:	Comune di Santorso
Project manager:	Antonio De Martin
Postal address:	Piazza Aldo Moro 8 36014 Santorso (Italy)
Telephone:	+39 0445 649510
E-mail:	antonio.demartin@comune.santorso.vi.it
Project Website:	http://www.lifebeware.eu/

Design of the intervention

Partners involved:	TESAF and COMSAN
Technical manager for TESAF:	Prof. Vincenzo D'Agostino
Other collaborators for TESAF:	Dott. Francesco Bettella Dott. Roberta Pastorello, Prof. Lucia Bortolini
Technical manager for COMSAN:	Geom. Fabio Saterini
Other collaborators for COMSAN:	Geom. Giovanni Toniolo



Legnaro, 30/01/2020

BETTER Water-management for Advancing Resilient-communities in Europe

Azione C4 – Sistemi sostenibili di drenaggio urbano (SuDS) per
l'adattamento climatico in aree urbane

Intervento 2: COLLINA DEL GRUMO (progetto approvato)

Comune di Santorso (VI)

Dati del Progetto

Luogo del progetto:	Veneto (Italia)
Inizio del progetto:	03/09/2018
Fine del progetto:	30/06/2022
Budget totale:	€ 2,103,964
Contributo EU:	€ 1,188,160
(%) dei costi eleggibili:	60%

Dati del Beneficiario

Nome del beneficiario:	Comune di Santorso
Project manager:	Antonio De Martin
Indirizzo:	Piazza Aldo Moro 8 36014 Santorso (Italia)
Telefono:	+39 0445 649510
E-mail:	antonio.demartin@comune.santorso.vi.it
Sito del progetto:	http://www.lifebeware.eu/

Progettazione dell'intervento

Partners coinvolti:	TESAF e COMSAN
Responsabile tecnico per TESAF:	Prof. Vincenzo D'Agostino
Altri collaborator per TESAF:	Dott. Francesco Bettella Dott. Roberta Pastorello, Prof. Lucia Bortolini
Responsabile tecnico per COMSAN:	Geom. Fabio Saterini
Altri collaborator per COMSAN:	Geom. Giovanni Toniolo



Legnaro, 30/01/2020

Indice

Indice.....	5
Glossario, Abbreviazioni, Acronimi	7
Abstract.....	9
1 Premessa.....	11
2 Obiettivi specifici dell'intervento	13
2.1 L'intervento 2 - Collina del Grumo (Comune di Santorso, VI)	13
3 Inquadramento del sito	18
3.1 Inquadramento generale del sito e dell'intervento	18
3.2 Inquadramento geologico, geomorfologico e idrologico	20
3.3 Analisi delle piogge	23
3.3.1 Regolarizzazione statistico-probabilistica	24
3.3.2 Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP)	27
3.4 Indagini propedeutiche	29
3.5 Rilievo topografico	31
4 Descrizioni dettagliate delle opere in progetto e dimensionamenti.....	34
4.1 Descrizione generale dell'area di intervento.....	34
4.2 Identificazione dell'area drenata di progetto	35
4.3 Canale di sgrondo (swale): descrizione e verifica dell'efficienza idraulica	36
4.4 Tubazioni di collegamento: descrizione e verifica dell'efficienza idraulica	39
4.5 Area di bioritenzione: descrizione e verifica dell'efficienza idraulica	40
4.6 Fascinata viva di sostegno: descrizione	45
4.7 Monitoraggio di funzionamento del sistema	46
5 Indicazioni vegetazionali: scelta delle specie e aspetti manutentivi.....	49
7 Bibliografia.....	51
8 Allegati	53
8.1 Allegato 1: Documentazione fotografica.....	53
8.2 Allegato 2: Tavole di progetto	62

Glossario, Abbreviazioni, Acronimi

AS	Area servita
BEWARE	BEtter Water-management for Advancing Resilient-communities in Europe
CD	Coefficiente di deflusso
COMSAN	Comune di Santorso
COMMAR	Comune di Marano Vicentino
LSPP	Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica
SD	Strato drenante
SuDS	Sistemi di drenaggio urbano sostenibile
Tc	Tempo di corrivazione
Tr	Tempo di ritorno
Ve	Volume entrante
Vg	Volume gestito
Vinf	Volume infiltrato
Vsup	Volume superficiale
Vstor	Volume storage

Abstract

The excavations to realize the intervention 2 (project date: 25/03/2019) brought to light archeological findings which led us to modify the original version of the project. Respect to the previous version of the project, the live cribwall has been substituted with a LIVE FASCINE, and the BIORETENTION AREA has been moved in a different location and its shape and depth has been modified. These modifications has been realized in order to preserve archeological findings, reducing the excavation depths and moving some intervention features. All the decisions has been taken under the supervision of the Archaeological Superintendence.

1 Premessa

Il cambiamento climatico a livello globale sta portando ad un aumento della temperatura e ad una variazione del regime pluviometrico, causando eventi meteorologici estremi e catastrofici sempre più frequenti. Tali criticità sono esasperate da un incremento di consumo di suolo che sollecita il sistema idraulico sia in contesto urbano che agricolo, mettendo a rischio la salute delle comunità mondiali, la produzione alimentare e l'equilibrio di habitat ed ecosistemi.

Le conseguenze del cambiamento climatico sono particolarmente serie anche per il nostro Paese. Secondo uno studio dell'ISAC-CNR (2019), l'Italia si sta surriscaldando più velocemente della media globale. A prova di ciò, nel 2014 la temperatura raggiunta dal Pianeta Terra registrava un incremento di 0.46°C rispetto al trentennio 1971-2000, mentre l'Italia superava abbondantemente tale valore, con un incremento pari a 1.45°C. In parallelo, l'intensificazione delle piogge e l'impermeabilizzazione dei suoli aggravano la già critica situazione idrogeologica del nostro territorio. Infatti, secondo un recente rapporto sul dissesto idrogeologico pubblicato dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) nel giugno 2018 (Trigila, Iadanza, Bussettini, & Lastoria, 2018), il 91% dei Comuni italiani (contro l'88% nel 2015) si trova in zona a rischio idrogeologico. I dati trovano concreto riscontro nella maggiore frequenza con cui tali eventi si stanno manifestando negli ultimi decenni.

Alla luce di tali cambiamenti e delle loro drammatiche conseguenze, le autorità pubbliche e le comunità sono chiamate a rispondere con azioni tempestive ma efficaci di pianificazione territoriale ed ambientale. Pianificare gli interventi non significa solo costruire opere strutturali per la difesa dagli allagamenti ma anche incrementare buone pratiche civiche nate da una sensibilità verso questi fenomeni. È infatti necessaria una strategia congiunta che preveda soluzioni tecniche, quali sistemi di drenaggio urbano sostenibile, uso di energie rinnovabili, normative edilizie sensibili all'uso di soluzioni sostenibili, uso di varietà agricole più adatte alle nuove condizioni climatiche, riqualificazione e il recupero di territori abbandonati, potenziamento degli strumenti di monitoraggio e previsione meteo, etc. A queste si aggiungono, non ultime, iniziative educative e di sensibilizzazione, atte a creare una cultura ambientale e del rischio, attraverso campagne di informazione e di educazione.

Il progetto LIFE BEWARE intende elaborare interventi di carattere tecnico/pratico e sociale per migliorare la sicurezza e la resilienza idraulica del territorio, affrontando le conseguenze del cambiamento climatico in modo efficace, promuovendo un approccio partecipativo, e favorendo l'azione dei singoli individui alla mitigazione del rischio idraulico per la collettività. BEWARE prevede una diffusione capillare delle iniziative proposte in modo da risultare un esempio virtuoso replicabile in altri contesti regionali, nazionali ed europei. Il progetto coinvolge concretamente varie categorie di destinatari, tra cui enti locali, amministratori, tecnici e professionisti (architetti, ingegneri, agronomi e forestali), agricoltori e cittadini. È in linea con le politiche comunitarie europee quale la Direttiva Alluvioni entrata in vigore il 26 novembre 2007 che promuove un approccio integrato per la gestione dei rischi di alluvioni e un'azione concreta e coordinata a livello comunitario nel processo di pianificazione.

Il progetto BEWARE si propone di accrescere le conoscenze, i benefici e l'effettiva attuazione delle misure di ritenzione idrica naturale sia nel territorio dei Comuni di Santorso e Marano Vicentino (Vicenza, Regione Veneto, IT) come in altri Comuni dell'UE grazie a interventi dimostrativi pienamente coordinati con le attività di informazione, comunicazione ed educazione. Gli obiettivi specifici sono:

1. Promuovere un approccio partecipativo circa l'adozione di opere sostenibili di ritenzione idrica;
2. Creare un contesto amministrativo, tecnico e finanziario favorevole alla diffusione delle opere sostenibili di ritenzione idrica;
3. Migliorare la sinergia politica internazionale con quella locale attraverso un'azione partecipata dei cittadini circa l'agenzia politica della UE sui cambiamenti climatici;
4. Dimostrare come piccole opere diffuse possano essere buone pratiche atte a garantire la sicurezza idraulica affrontando le conseguenze del cambiamento climatico in modo efficace;
5. Favorire la replicabilità delle azioni proposte in altre aree geografiche dell'Italia e dell'Europa.

Il progetto promuove una serie di opere di drenaggio sostenibile (SuDS – Sustainable Drainage Systems) e a basso costo, che i Comuni, le aziende agricole e i cittadini possono adottare e monitorare per ridurre le conseguenze degli allagamenti. L'obiettivo principale dell'uso dei SuDS è gestire le acque di pioggia che interessano aree urbanizzate in modo da riequilibrare il bilancio idrologico a favore dei volumi infiltrati ed evapo-traspirati, riducendo i deflussi e il carico inquinante dei corpi idrici. Non ultimo, tali opere creano servizi ecosistemici, diretti o indiretti, legati soprattutto alla presenza di piante e vocati al benessere umano, tra i quali: regolazione atmosferica e climatica, recupero delle acque, incremento della biodiversità, controllo dell'erosione, produzione di biomasse, aumento dell'attrattiva e della salubrità dei luoghi.

Attraverso il coinvolgimento attivo, BEWARE vuole promuovere una responsabilità pubblica verso i rischi idraulici, sensibilizzando una pianificazione territoriale sostenibile e attenta alle sfide climatiche promuovendo buone pratiche trasferibili a scala globale.

2 Obiettivi specifici dell'intervento

Come precedentemente riportato, il progetto si articola in una fase iniziale di progettazione e realizzazione di sei interventi di cui cinque in contesto urbano (pallini di colore rosso in Figura 2.1) e uno in contesto agricolo (pallino di colore blu in Figura 2.1) per la riduzione dello stress idrico delle colture nel territorio dell'Alto Vicentino. L'azione C4 del progetto BEWARE prevede, infatti, la realizzazione di opere sostenibili di ritenzione idrica in diversi siti del Comune di Santorso e Marano Vicentino.



Figura 2.1. Mappa degli interventi, azione C4. La prima area corrisponde ad interventi urbani nel Comune di Santorso e la seconda nel Comune di Marano Vicentino con un intervento urbano e uno in contesto agricolo.

Le opere strutturali saranno progettate e realizzate in sinergia tra diversi attori quali il Dipartimento TESAF, il Consorzio di Bonifica dell'Alta Pianura Veneta, L'Agenzia veneta per l'innovazione del settore primario - Veneto Agricoltura, i Comuni e professionisti esterni (se necessari).

2.1 L'intervento 2 - Collina del Grumo (Comune di Santorso, VI)

Durante la realizzazione degli scavi per la realizzazione del progetto dell'intervento 2 consegnato in data 25/03/2019, il rinvenimento di alcuni reperti archeologici ha costretto l'interruzione dei lavori. L'intervento in progetto presentato in questa relazione è, quindi, un adattamento del progetto originale al fine di preservare i reperti archeologici emersi durante gli scavi e le successive indagini archeologiche.

Questa nuova versione del progetto permette di raggiungere tutti gli obiettivi del precedente progetto e rispetto a questo si distingue per:

- la realizzazione di una fascinata di versante al posto della palificata doppia rinverdata;

- la realizzazione dell'area di bioritenzione in un'area posta circa 20 m a nord-ovest rispetto a quanto visto nel precedente progetto;
- la realizzazione dell'area di bioritenzione con diversa forma e profondità rispetto alla precedente versione.

Queste scelte si sono rese necessarie per ridurre le profondità di scavo ed evitare di portare alla luce ulteriori rinvenimenti archeologici (in particolare nella zona dove era prevista la palificata doppia), e preservare i reperti archeologici rinvenuti nel versante est della collina.

Tutte le scelte progettuali sono state prese in accordo con la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Verona, Rovigo e Vicenza (Direzione scientifica Dott.ssa Claudia Cenci) e sotto la supervisione archeologica (Direttore Tecnico Dott. Luigi Magnini, NEA Archeologica Soc. coop.).

Di seguito si riporta il contesto che ha portato alla definizione degli interventi e una descrizione degli stessi.

Il progetto è localizzato prevalentemente sul versante settentrionale della piccola collina del Grumo (Figura 2.2), a ridosso del nuovo campo da calcio sportivo nel paese di Santorso. Il nucleo abitativo presente ai piedi di questa collina (proprietà residenziali nella zona di via Alcide De Gasperi) è idrologicamente penalizzato da una posizione molto sfavorita dal punto di vista topografico e che determina una concentrazione dei deflussi provenienti dal versante (e in misura minore dalla zona del contiguo campo da calcio) verso due muri che delimitano perimetralmente le unità residenziali di via De Gasperi (Figura 2.3); questi muri, che sono disposti ortogonalmente, formano, durante gli eventi di pioggia più importanti, una barriera fisica alle acque che provengono dalla zona a prato sovrastante e che determinano una evidente zona di ristagno (Figura 2.4). La situazione di sofferenza idraulica risulta anche accentuata dalla natura dei terreni scolanti, che, secondo la carta litologica del PAT, si trovano in una zona di "rocce compatte prevalenti alternate a strati o interposizioni tenere". In particolare le interposizioni tenere sono di natura argillosa e interessano gli strati più superficiali della collina del Grumo, limitando così la capacità delle acque superficiali di infiltrarsi.



Figura 2.2: Vista in direzione Est del versante settentrionale della collina del Grumo.



Figura 2.3: Angolo delimitato da muretti, alla base del versante settentrionale della collina del Grumo: la freccia rossa indica il punto topograficamente più basso dove si accumula l'acqua di deflusso superficiale che defluisce dal versante nord della Collina del Grumo.



Figura 2.4: Vista in direzione Ovest dell'angolo mostrato in Figura 2, durante un evento di pioggia che ha determinato un importante ristagno idrico.

Obiettivo primario del presente progetto, come già concepito in sede di proposizione dell'azione LIFE del progetto BEWARE, è **di tipo idrologico/idraulico**, ovvero di mitigare la condizione di sofferenza idraulica dei caseggiati al piede della collina, utilizzando delle soluzioni di ritenzione idrica che risultino il più naturali possibili e forniscano al contempo un valore aggiunto all'area dal punto di vista estetico-paesaggistico oltre che di tipo educativo/comunicativo su una specifica tipologia di drenaggio urbano sostenibile (SUDS).

In particolare, le opere in progetto si compongono di un canale di gronda inerbito (*swale*) che taglia a mezza costa il versante Nord della collina del Grumo andando ad intercettare i deflussi superficiali che si generano sul declivio; i deflussi saranno poi convogliati, attraverso un pozzetto, all'interno di un tubo di collegamento che convoglierà l'acqua raccolta ad un'area di bioritenzione realizzata sul lato est della Collina del Grumo, nei pressi di Via Salzena. In aggiunta, si prevede la realizzazione di una fascinata viva di sostegno per aumentare la stabilità del versante presente a ridosso della proprietà privata confinante con la Collina del Grumo, ovvero l'abitazione a sud-ovest di Via De Gasperi, ed evitare eventuali danni al tubo di collegamento che in questa zona verrà collocato alla base del versante.

Gli interventi previsti sono stati dimensionati in modo da gestire le acque di pioggia raccolte nella porzione della Collina del Grumo che drena l'acqua nell'area dove si sono verificati gli allagamenti, ovvero in corrispondenza del civico 14 di via De Gasperi.

Dai calcoli effettuati utilizzando le serie storiche di precipitazione del pluviometro di Monte Summano (rete ARPAV), l'area di bioritenzione è in grado di gestire perfettamente piogge con **tempo di ritorno fino**

a 10 anni, senza mai andare in situazione di sovraccarico. È inoltre possibile un suo potenziamento che la porti a gestire eventi con tempi di ritorno anche maggiori.

Secondariamente tale intervento avrà una **funzione dimostrativa e divulgativa**, prevista dall'azione E2.1.1 del progetto BEWARE (Figura 2.5). L'intervento, infatti, sarà un esempio di buona pratica che, Comuni confinanti o singoli cittadini, possono realizzare nei propri territori o contesti abitativi ai fini della riduzione del pericolo di allagamento. Infatti, i cittadini, e in particolar modo i professionisti di settore, nell'ambito delle azioni previste dal progetto LIFE saranno accompagnati a visite guidate degli interventi in modo da diffondere la conoscenza di questo tipo di opere. Questo intervento è collocato in un'area particolarmente utilizzata del paese (impianti sportivi) e offrirà l'opportunità di aumentare la visibilità dell'opera. La visibilità dell'opera verrà accentuata, inoltre, dal nuovo percorso pedonale e ciclabile in fase di realizzazione proprio sulla Collina del Grumo e che si sviluppa parallelamente alle opere in progetto; esso permetterà a chi ne usufruisce, di avvicinarsi facilmente ed entrare in contatto con gli interventi previsti. Il percorso ciclabile non è finanziato dal progetto LIFE BEWARE, ma rientra nel bilancio comunale del Comune di Santorso.

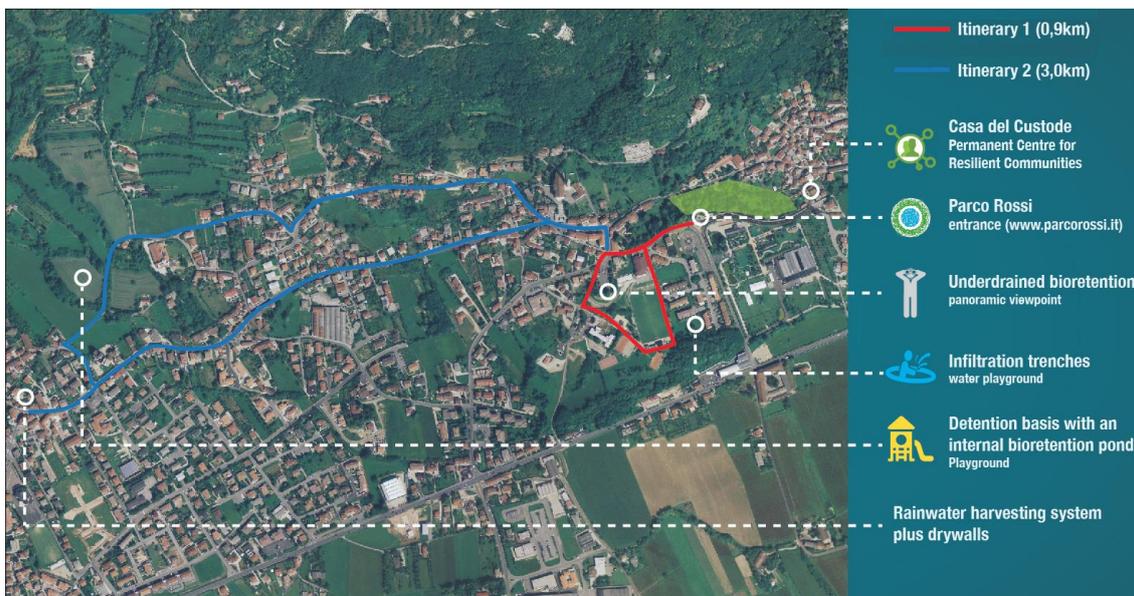


Figura 2.5. Itinerario didattico ipotizzato per la visita ai sei siti di riqualificazione idraulica. Tour breve (in rosso) in partenza da Parco Rossi e tour lungo (in blu) che comprende la visita al laghetto di ritenzione e al giardino pluviale.

3 Inquadramento del sito

3.1 Inquadramento generale del sito e dell'intervento

Le opere in progetto sono localizzate in corrispondenza sui versanti nord, nord-est, e est della Collina del Grumo nel Comune di Santorso (VI), ovvero nella zona a verde pubblico compresa tra gli impianti sportivi di via del Grumo e via Salzena. Gli interventi comprendono:

1. un canale di sgrondo inerbito (*swale*) per l'intercettazione del deflusso superficiale nel versante nord della Collina del Grumo;
2. una fascinata viva di sostegno che permette di risolvere un problema localizzato di instabilità del versante;
3. un tubo interrato di collegamento che convoglia l'acqua raccolta dal canale di sgrondo in
4. un'area di bioritenzione localizzata nel lato est della Collina (nei pressi di via Salzena).

Di seguito si riportano le seguenti cartografie in cui si evidenzia la zona interessata dall'intervento:

- Estratto ortofoto (Figura 3.1).
- Estratto catastale (Figura 3.2).
- Estratto Carta Tecnica Regionale (Figura 3.3).



Figura 3.1. Localizzazione della zona interessata da intervento su ortofoto (©2018 Google).

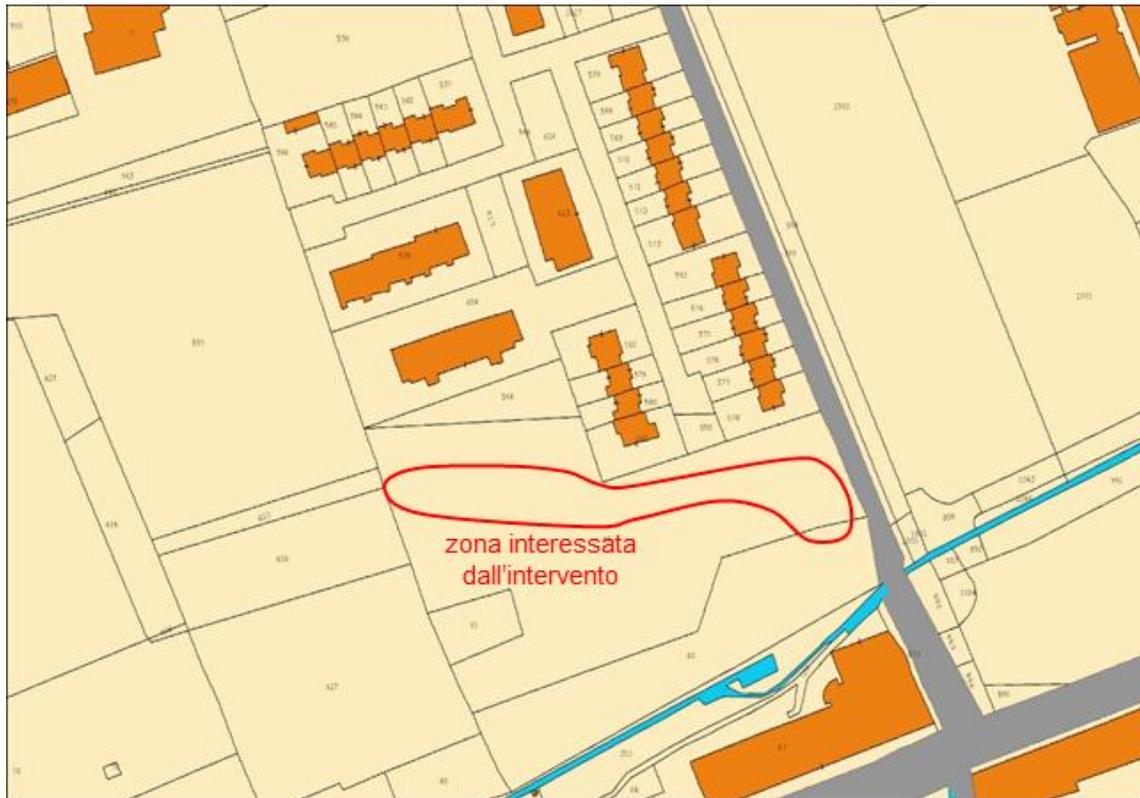


Figura 3.2. Localizzazione della zona interessata da intervento su mappa catastale.

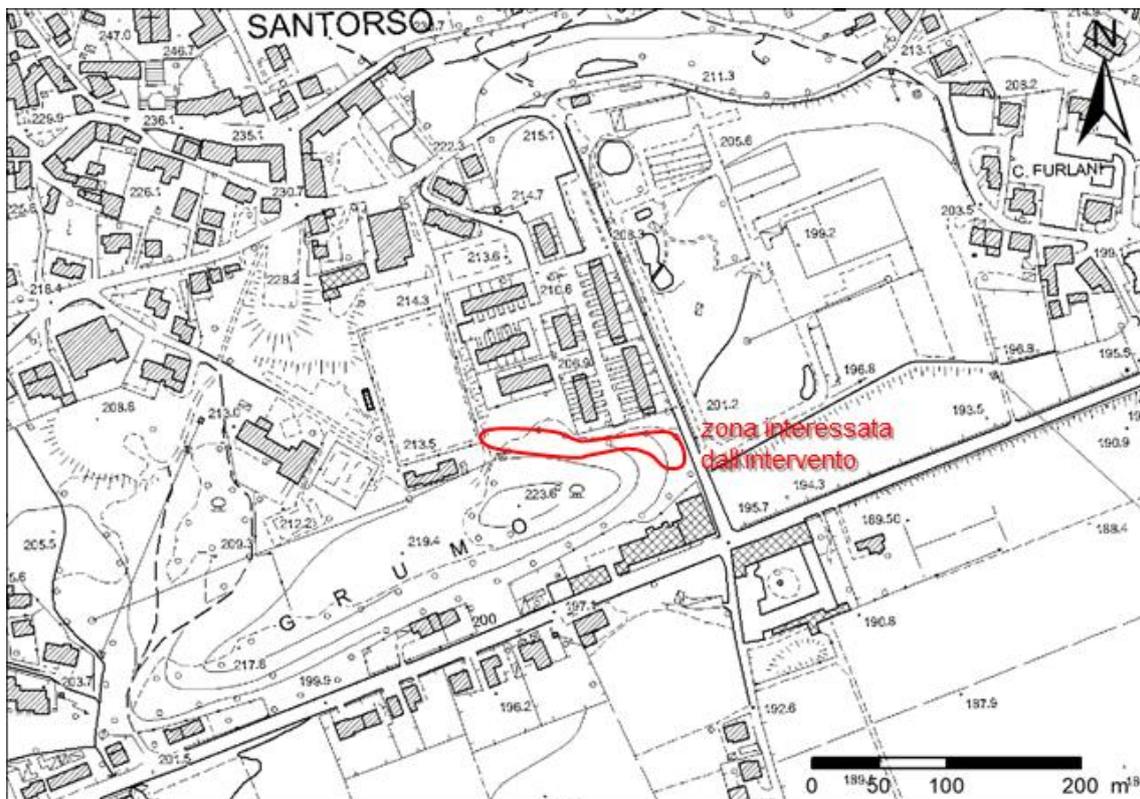


Figura 3.3. Localizzazione della zona interessata da intervento su Carta Tecnica Regionale (Scala 1:10000).

3.2 Inquadramento geologico, geomorfologico e idrologico

La Collina del Grumo è localizzata in una zona centrale del territorio comunale di Santorso, nei pressi delle scuole e degli impianti sportivi.

Dal punto di vista litologico il territorio in cui ricade l'area oggetto d'intervento risulta composto da rocce tenere prevalenti con interstrati o bancate resistenti subordinati (Figura 3.4).

La composizione pedologica è stata considerata analoga a quella dei campioni prelevati presso Piazza della Libertà, a una distanza di circa 200 m dalla zona del presente intervento. Pertanto, nei successivi calcoli per il dimensionamento idraulico delle opere si considera una permeabilità del suolo K_{sat} uguale a 10^{-4} m/s (si veda il capitolo 3.4).

Dal punto di vista idrologico la zona soggetta ad intervento ricade in un'area con profondità freatica compresa tra 2 e 5 m (Figura 3.6).

La criticità idraulica presente nella zona della Collina del Grumo, motivo principale della realizzazione degli interventi descritti in questa relazione, è localizzata a valle del versante nord della Collina, dove l'acqua di deflusso superficiale che si genera sul versante durante le precipitazioni intense si accumula in una zona topograficamente depressa in corrispondenza del civico 14 di via De Gasperi, come documentato dalle immagini riportate in Allegato 1. Dalle analisi idrologiche in ambiente GIS, realizzate utilizzando come base topografica il modello digitale del terreno con maglia 1 m ottenuto dal rilievo LiDAR (anno 2009) del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, la zona topograficamente più depressa dove si sono verificati gli allagamenti (in blu in Figura 4.1) drena l'acqua di pioggia che cade su un'area di 5804 m² (in rosso in Figura 4.1).

Il Comune di Santorso riporta per quest'area un episodio importante di allagamento il giorno 01/12/2014 (Allegato 1), ma negli ultimi 10 anni si sono verificati almeno altri tre episodi di allagamento che non sono stati documentati.

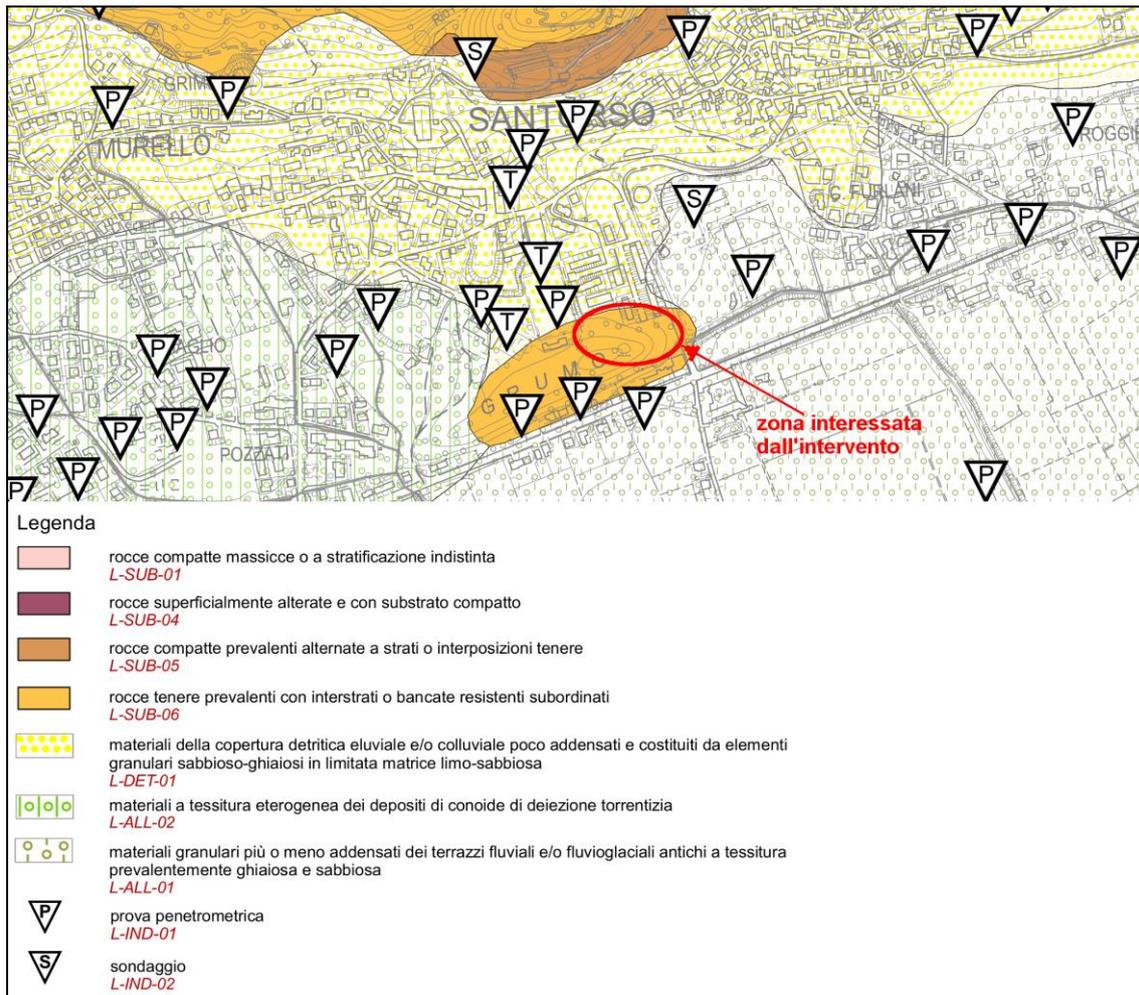


Figura 3.4. Localizzazione della zona interessata da intervento su Carta Litologica del P.A.T. del Comune di Santorso.

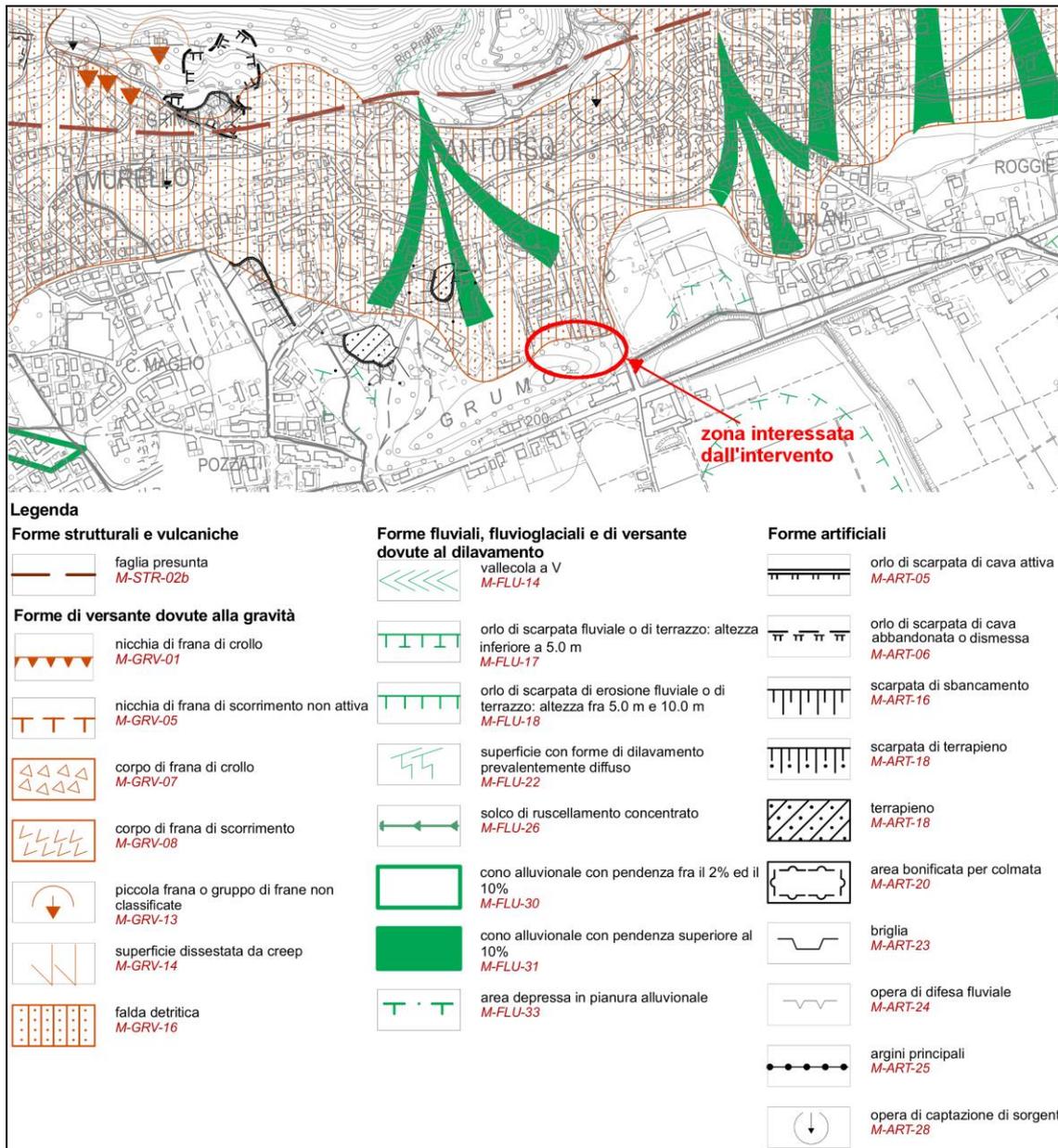


Figura 3.5. Localizzazione della zona interessata da intervento su Carta Geomorfologica del P.A.T. del Comune di Santorso.

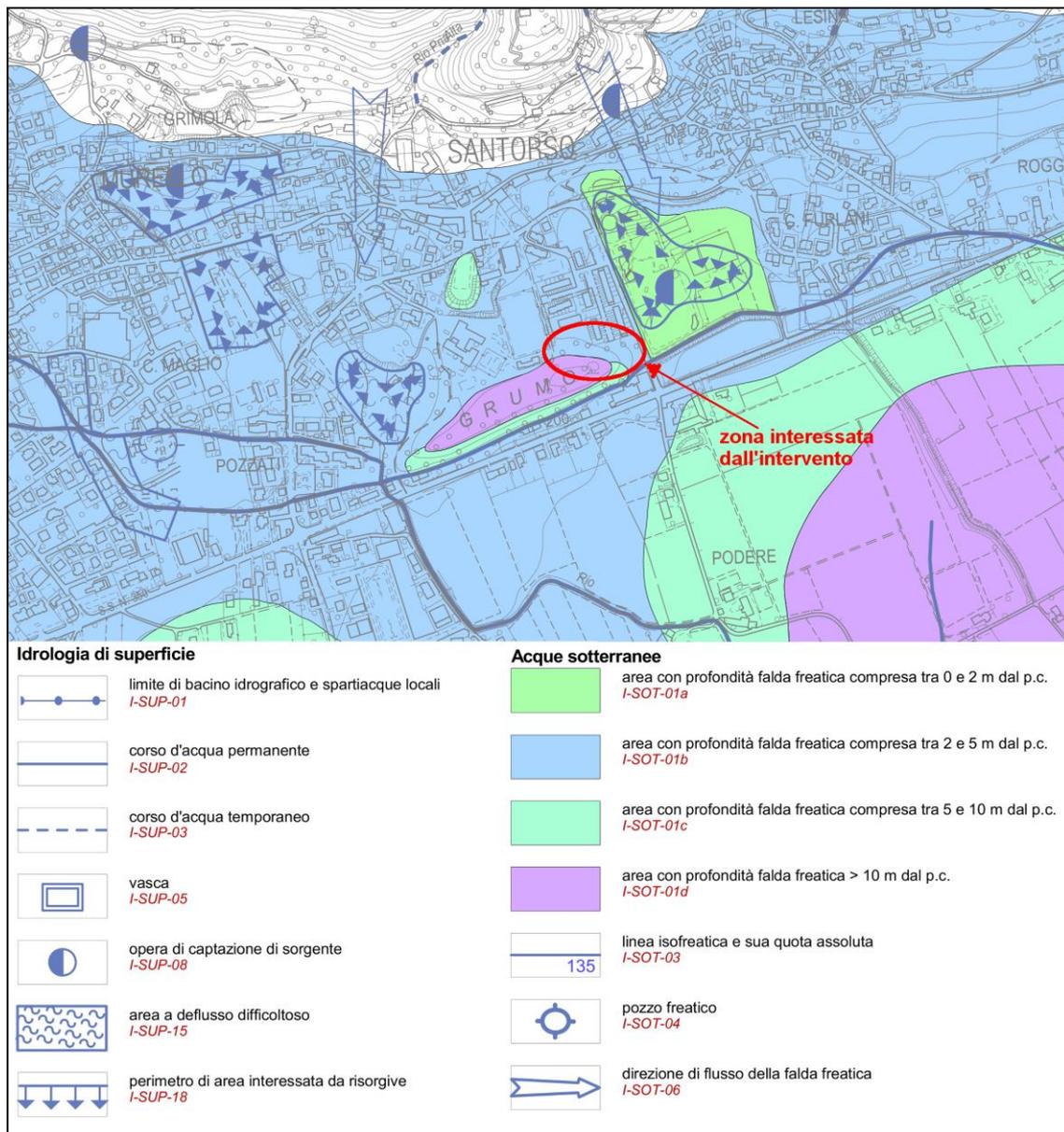


Figura 3.6. Localizzazione della zona interessata da intervento su Carta Idrogeologica del P.A.T. del Comune di Santorso.

3.3 Analisi delle piogge

L'analisi delle piogge ha la funzione di studiare le quantità d'acqua che saranno gestite dalle opere in progetto. L'acqua in entrata nel sistema di bioritenzione dipende direttamente dalla quantità di pioggia sottesa idrologicamente.

In questa analisi sono stati utilizzati i dati del pluviometro di Monte Summano, posizionato in Comune di Piovene Rocchette (Coordinate Gauss-Boaga fuso Ovest: 1687851 E, 5069238 N). Questo pluviometro è in funzione dal 1986 e la serie storica disponibile parte dall'anno successivo e arriva attualmente al 2017 con un'interruzione di quattro anni tra il 1989 e il 1992. (Tabella 3.1).

Tabella 3.1. Massimi annuali corrispondenti a diverse durate di precipitazione registrati dal pluviometro di Monte Summano (VI). Dati forniti da ARPAV - Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio.

Anno	5 min (mm)	10 min (mm)	15 min (mm)	30 min (mm)	45 min (mm)	60 min (mm)
1987	8,4	14,4	17,4	24	30,6	36,2
1988	11,2	18,4	21,4	30	31,8	32
1993	8,6	14,8	19,4	31	34,8	39
1994	10,6	17,8	25	34,4	36,8	38,2
1995	7,6	11	14,2	22,6	25,2	25,8
1996	15,4	23,8	31,2	51,2	64	70,2
1997	5,6	9,4	10,4	15	16,4	20,8
1998	8,6	15,2	19,4	33	41,4	53,8
1999	9	14,2	18,4	25,6	27,8	31,4
2000	10	17	24,2	35,6	39,2	41,6
2001	14,6	26,2	33,2	47,4	49,8	50,6
2002	9,2	18,4	26,2	44,4	46	46,4
2003	12,4	20,4	21	21,4	21,4	21,6
2004	9,8	14	15,8	21,8	24,4	27,4
2005	14,4	18,6	20,4	28,8	36	41,6
2006	8,2	13	20,6	28,2	32	34,8
2007	10,8	20	29,4	46	47,2	47,2
2008	14	21,6	24,4	40,8	43,8	44
2009	7,2	11,8	13,2	16,2	19,4	19,6
2010	14,4	24,4	27,2	28,2	28,4	28,6
2011	11,8	17,4	26,6	37	43,6	44
2012	8	12,6	14,4	22,4	26,2	28,6
2013	9	13,2	16,4	18,8	23,6	28,2
2014	11	19	24,2	35,2	42	48,8
2015	7,8	12,8	15	20,8	27,2	32
2016	11,2	18,8	24,4	37,4	43	44,2
2017	16	27,6	38,2	59,8	79,2	83

3.3.1 Regolarizzazione statistico-probabilistica

L'obiettivo di questa analisi è quello di ricavare l'altezza di precipitazione attesa per un determinato tempo di ritorno, sapendo che quest'ultimo dipende dalla probabilità cumulata di non superamento dei massimi valori annuali. Questa considerazione deriva dall'ipotesi di indipendenza degli eventi, ossia la precipitazione massima di un anno non influenza la precipitazione massima dell'anno successivo.

Tra le molteplici distribuzioni di probabilità che si possono trovare in letteratura, si è dimostrata ben adattabile alle analisi delle serie dei massimi annuali di precipitazione, la distribuzione di Gumbel (o EV1):

$$P(x) = e^{-e^{-\alpha(h-u)}} = e^{-e^{-y}}$$

Dove h è la variabile vera (massimo annuale), y è chiamata variabile ridotta della distribuzione P , e α e u sono due parametri per l'adattamento della funzione probabilistica.

Utilizzando il 'metodo dei momenti', i momenti della distribuzione P teorica vengono assimilati (desunti) dai momenti del campione. Perciò, i due parametri α e u vengono calcolati utilizzando la deviazione standard e la media del campione di dati. Vale la seguente relazione:

$$\alpha = \frac{1.283}{\sigma(h)}$$

Dove α è appunto la deviazione standard del campione, mentre il parametro u è calcolato come segue:

$$u = h_m - \frac{0.5772}{\alpha}$$

Essendo h_m la media campionaria.

A questo punto è necessario verificare la bontà dell'adattamento della funzione riportando i punti sul cartogramma probabilistico di Gumbel. Per fare questo, si utilizza preliminarmente il metodo della Plotting Position, che prevede di ordinare i dati di precipitazione in senso crescente dal più piccolo al più grande, numerandoli in ordine da 1 a N (nel nostro caso $N=27$, Tabella 3.1). Mediante questa numerazione si può rappresentare su cartogramma probabilistico la frequenza cumulata di non superamento (P) utilizzando alcune funzioni specifiche proposte in letteratura; fra le più utilizzate vi sono: (1) la funzione di Weibull e (2) la funzione di Hazen. Nel primo caso la frequenza cumulata da plottare viene calcolata con la seguente formula:

$$P_{Weibull} = \frac{n}{N + 1}$$

Dove, n è il numero d'ordine del valore considerato e N è la numerosità totale del campione, che nel nostro caso è appunto 27.

Mentre con la funzione di Hazen, la frequenza cumulata di "Plotting" viene calcolata come:

$$P_{Hazen} = \frac{n - 0.5}{N}$$

Per poter visualizzare graficamente i valori di Plotting Position nel cartogramma di Gumbel, bisogna calcolare la variabile ridotta y , con la seguente formula:

$$y = -\ln(-\ln P)$$

Successivamente, utilizzando i valori dei parametri α e u calcolati come indicato sopra, è possibile trovare l'altezza di pioggia per tutti i tempi di ritorno d'interesse attraverso l'equazione della retta regolarizzatrice:

$$h = \frac{y}{\alpha} + u$$

Si verifica infine se l'adattamento dei valori alla legge di Gumbel risulti corretto confrontando l'allineamento dei punti plottati con l'equazione della retta regolarizzatrice (Figura 3.7). Questa è una prima verifica speditiva dell'adattamento della funzione scelta e, come si vede ad esempio per una durata di pioggia di 30 minuti (Figura 3.7), tutti i valori plottati seguono discretamente l'equazione determinata analiticamente.

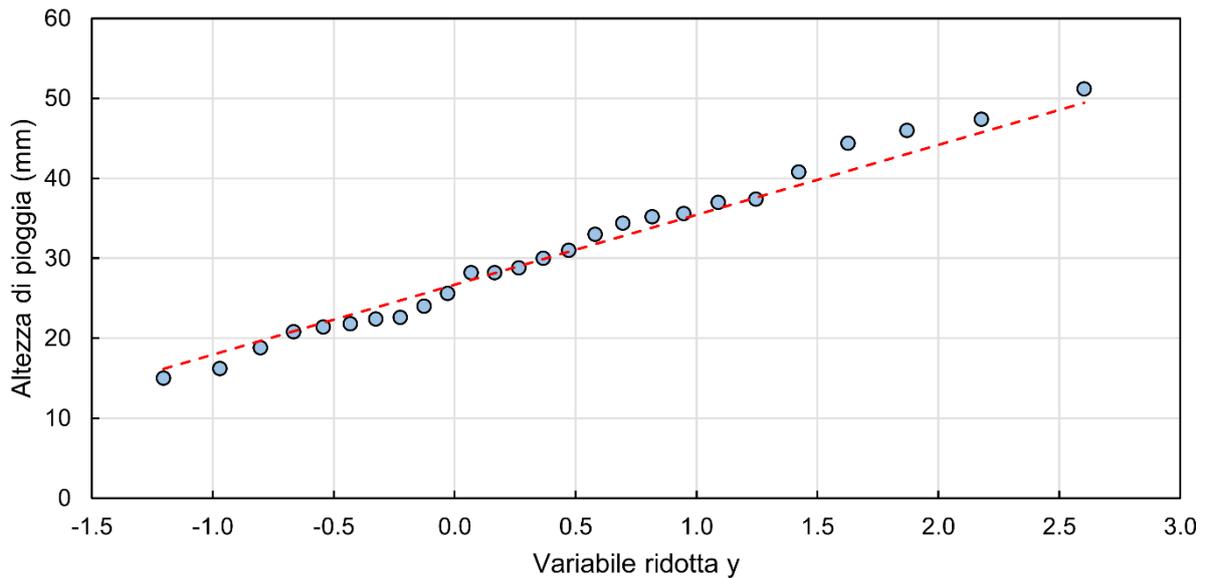


Figura 3.7. Cartogramma di Gumbel (Plotting Position Weibull) per i valori massimi annuali di precipitazione con durata di 30 minuti.

Per verificare in modo più oggettivo la bontà del metodo di Gumbel, si esegue anche un test statistico, chiamato test di Matalas. Questo test verifica che il coefficiente di asimmetria (G) del campione della serie storica non differisca in maniera statisticamente significativa da quello della P teorica. Se si considera una distribuzione del coefficiente di asimmetria secondo la legge normale e si assume un livello di significatività del test del 5%, si ritiene accettabile il risultato ottenuto dalla distribuzione di Gumbel solo se i valori empirici di G distano dalla media delle asimmetrie $E(\gamma)$, in valore assoluto, meno del doppio dello scarto quadratico medio $\sigma(\gamma)$.

Prima di effettuare il test, è necessario calcolare i seguenti parametri:

- Valore teorico di G costante per la distribuzione teorica (avente N infinito) pari a 1.1396;
- Valore teorico di G per un numero molto elevato di serie sintetiche di dimensione N che seguono perfettamente la distribuzione EV1: $E(\gamma)$ (media o valore atteso di G);
- Scarto quadratico dei coefficienti di asimmetria delle serie sintetiche indicate sopra: $\sigma(\gamma)$.

Per svolgere il test, prima di tutto bisogna calcolare G :

$$G = \frac{m_3}{m_2^{(3/2)}} = N^{1/2} \frac{\sum_{i=1,N} (x_i - x_m)^3}{[\sum_{i=1,N} (x_i - x_m)^2]^{3/2}}$$

Poi si leggono dal grafico di riferimento (Tabella 3.2) i valori di $E(\gamma)$ e $\sigma(\gamma)$ in funzione della numerosità del campione N (nel nostro caso 27).

Tabella 3.2. Valori tabulari di $E(\gamma)$ e $\sigma(\gamma)$ forniti per campioni di diversa numerosità (N).

N	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$E(\gamma)$	0,525	0,74	0,841	0,898	0,937	0,964	0,986	1,002	1,015
$\sigma(\gamma)$	0,626	0,586	0,555	0,526	0,504	0,485	0,468	0,452	0,437

Infine, si controlla se è verificata la disequazione:

$$|G - E(\gamma)| < 2 \sigma(\gamma)$$

Se essa è verificata, allora la distribuzione scelta per descrivere il campione è adeguata. Nel nostro caso il test è risultato soddisfatto per tutte le durate di pioggia analizzate, ossia i campioni relativi a 5, 10, 15, 30, 45 e 60 minuti (positive sono risultate anche tutte le verifiche grafiche preliminari condotte sul cartogramma probabilistico precedentemente descritto).

Tabella 3.3. Altezze di pioggia attese per diversi tempi di ritorno e differenti durate di precipitazione presso la stazione di monte di Summano.

Durata (minuti)	h calcolata (mm)				
	TR = 2 anni	TR = 5 anni	TR = 10 anni	TR = 30 anni	TR = 50 anni
5	10,09	12,55	14,17	16,63	17,75
10	16,48	20,63	23,37	27,52	29,41
15	20,83	26,64	30,49	36,31	38,96
30	29,90	39,81	46,37	56,29	60,81
45	34,08	46,26	54,33	66,52	72,09
60	36,88	49,61	58,05	70,79	76,60

3.3.2 Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP)

I dati di precipitazione ottenuti con l'analisi precedente, sono stati utilizzati per la costruzione delle relative LSPP corrispondenti ai seguenti tempi di ritorno: 2, 5, 10, 30 e 50 anni.

Ogni curva di probabilità pluviometrica può essere descritta da un'equazione del tipo:

$$h = a t^n$$

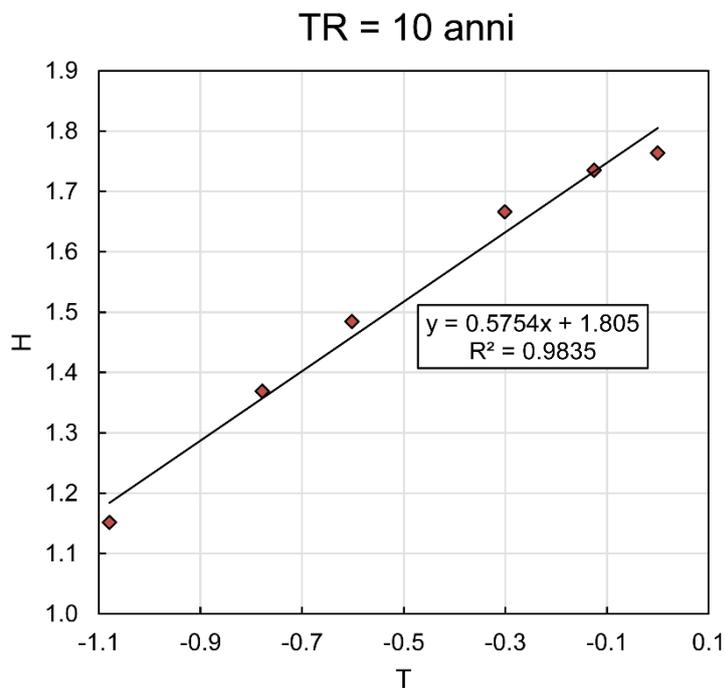
Dove a e n sono due parametri ricavabili con il metodo dei minimi quadrati dai dati di precipitazione precedentemente determinati (una coppia di parametri per ogni tempo di ritorno TR). Passando ai logaritmi, risulta che:

$$\log_{10} h = \log_{10} a + n (\log_{10} t)$$

Ponendo: $H = \log_{10} h$; $T = \log_{10} T$; $A = \log_{10} a$, si ottiene la seguente equazione:

$$H = A + n T$$

Quindi, H e T si calcolano facilmente come il logaritmo dei valori di altezza di pioggia e durata. A questo punto, elaborando i dati per ogni tempo di ritorno (vedasi ad esempio Figura 3.8, in cui sono rappresentati i punti corrispondenti al $TR = 10$ anni), si ricava l'equazione della retta: $H = A + nT$ e da questa i corrispondenti valori di a e n .



$$A = 1.805 \text{ quindi } a = 63.8264$$

$$n = 0.5754$$

Figura 3.8. Relazione tra T e H per Tempo di Ritorno di 10 anni.

In Tabella 3.4 sono riportati i valori di a e n dell'equazione della LSPP calcolati per ogni tempo di ritorno di interesse. In Figura 3.9 è rappresentato l'andamento delle diverse LSPP ottenute.

Tabella 3.4. Valori dei parametri a e n calcolati per diversi tempi di ritorno e utilizzati per la costruzione delle corrispondenti LSPP rappresentate in Figura 3.9.

Tempo di ritorno (anni) TR	LSPP	
	a	n
2	40,01	0,5194
5	54,33	0,5582
10	63,83	0,5754
30	78,18	0,5943
50	84,74	0,6010

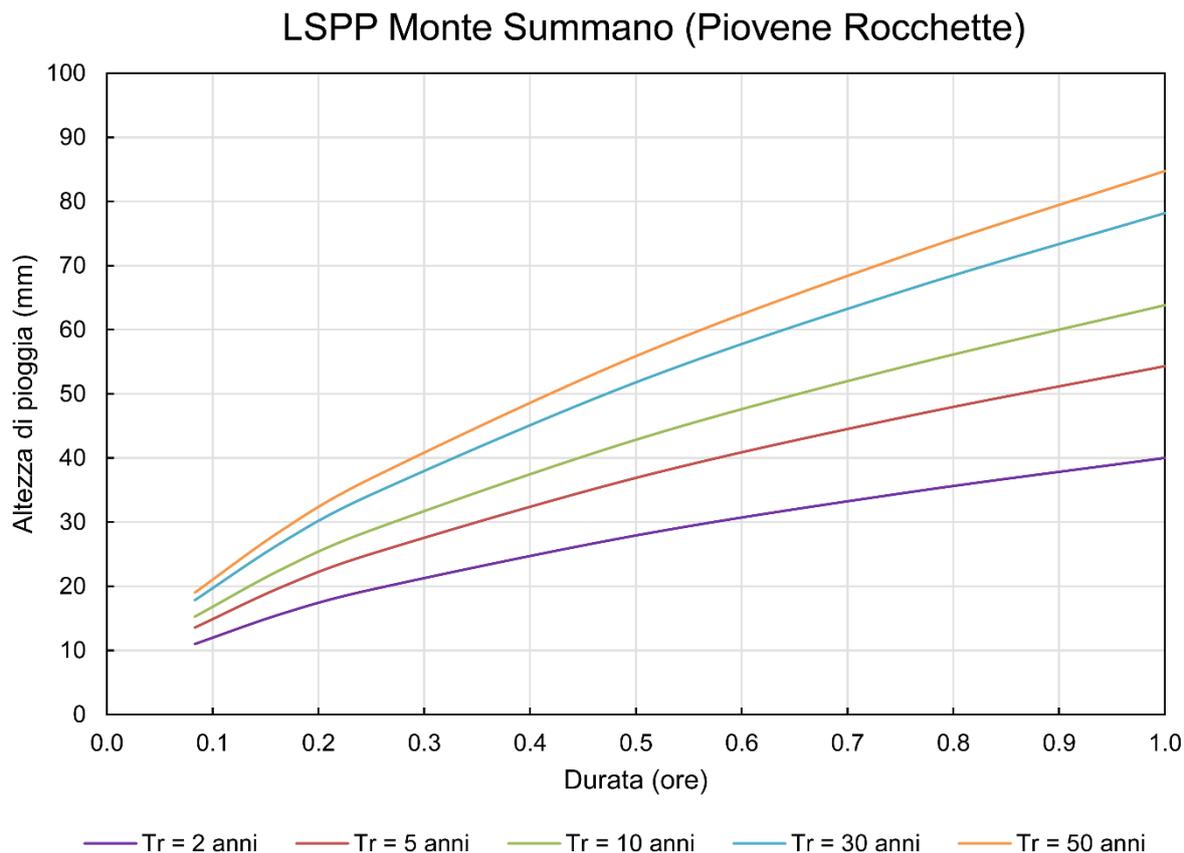


Figura 3.9. Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica calcolate utilizzando la distribuzione di Gumbel.

3.4 Indagini propedeutiche

La caratterizzazione della tessitura dei suoli costituisce la fase preliminare per la verifica del tipo della capacità di infiltrazione del suolo e la scelta dei materiali di utilizzo. Come precedentemente accennato, la composizione pedologica è stata considerata analoga a quella dei campioni prelevati presso Piazza della Libertà, a una distanza di circa 200 m dalla zona del presente intervento.

Lo scavo è stato eseguito dagli operai del Comune di Santorso il giorno 13 dicembre 2018 e ha interessato una porzione di terreno fino a 1,5 metri di profondità. La scelta della profondità del sondaggio è stata decisa in concomitanza con le necessità progettuali dell'opera.

Durante il sondaggio sono stati prelevati 3 campioni di terreno lungo la verticale dello scavo in corrispondenza dei seguenti punti:

- alla base dello scavo, ad una profondità di 1,5 m;
- a una profondità di 1 m;
- a una profondità di 0,5 m.

Ciascuno dei campioni di terreno è stato conservato in sacchetti di plastica per preservarne invariate le caratteristiche in vista della successiva analisi granulometrica. Quest'ultima è stata effettuata dal

Laboratorio Lachi del Dipartimento DAFNAE dell'Università di Padova. I risultati dell'analisi sono riportati in Figura 3.10 e in

Tabella 3.5 e come si può notare, nei campioni prelevati ai due estremi di profondità, il più superficiale P05 e quello più profondo P15, la componente sabbiosa è prevalente, ricadendo rispettivamente nelle classi di suolo "sabbioso" (S) e "argilloso-sabbioso" (AS). Il campione prelevato a 1 metro di profondità (P10), invece, ricade in un sottile strato di materiale di riporto che presenta un'elevata quantità di argilla. Questo campione rientra quindi nella classe di suolo "argilloso" (A), anche se possiede un'elevata percentuale di scheletro (90%),

Tabella 3.5).

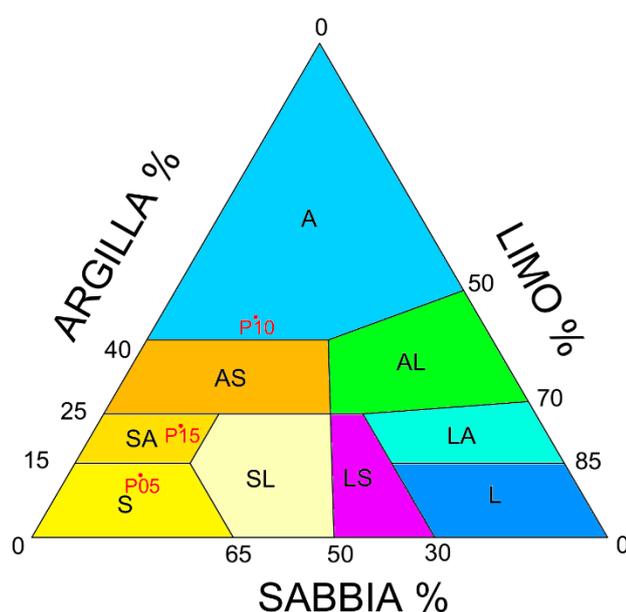


Figura 3.10: Diagramma ternario per la definizione delle classi tessurali con il metodo della ISSS (Società Internazionale della Scienza del Suolo). In rosso sono evidenziati i punti corrispondenti ai rilievi effettuati nel parcheggio del cimitero nuovo di Santorso.

Tabella 3.5: Risultati dell'analisi effettuata sui campioni del parcheggio del cimitero, dal Laboratorio Lachi del Dipartimento DAFNAE (Università di Padova)

Nome campione	Data prelievo	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	SCHELETRO (%)
P05	14/03/2019	12.6	12.6	74.8	66
P10	14/03/2019	44.6	16.6	38.8	90
P15	14/03/2019	22.6	14.6	62.8	71

La caratterizzazione dei terreni è propedeutica all'analisi della porosità e del coefficiente di permeabilità del terreno e quindi ad una corretta valutazione della funzionalità dell'opera. La permeabilità del suolo

viene in genere associata alla misura della conducibilità idrica satura (K_{sat} , mm/h). Il movimento dell'acqua nel suolo è descritto mediante la legge di Darcy:

$$\frac{Q}{A} = -K_{sat} \frac{dH}{dz}$$

Dove Q è la portata, attraverso una sezione di terreno A , perpendicolare alla direzione del flusso, nel tempo t . La conducibilità idrica satura, K_{sat} , è il reciproco, o inverso, della resistenza della matrice del suolo al flusso di acqua; $\frac{dH}{dz}$ è il gradiente idraulico che determina il movimento dell'acqua nel suolo. La conducibilità idrica in condizioni di saturazione ha il pregio di essere costante, mentre in condizioni di non-saturazione del suolo, dipende fortemente (in misura direttamente proporzionale) dal contenuto idrico. La K_{sat} dipende principalmente dalle dimensioni e dalla distribuzione dei pori ed è molto influenzata anche dalla percentuale di scheletro presente (particelle superiori ai 2 mm di diametro).

Con riferimento ai campionamenti ottenuti (Tabella 3.5) e tenuto conto di un'indagine a livello regionale (ARPAV, 2011) che ha indicato come accettabili i valori di K_{sat} che si possono ottenere con la pedofunzione di trasferimento (PTF) messa a punto da Saxton et al. (1986), si è stimato un valore medio di K_{sat} (suolo tipo 'sandy loam' prossimo alla saturazione, ovvero le condizioni dello strato più profondo analizzato, P15) molto prossimo a 10^{-4} m/s; questo valore, specie negli orizzonti di profondità superiore al metro dove la proporzione di scheletro e la percentuale di sabbia aumentano, è da considerarsi 'idrologicamente' cautelativo, nel senso che sono da attendersi valori di permeabilità probabilmente superiori a quello stimato sulla base della tessitura (Figura 3.10).

3.5 Rilievo topografico

Il rilievo topografico è stato realizzato il giorno 18 novembre 2018 da personale del Dipartimento TESAF (Figura 3.11), avvalendosi di un ricevitore GNSS TopCon HyperV utilizzato in correzione differenziale in tempo reale (RTK). Il rilievo si compone di 368 punti dislocati sui versanti della Collina del Grumo interessati dagli interventi (nord-est).

L'errore massimo accettato in fase di raccolta dei dati è pari a 0.050 m in modalità fixed. Lo scarto quadratico medio delle osservazioni si attesta mediamente su un valore di 0.011 m sulla misura orizzontale (valore massimo pari a 0.040 m), e di 0.017 m sulla misura verticale (valore massimo pari a 0.037 m). I dati raccolti sono stati utilizzati per la realizzazione degli elaborati progettuali (Capitolo 8.2, Tavole di progetto).



Figura 3.11. Foto di una fase del rilievo topografico realizzato il 18 novembre 2018 sulla collina del Grumo.

4 Descrizioni dettagliate delle opere in progetto e dimensionamenti

Il dimensionamento idrologico-idraulico delle opere in progetto si articola nei seguenti punti di analisi tecnica:

1. Condizioni di massimo afflusso idrico che le opere in progetto dovranno gestire.
2. Verifica dell'efficienza idraulica del canale di sgrondo (*swale*) per diverse situazioni di esercizio previste durante la sua vita nominale
3. Dimensionamento idraulico delle tubazioni di collegamento
4. Verifica dell'efficienza idraulica dell'area di bioritenzione per diverse situazioni di esercizio previste durante la sua vita nominale.
5. Funzionamento del sistema di monitoraggio ai fini di quanto previsto dal progetto Life BEWARE.

4.1 Descrizione generale dell'area di intervento

Sulla base del rilievo topografico eseguito con GPS differenziale (paragrafo 3.5) e del modello digitale del terreno (DTM) con maglia 1 m ottenuto dal rilievo LiDAR del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, è stata determinata l'estensione dell'area che convoglia i deflussi superficiali in corrispondenza della zona soggetta a criticità idraulica. Gli algoritmi utilizzati per l'individuazione dello spartiacque sono quelli proposti nella sezione idrologica dell'estensione "Spatial Analyst" del software ESRI ArcMap 10.5.1. La porzione della Collina del Grumo, che convoglia i deflussi superficiali nella zona topograficamente depressa soggetta a criticità idraulica, ha un'estensione di 0,58 ha (Figura 4.1). L'apporto idrologico del campo da calcio non è stato considerato poiché l'impianto sportivo è dotato di un sistema di drenaggio autosufficiente. Si ritiene comunque importante sottolineare la necessità di mantenere efficiente il suddetto sistema di drenaggio ai fini di un corretto funzionamento anche delle opere presentate in questo progetto. Infatti, l'assenza di opportune manutenzioni al sistema di drenaggio del campo sportivo potrebbe inficiare l'efficienza del sistema in progetto e le acque di deflusso non gestite potrebbero andare a sovraccaricare il nuovo bacino di bioritenzione.



Figura 4.1: Area drenata (in rosso) dalla zona topograficamente più depressa (zona evidenziata in blu) dove si verificano gli allagamenti documentati in Allegato 1.

4.2 Identificazione dell'area drenata di progetto

Come precedentemente descritto, il nucleo abitativo presente ai piedi della Collina del Grumo (proprietà residenziali nella zona di via Alcide De Gasperi), allo stato attuale è idrologicamente penalizzato per due motivi:

- la posizione sfavorita dal punto di vista topografico, che determina una concentrazione dei deflussi provenienti dal versante (e in misura minore dalla zona del contiguo campo da calcio) verso due muri che delimitano perimetralmente le unità residenziali di via De Gasperi;
- la natura dei terreni scolanti, che si trovano in una zona di "rocce compatte prevalenti alternate a strati o interposizioni tenere"; in particolare le interposizioni tenere sono di natura argillosa e interessano gli strati più superficiali della collina del Grumo, limitando così la capacità delle acque di infiltrarsi.

Considerato l'obiettivo principale del progetto - ovvero mitigare la condizione di sofferenza idraulica dei caseggiati al piede della collina utilizzando delle soluzioni di ritenzione idrica il più naturali possibile e con un valore aggiunto dal punto di vista estetico-paesaggistico e educativo/comunicativo - si è deciso di migliorare la situazione di criticità osservata senza avvalersi dell'utilizzo di sistemi di sollevamento dell'acqua di tipo meccanico. Il progetto prevede quindi la costruzione di un piccolo canale superficiale di gronda che, partendo poco a ridosso del lato sud del campo da calcio, taglia in direzione da ovest verso est il pendio della collina, convogliando i deflussi superficiali della porzione di collina a monte in una zona

di invaso dedicata e localizzata nel versante est della collina, dove la topografia è più favorevole a questo tipo di realizzazione.

Il canale di gronda previsto in progetto, permetterà quindi di ridurre significativamente il contributo idrologico proveniente dal versante nord della collina del Grumo. In particolare, la superficie scolante verso il punto topograficamente più depresso viene ridotta del 72 %, passando da un valore di 0,58 ha (Figura 4.1) a 0,16 ha. L'area drenata dal canale di gronda in progetto, infatti, è di 0,42 ha (Figura 4.2). Quest'ultimo valore corrisponde, in definitiva, all'area drenata di progetto, ovvero la superficie che verrà utilizzata in fase di dimensionamento per il calcolo degli apporti idrici convogliati e gestiti dalle opere di drenaggio urbano sostenibile.



Figura 4.2: Area drenata (in rosso) dal canale di gronda in progetto: i deflussi superficiali prodotti in questa porzione della collina verranno indirizzati verso un'area di bioritenzione sul lato est della collina, andando ad alleggerire il contributo idrologico alla zona più critica dove si verificano gli allagamenti documentati in Allegato 1.

4.3 Canale di sgrondo (swale): descrizione e verifica dell'efficienza idraulica

Il canale di sgrondo in progetto taglia a mezza costa il versante Nord della collina del Grumo andando ad intercettare i deflussi superficiali che si generano sul declivio; il canale in progetto è lungo 51.5 m e ha una sezione di forma parabolica di larghezza pari 2 metri e freccia pari a 0.50 m. Il canale verrà inerbito, in modo da ridurre al minimo l'impatto visivo dell'opera.

Il calcolo della portata al colmo transigente nel canale di sgrondo (*swale*) in caso di evento molto severo ha considerato un tempo di ritorno (Tr) dell'evento di pioggia pari a 50 anni. L'equazione della linea

segnalatrice di possibilità pluviometrica che è stata considerata è quella ottenuta dall'analisi statistico probabilistica della piogge descritta nel capitolo 3.3, ovvero:

$$h = 84,74 t^{0,601}$$

dove h è l'altezza di pioggia espressa in mm e t è la sua durata espressa in ore (cfr. Paragrafo 3.3.2). La portata al picco è stata valutata con il metodo razionale, mentre il coefficiente di deflusso è stato assegnato pari a 0,2 considerando la natura idrologica della superficie scolante la cui superficie è coperta per la maggior parte da un bosco di robinia.

Altro parametro necessario all'applicazione del metodo razionale, è il tempo di corrivazione T_c che è stato calcolato utilizzando il metodo cinematico. Questo metodo calcola il tempo di contribuzione come somma del tempo di versante (T_v), ovvero il tempo che impiega l'acqua a scorrere nel tratto che divide lo spartiacque dal reticolo idrografico, e il tempo di reticolo (T_r), ovvero il tempo impiegato dall'acqua a percorrere il reticolo idrografico dalla sorgente alla sezione di chiusura:

$$T_c = \frac{L_v}{V_v} + \frac{L_r}{V_r}$$

dove

- L_v è pari alla lunghezza del percorso effettuato dall'acqua ruscellante sul versante,
- L_r è pari alla lunghezza del percorso su reticolo idrografico,
- V_v e la velocità media di scorrimento dell'acqua sul versante calcolata con la seguente equazione:

$$V_v = k i_v^{1/2}$$

dove i_v è la pendenza media del versante e k è un coefficiente che deriva dall'equazione di moto uniforme e riassume le condizioni di scabrezza e raggio idraulico con cui l'acqua si trova a scorrere lungo il versante (considerato in questo caso pari a 0,15),

- V_r e la velocità media di scorrimento dell'acqua all'interno del reticolo calcolata con la seguente equazione:

$$V_r = j i_r^{1/2}$$

dove i_r è la pendenza media del reticolo e j è un coefficiente che deriva dall'equazione di moto uniforme e ingloba le condizioni di scabrezza e raggio idraulico con cui l'acqua si trova a scorrere lungo il reticolo (considerato in questo caso pari a 7).

Per l'applicazione di questa equazione al caso in esame, il canale di sgrondo (*swale*) è in pratica il reticolo idrografico; la sezione di chiusura è stata assegnata in corrispondenza del pozzetto che si è previsto alla fine del canale di sgrondo, dove vengono convogliati i deflussi gestiti dalle opere in progetto. I dati considerati come input del metodo cinematico sono, infine, i seguenti: L_v pari a 54,0 m, L_r pari a 51,5 m, i_v pari a 0.059 m/m, i_r pari a 0.018 m/m.

Il tempo di corrivazione ottenuto dall'applicazione del metodo è risultato pari a **25,7 minuti**.

Sotto queste ipotesi, la **massima portata attesa** calcolata con il metodo razionale per $T_r = 50$ anni risulta pari a **0,027 m³/s**:

$$Q_{50} = \frac{CD h A}{3,6 T_c} = 0,027 \text{ m}^3/\text{s}$$

essendo h l'altezza di precipitazione pari a 51,0 mm calcolata per una durata critica di 0,43 ore (25,7 minuti), CD il coefficiente di deflusso pari a 0,2, e T_c il tempo di contribuzione di 25,7 minuti (0,43 ore nelle formule).

Per questa portata massima dovranno poter lavorare efficacemente sia il canale di sgrondo (*swale*) che le tubazioni di collegamento che convogliano l'acqua all'area di bioritenzione.

La verifica dell'efficienza idraulica del canale di sgrondo inerbito si compone di due fasi:

1. la verifica del transito della corrente idrica con velocità tali da escludere l'attivarsi di fenomeni erosivi;
2. la verifica della capacità del canale di far transitare la portata di progetto assicurando un franco idraulico sufficiente.

Per quanto riguarda la prima fase, i dati forniti da Morgan (2009) riportati in Tabella 4.1 sono stati utilizzati al fine di identificare il valore di velocità critica di moto incipiente per canali inerbiti. Il valore scelto, utilizzando criteri di tipo cautelativo, è 1.5 m/s, ovvero la velocità limite che corrisponde a canali con fondo formato da suolo sabbioso (*sandy soil*) con un valore medio di copertura erbacea attesa dopo due stagioni dalla semina (*medium grass cover*) (in realtà il perimetro del canale avrà condizioni più prossime a quelle di un suolo argilloso).

Tabella 4.1. Valori di velocità della corrente massima ammissibile ai fini dell'esclusione dell'attivarsi di fenomeni erosivi in canali con fondo naturale e diverse opzioni di livello di inerbimento (tratto da Morgan, 2009).

Maximum safe velocities (m s⁻¹) in channels based on covers expected after two seasons

Material	Bare	Medium grass cover	Very good grass cover
Very light silty sand	0.3	0.75	1.5
Light loose sand	0.5	0.9	1.5
Coarse sand	0.75	1.25	1.7
Sandy soil	0.75	1.5	2.0
Firm clay loam	1.0	1.7	2.3
Stiff clay or stiff gravelly soil	1.5	1.8	2.5
Geotextile mat	1.5	2.5	3.5
Coarse gravels	1.5	1.8	n/a
Shale, hardpan, soft rock	1.8	2.1	n/a
Hand-pitched stone	2.0	n/a	n/a
Hard cemented conglomerates	2.5	n/a	n/a
Rip-rap (D_{50} : 250–400 mm)	3.0	n/a	n/a
Box gabions, grouted stone	5.0	n/a	n/a
Concrete block systems	6.0	n/a	n/a

n/a, not applicable, since a medium or very good grass cover is unlikely to be obtained. Intermediate values may be selected.

La velocità della corrente attesa per la portata di progetto è stata calcolata con l'equazione di moto uniforme. Il valore di scabrezza è stato assegnato partendo dai valori tabellari proposti da Morgan (2009) e riportati in Tabella 4.2.

Tabella 4.2. Valori di scabrezza per canali inerbiti per diversi valori di altezza della vegetazione (tratto da Morgan, 2009).

Altezza della copertura erbacea	<i>n</i> di Manning
Molto alta (> 500 mm)	0.20
Alta (250-500 mm)	0.15
Media (150-250 mm)	0.10
Bassa (50-150 mm)	0.06
Molto bassa (< 50 mm)	0.03

La scabrezza di Manning individuata a favore di sicurezza, considerando quindi la condizione che fornisca i valori di velocità più alti, è quella relativa a canali con copertura erbacea di altezza molto ridotta (< 50 mm). Per questa condizione il valore di *n* di Manning proposto da Morgan (2009) è pari a 0,03 (Tabella 4.2). La velocità della corrente ottenuta dall'applicazione dell'equazione di moto uniforme per il transito della portata di progetto (0,027 m³/s) all'interno del canale di sgrondo in progetto (pendenza pari a 0,018 m/m, sezione parabolica di larghezza pari a 2,0 m e freccia pari a 0,5 m) è risultata essere pari a 0,63 m/s, quindi con un alto margine di sicurezza rispetto alla velocità di moto incipiente individuata (pari a 1,5 m/s). **Si escludono quindi fenomeni erosivi all'interno del canale di sgrondo in progetto.**

Per quanto riguarda la seconda verifica, invece, l'applicazione dell'equazione di moto uniforme è stata utilizzata per il calcolo dell'altezza del tirante raggiunto dalla corrente per il valore di portata di progetto. Analogamente a quanto visto nella verifica precedente, il coefficiente di Manning è stato scelto tra quelli proposti da Morgan (2009) riportati in Tabella 4.2. Ai fini della sicurezza idraulica, in questo secondo caso è stato scelto, invece, il valore di *n* di Manning più alto, ovvero quello relativo a canali inerbiti con altezza della vegetazione molto alta e pari a 0,20 (ipotesi di manutenzione saltuaria). Il tirante massimo ottenuto dall'applicazione dell'equazione di moto uniforme è risultato quindi essere pari a 0,20 m. Nel caso peggiore, in definitiva, il franco idraulico assicurato dal canale di sgrondo in progetto è di 30 cm per la portata con tempo di ritorno pari a 50 anni, valore più che sufficiente considerando lo scopo dell'opera in progetto.

4.4 Tubazioni di collegamento: descrizione e verifica dell'efficienza idraulica

Al termine del canale di sgrondo è previsto l'inserimento di un pozzetto per la raccolta delle acque di deflusso e la loro misura quantitativa (paragrafo 4.7). L'acqua raccolta nel pozzetto viene quindi convogliata in un tubo corrugato (diametro esterno 0.25 m) che aggira la collina del Grumo per raggiungere l'area di bioritenzione in progetto nel versante est della collina.

Il calcolo della portata all'interno delle tubazioni di collegamento previste in progetto è stato realizzato sia nel caso di corrente a pelo libero (equazione di moto uniforme), sia nel caso della condotta in pressione (formula di Hazen-Williams). Nel primo caso, la portata di progetto di 0,027 m³/s transita all'interno delle tubazioni previste (diametro esterno pari a 250 mm, diametro interno pari a 218 mm, pendenza minima di 0,05 m/m, scabrezza di Gauckler-Strickler pari a 120 m^{1/3}s⁻¹) con un livello percentuale di riempimento della tubazione del 30%. La tubazione risulta pertanto più che sufficiente a convogliare l'acqua raccolta dal canale di sgrondo.

La formula di Hazen-Williams per le condotte in pressione, invece, fornisce valori di portata superiori a 0.150 m³/s per tutti i tre tratti di tubazione previsti (si veda il profilo di progetto in EG2.3, Allegato 2), quindi di molto superiori alla portata di progetto. Si è preferito non ridurre i diametri delle tubazioni in modo da mantenere un certo margine di sicurezza nel caso di parziali ostruzioni delle tubazioni che possono essere comunque evitate con normali operazioni di manutenzione e spurgo.

4.5 Area di bioritenzione: descrizione e verifica dell'efficienza idraulica

La realizzazione dell'area di bioritenzione è stata prevista nel versante est della Collina del Grumo per i seguenti motivi:

- la pendenza ridotta del versante est rispetto a quella del versante nord permette di ridurre la volumetria e l'altezza degli scavi ai fini della realizzazione di un'opera di questo tipo;
- nel caso di eventi pluviometrici con tempo di ritorno elevato (≥ 30 anni), l'acqua non gestita dall'area di bioritenzione raggiunge, seguendo il gradiente altimetrico, la vicina strada (via Salzena) venendo quindi smaltita dai sistemi di drenaggio già presenti;
- qualora si osservassero sovraccarichi inattesi della rete di drenaggio di via Salzena, con una piccola spesa è possibile inserire nell'area di bioritenzione una tubazione di troppo pieno che raccoglie l'acqua non gestita e la convoglia, per mezzo di una bocca tarata, alla vicina roggia di Thiene (previa stipula di apposita convenzione con il Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta).

Per ridurre le profondità di scavo, e salvaguardare le evidenze archeologiche emerse durante gli scavi di ispezione, si è previsto di suddividere l'area di bioritenzione in due scomparti: il primo, localizzato in un'area in cui non sono pervenuti rilievi archeologici, ricopre un'area di circa 40 m² e presenta profondità di scavo di circa 2.20 m; il secondo scomparto, invece, ricopre un'area di circa 34 m² su cui si prevede uno scavo a profondità ridotta (0.80 m di massima profondità di scavo) al fine di salvaguardare alcuni i reperti archeologici rinvenuti.

Dal punto di vista planimetrico (Allegato 8.2; EG2.1), i due scomparti mostrano:

- la presenza di una zona di ingresso dell'acqua con un selciato in pietrame al fine di evitare possibili erosioni e mantenere stabili le quote di separazione tra gli scomparti;

- una parte in ghiaia a vista (primo scomparto), subito a valle del selciato, per favorire il passaggio dell'acqua agli strati inferiori e quindi la sua infiltrazione;
- una restante porzione dove è previsto l'inserimento di terreno vegetale e la messa a dimora di specie vegetali non solo per aumentare il valore estetico della realizzazione, ma anche per conferire all'intervento i numerosi benefici forniti da questa importante componente (processi evapotraspirativi, valore estetico ...).

I due scomparti di infiltrazione/detenzione sono infine circondati da una fascia di vegetazione esterna topograficamente rialzata, che permette di contenere all'interno dell'area l'acqua proveniente dalla tubazione di collegamento.

La verifica dell'efficienza idrologico-idraulica dell'area di bioritenzione è stata condotta attraverso un bilancio cumulato nel tempo fra il volume d'acqua potenzialmente entrante al perdurare della precipitazione, $Ve(t)$, e quello gestito dal sistema $Vg(t)$.

Le due quantità si calcolano come segue:

$$Ve(t) = c \cdot h(t) \cdot AS = CD \cdot a t^n$$

Per i valori di a e n della linea segnalatrice si rimanda al Paragrafo 3.3.2.

Il volume gestito dall'area di bioritenzione si stima invece come:

$$Vg(t) = (Vsup + Vstor) + Vinf(t)$$

Le tre componenti di Vg indicate sopra sono le seguenti:

- $Vsup$: il volume massimo che può essere invasato in superficie dall'area di bioritenzione fino al suo massimo riempimento; nel caso specifico il sistema progettato prevede un invaso con depressione di 0,25 m 'utili come invaso' che si estendono su di una superficie pari a 77,6 m²; $Vsup = 0,25 \times 77,6 = 19,4$ m³.
- $Vstor$: il volume che viene invasato per riempimento dei vuoti della parte drenante sottostante lo strato di terreno culturale adeguatamente ammendato e preparato; al di sotto di questo strato, del quale si è trascurata per sicurezza la capacità d'invaso (ipotesi di terreno pre-evento di pioggia già molto umido), si è previsto il riempimento con materiale granulare drenante per un volume totale di 82 m³; assumendo una porosità media (n) dello strato del 35%, il massimo volume d'acqua invasabile risulta: $Vstor = 82,0 \times 0,35 = 28,7$ m³. La somma di $Vsup$ e di $Vstor$ può anche definirsi come una sorta di "volume invaso di base" complessivo reso disponibile dalla conformazione topografica dell'area di bioritenzione e del suo strato drenante, in questo caso risulta pari a 48.1 m³.
- $Vinf(t)$: è il volume idrico che, se si costruisce come nel caso in esame un SuDS disperdente nel terreno, va ad infiltrarsi al di sotto e perimetralmente alla strato drenante; la soluzione disperdente è avvallata dalla condizione freaticometrica della zona interessata che pone la falda tra 2 e 5 metri al disotto del piano campagna; se poi si trascura la dispersione laterale, il moto di filtrazione nel

mezzo saturo ha luogo solo verticalmente con gradiente idraulico unitario (moto verticale) secondo la legge di filtrazione di Darcy (cfr. Paragrafo 3.4); sotto questa particolare condizione la velocità media apparente di filtrazione coincide con permeabilità del terreno K_{sat} ; sulla base del sondaggio del terreno che si è condotto nella vicina zona di Piazzale della Libertà come attività propedeutica alla progettazione e che ha raggiunto, campionandolo, le profondità di 0,5 m, 1 m e 1,5 m, al di sotto di 1 m di profondità, è sempre risultato un terreno con una discreta permeabilità, corrispondente a una copertura detritica poco addensata costituita da elementi granulari sabbioso-ghiaiosi in limitata matrice limo-sabbiosa; sulla base di questi sondaggi si è attribuito (valori di letteratura corroborati anche dalla formula di Hazen) un valore di $K_{sat} = 10^{-4}$ m/s; il volume infiltrato nel tempo t risulta quindi: $V_{inf}(t) = K_{sat} \times AS \times t$ (con $AS = 43,6$ m², ovvero solo la porzione di area senza lo strato impermeabile a protezione degli scavi archeologici, e le rimanenti variabili espresse nelle opportune unità di misura in modo da fornire il volume in metri cubi).

Con l'applicazione del criterio di verifica idraulica appena descritto, si è quindi determinato quel tempo di precipitazione, denominato tempo critico, per il quale l'area di bioritenzione entra in una condizione di criticità idraulica, ossia il suo invaso superficiale non è sufficiente a contenere l'acqua raccolta dal canale di sgrondo.

Il calcolo è stato sviluppato determinando il tempo critico per differenti scenari di tempo di ritorno (Tr) della linea segnalatrice di pioggia definiti dai corrispettivi valori dei parametri a ed n riportati nella Tabella 3.4 al Paragrafo 3.3.2.

In Figura 4.3 sono riportate le curve dell'andamento del volume entrante nel tempo (Ve) e del volume gestito (Vg) al perdurare della precipitazione; nei grafici, quando la prima curva interseca e comincia a posizionarsi al di sopra della seconda si determina proprio il tempo critico ricercato. Sintetizzando i risultati dell'analisi idrologica, si desume che l'area di bioritenzione riesce a gestire, nella quasi totalità, i deflussi prodotti da eventi di pioggia con tempo di ritorno fino a 10 anni (Figura 4.3 a, b e c), mostrando per questo Tr un tempo critico sufficientemente elevato (circa 120 min);

Per precipitazioni con $Tr > 10$ anni, invece, l'area di bioritenzione non sarà in grado di accumulare e infiltrare tutta l'acqua di deflusso convogliata dal canale di sgrondo e verrà comunque indirizzata sul versante est della collina del Grumo. Seguendo il gradiente di pendenza, l'acqua fuoriuscita raggiungerà via Salzena dove verrà gestita dalla rete di drenaggio esistente. Eventuali problemi nella gestione dei deflussi prodotti da eventi meteorici con tempo di ritorno elevato potranno eventualmente essere risolti in un secondo momento inserendo nell'area di bioritenzione un dispositivo di troppo pieno che, tramite tubazione dotata di bocca tarata, convoglierà l'acqua non gestita alla vicina roggia di Thiene, previa stipula di apposita concessione con il Consorzio di bonifica Alta Pianura Veneta.

In base ai risultati ottenuti e considerando il miglioramento notevole rispetto alla situazione attuale, la performance di progetto della misura naturale di ritenzione delle acque in progetto risulta assolutamente soddisfacente, anche in relazione ai tempi di ritorno di alluvione/pioggia verificati.

Dopo 20-25 anni, si consiglia una riapertura dell'area di bioritenzione, perché è molto probabile che il dilavamento dei sedimenti finì abbia ostruito i vuoti atti a garantire l'invaso di progetto (*Vstor*).

Durante l'esercizio delle opere presentate in questa relazione ed anche grazie al monitoraggio del comportamento che è previsto nell'ambito del progetto LIFE finanziatore, si potranno anche verificare gli afflussi e la quantità e modalità dei volumi detenuti dal sistema durante eventi di pioggia di differente intensità e distribuzione temporale.

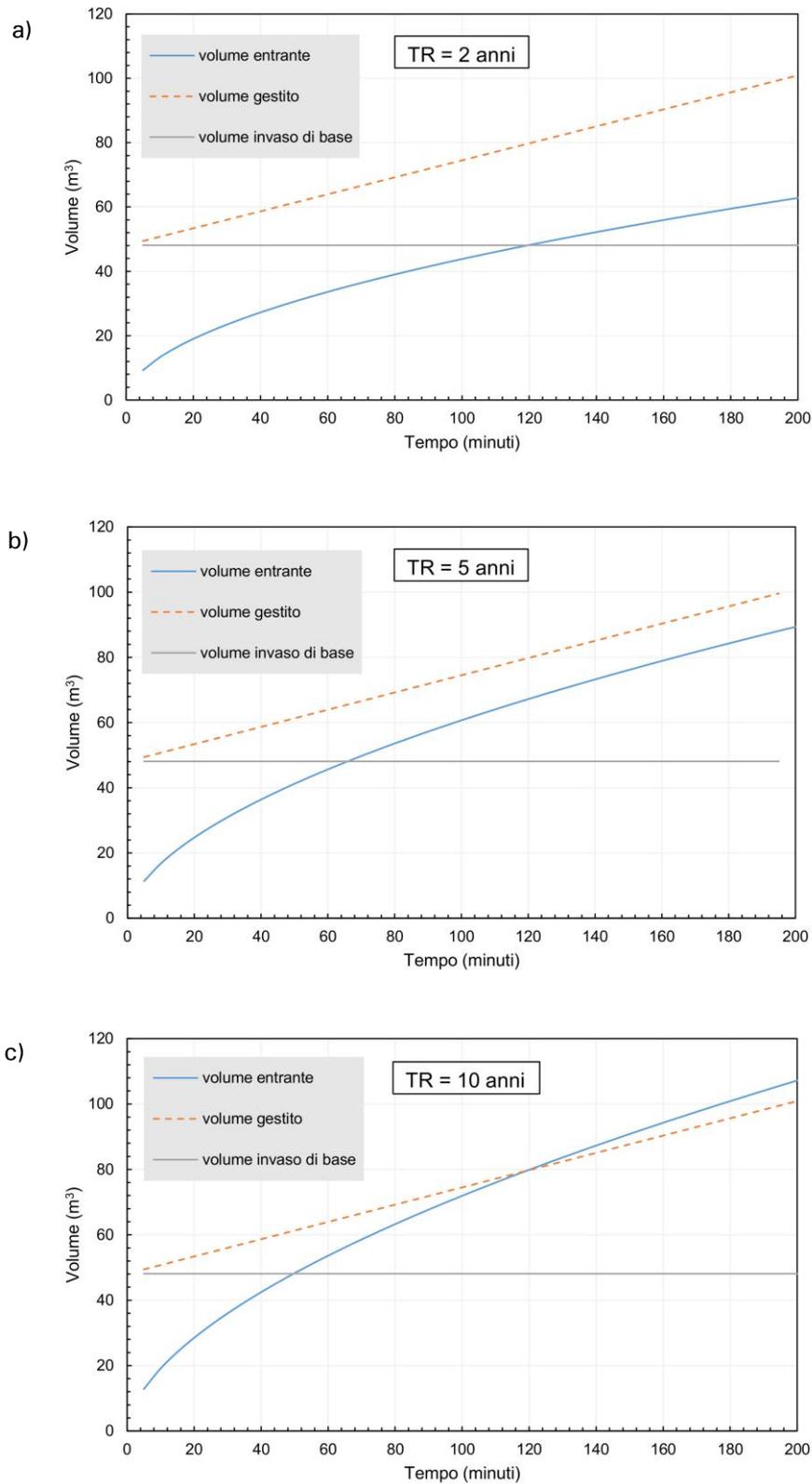


Figura 4.3. Volumi di deflusso entrante nell'area di bioritenzione e volume idrico gestito al perdurare della precipitazione; comportamenti attesi per la precipitazione cumulata risultante dalla linea segnalatrice di possibilità pluviometrica della stazione ARPAV 'Monte Summano' (Comune di Piovene Rocchette) per diversi tempi di ritorno (Tr): a) Tr=2 anni b) Tr=5 anni c) Tr=10 anni.

4.6 Fascinata viva di sostegno: descrizione

Il progetto prevede la realizzazione di un tratto di circa 6 m lineari di fascinata viva di sostegno sul versante nord est della collina del Grumo, precisamente nella parte di versante che confina con l'estremità sud-ovest della lottizzazione di via De Gasperi. La fascinata ha la funzione di permettere al tubo di collegamento di aggirare in sicurezza la Collina del Grumo. Infatti, nel sito di realizzazione della fascinata, il versante presenta dei valori di pendenza locale che raggiungono i 47° (Allegato 8.2, EG2.2.1, stato di fatto) e mostrano alcune evidenze dell'attivarsi di fenomeni erosivi superficiali (Figura 4.4).

La fascinata viva è uno dei manufatti utilizzati in ingegneria naturalistica aventi lo scopo di sostenere e contenere i fenomeni erosivi su pendii non troppo pendenti e con problematiche di instabilità superficiale.

Vengono realizzate attraverso lo scavo di fossi paralleli sul pendio (20-30 cm di profondità) nei quali vengono posizionate fascinate (diametro 40-50 cm, lunghezza 1,5-2 m) costituite da legno morto nella parte aderente al terreno e talee di salice vive nella parte superiore. Le fascine vengono fissate al terreno mediante paletti in legno di diametro pari a 10-15 cm e lunghezza compresa tra 1 e 1,5 m.

La radicazione dei salici fissa il suolo e drena l'acqua attraverso la funzione traspirante delle piante.



Figura 4.4. Rilievi topografici nella zona in cui è prevista la realizzazione di una fascinata viva. Da notare in alto a sinistra le evidenze dell'attivazione di fenomeni di erosione superficiale causata dall'elevata pendenza del versante in questa zona.

4.7 Monitoraggio di funzionamento del sistema

Per la misura delle precipitazioni è prevista l'installazione di un pluviometro registratore con scansione di registrazione inferiore ai 5 minuti e posto a una distanza inclusa nel raggio spaziale di 200 m rispetto al sito di intervento della Collina del Grumo. Il sito è in via di definizione, per poter conciliare la sicurezza dello strumento (atti di possibile manomissione) con la vicinanza al sito di monitoraggio.

La misura degli afflussi al sistema di gestione delle acque in progetto avverrà in corrispondenza del pozzetto recettore posto al termine del canale di sgrondo, in modo da misurare tutta l'acqua raccolta da questo e gestita dal sistema. Questa misura avviene assumendo le seguenti condizioni progettuali e di realizzazione.

1) Il pozzetto di raccolta delle acque di deflusso superficiale intercettate dal canale di sgrondo è composto di due parti come mostrato in Tavola 2.4 (EG2.4):

- a. Un primo pozzetto sifonato a sezione quadrata (larghezza 0,57m, altezza 0,95 m), provvisto di griglia in ghisa sferoidale, che permette di bloccare e raccogliere il materiale trasportato e fluitato dalla corrente (sedimenti e materiale vegetale); la sua funzione è quindi quella di preservare l'efficacia del sistema di misura della portata e della successiva tubazione di collegamento previste a valle del pozzetto sifonato.
- b. Un secondo pozzetto a sezione rettangolare lungo 1,48 m metri e largo 1,28 m suddiviso in due scomparti da un setto verticale in acciaio inox conformato idraulicamente come uno stramazzo in parete sottile a contrazione laterale (lunghezza sfiorante pari a 80 cm, con baffi laterali simmetrici): il primo scomparto più a monte, lungo 0,70 m e profondo 0,50 m è la vasca di calma dello stramazzo dove avviene il recapito delle acque dal pozzetto sifonato e la misura dell'altezza del flusso per mezzo di un trasduttore di pressione posto all'interno di un tubo in PVC forato e ancorato alla parete laterale del pozzetto; il secondo comparto cubico del pozzetto lungo 0,5 m, con il fondo con una pendenza verso valle del 3% sagomato in modo da favorire l'uscita dell'acqua attraverso la tubazione di collegamento che porta l'acqua al bacino di bioritenzione; il lato di valle della parete di questa porzione finale di pozzetto prevede, infatti, l'inserimento di questa tubazione di collegamento. A chiusura del pozzetto di misura è previsto un coperchio amovibile in acciaio munito di chiusura antintrusione.

Utilizzando le note leggi della foronomia, il carico idraulico massimo atteso rispetto al ciglio sfiorante non oltrepasserà mai (per la portata $Q_{50} = 27$ L/s) i 7 cm. Il ciglio dello stramazzo è dunque posto ad una quota relativa di -10 cm rispetto al piano griglia.

Con tale dispositivo si potranno dunque controllare e misurare (qualitativamente per campionamento manuale e quantitativamente tramite il trasduttore di pressione) le acque in ingresso nel bacino di bioritenzione.

- 2) Sul lato Nord del bacino di bioritenzione si prevede l'inserimento di un tubo piezometrico: una tubazione verticale in materiale plastico (diametro 160 mm; lunghezza di 1,70 m circa) aperto al fondo e microforato lateralmente negli ultimi 0,4-0,5 m di profondità; questo tubo permetterà di monitorare l'acqua nel bacino di bioritenzione sia qualitativamente (si possono campionare con provinatura manuale le acque gestite dal sistema) sia quantitativamente misurando con un piezometro la progressiva entrata in funzione del drenaggio e l'evoluzione del livello idrometrico all'interno del bacino di bioritenzione.

5 Indicazioni vegetazionali: scelta delle specie e aspetti manutentivi

Il bacino di bioritenzione in progetto avrà anche una valenza ornamentale, vista la vicinanza con il nuovo percorso pedonale in fase di realizzazione per il collegamento di via Salzena con le scuole e gli impianti sportivi di via Grumo. La scelta delle specie da impiegare è quindi fondamentale per adempiere alla loro funzione idrologica, estetica e per ridurre le spese di manutenzione. Abbiamo deciso, inoltre, di utilizzare per questo intervento solo specie autoctone, per mostrare a chi visiterà il percorso didattico in cui l'intervento è inserito gli effetti estetici e funzionali che si possono ottenere con questo tipo di vegetazione, senza dunque ricorrere all'utilizzo di specie alloctone ornamentali.

Veneto Agricoltura, partner del progetto BEWARE, si occuperà della scelta e della fornitura delle piante messe a dimora in questo intervento.

7 Bibliografia

ARPAV (1996). Aspetti progettuali ed esecutivi nei cantieri di ingegneria naturalistica. Atti del corso. A cura di Andrich A. e Ruol G., 30 settembre – 10 ottobre 1996.

ARPAV. (2011). Valutazione della permeabilità e del gruppo idrologico dei suoli del Veneto.

CNR-Isac. (2019). 2018 anno più caldo dal 1800 per l'Italia. Nota stampa su sito del CNR.

Morgan, R. P. C. (2009). Soil erosion and conservation. John Wiley & Sons.

Saxton, K. E., Rawls, W. J., Romberger, J. S., & Papendick, R. I. (1986). Estimating Generalized Soil-water Characteristics from Texture. *Soil Science Society of America Journal*, 50(4), 1031–1036.

Trigila, A., Iadanza, C., Bussettini, M., & Lastoria, B. (2018). Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio. ISPRA, Rapporti 287/2018, Roma.

8 Allegati

8.1 Allegato 1: Documentazione fotografica



Figura 8.1. Foto 1 di 4 relativa all'allagamento verificatosi in seguito alle precipitazioni del giorno 01/12/2014 e documentato nella zona più depressa alla base del versante nord della Collina del Grumo; l'allagamento interessa in parte anche la proprietà privata del civico 14 di via De Gasperi.



Figura 8.2. Foto 2 di 4 relativa all'allagamento verificatosi in seguito alle precipitazioni del giorno 01/12/2014 e documentato nella zona più depressa alla base del versante nord della Collina del Grumo; l'allagamento interessa in parte anche la proprietà privata del civico 14 di via De Gasperi.



Figura 8.3. Foto 3 di 4 relativa all'allagamento verificatosi in seguito alle precipitazioni del giorno 01/12/2014 e documentato nella zona più depressa alla base del versante nord della Collina del Grumo; l'allagamento interessa in parte anche la proprietà privata del civico 14 di via De Gasperi.



Figura 8.4. Foto 4 di 4 relativa all'allagamento verificatosi in seguito alle precipitazioni del giorno 01/12/2014 e documentato nella zona più depressa alla base del versante nord della Collina del Grumo; l'allagamento interessa in parte anche la proprietà privata del civico 14 di via De Gasperi.



Figura 8.5. Vista generale della Collina del Grumo (sullo sfondo, coperta da vegetazione arborea) ripresa da Piazza della Libertà. In primo piano il campo sportivo adiacente alla zona di intervento e sulla sinistra le abitazioni di Via De Gasperi.



Figura 8.6. Versante nord della Collina del Grumo dove verrà realizzato il canale di sgrondo inerbito (swale); l'abitazione in basso a sinistra è il civico 14 di via De Gasperi presso il quale si sono documentati allagamenti.



Figura 8.7. Versante nord della Collina del Grumo a ridosso della proprietà privata più a sud di via De Gasperi; in questa zona verrà realizzata la fascinata viva al fine di migliorare la condizione di stabilità del versante.



Figura 8.8: Versante est della Collina del Grumo, ripreso da Via Salzena, dove verrà realizzata l'area di bioritenzione che gestirà l'acqua raccolta dal canale di sgrondo sul lato nord della collina.



Figura 8.9. Profilo pedologico dello scavo realizzato a Piazza della Libertà con riferimento metrico. Profondità di scavo 1,5 m.



Figura 8.10. Raccolta dei campioni di suolo a 1,50 m; 1 m; 0,5 m in sacchetti di plastica adeguatamente etichettati.



Figura 8.11. Panoramica frontale dello scavo e degli strati interessanti dal prelievo dei campioni.

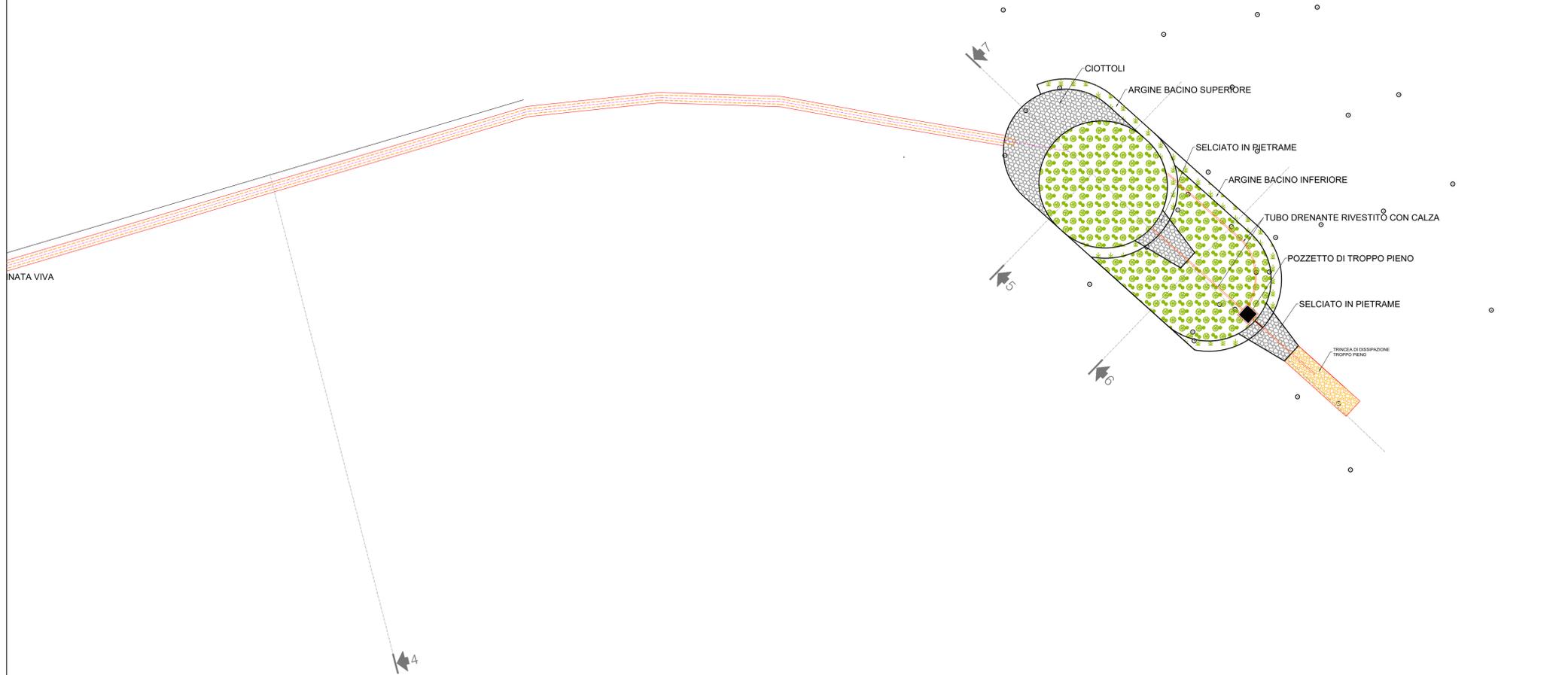
8.2 Allegato 2: Tavole di progetto

- Elaborato grafico 2.1 (EG2.1) Planimetria stato di fatto e di progetto
- Elaborato grafico 2.2 (EG2.2) Sezioni stato di fatto e di progetto
- Elaborato grafico 2.3 (EG2.3) Profilo stato di fatto e di progetto
- Elaborato grafico 2.4 (EG2.4) Particolari di progetto

PARTE OVEST



PARTE EST



LIFE17 GIC IT 000091

Questo elaborato è stato prodotto con l'assistenza finanziaria dell'Unione europea attraverso il Programma LIFE. I contenuti di questo elaborato sono sotto la responsabilità del consorzio BEWARE e non possono riguardare né riflettere in alcuna circostanza la posizione dell'Unione Europea.



COMUNE DI SANTORSO (VI)



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

TESAF

DIPARTIMENTO TESAF,
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

LIFE17 GIC/IT/000091 PROJECT BEWARE:
Azione C4 - Sistemi sostenibili di drenaggio urbano (SuDS) per l'adattamento climatico in aree urbane

Intervento 2: Collina del Grumo, Santorso (VI)

DATA
30 / 01 / 2020

NUMERO ELABORATO
EG2.1

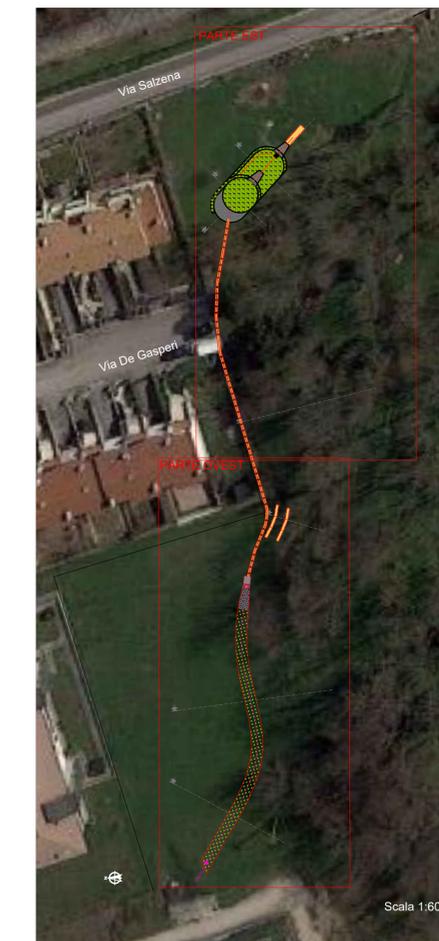
SCALA
1:125

TAVOLA 2.1:
Planimetria Collina del Grumo
Stato di progetto

Responsabile tecnico del progetto per TESAF:
Prof. Vincenzo D'Agostino
Collaboratori per TESAF:
Dott. Roberta Pastorello
Prof. Lucia Bortolini

Responsabile tecnico del progetto per COMSAN:
Geom. Fabio Saterini
Collaboratori per COMSAN:
Geom. Giovanni Toniolo

- Legenda**
- Opere di progetto
 - Profili
 - Sezioni
 - Confine
 - Tubi in PE
 - Curve di livello
 - Sentiero pedonale
 - Palificata doppia rinverdit

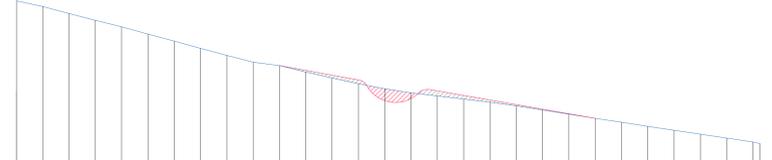


SEZIONE 1



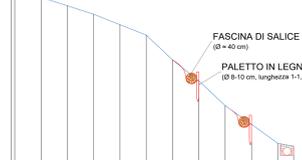
DISTANZE PROGRESSIVE	0.00 1.00 2.00 3.00 4.00 5.00 6.00 7.00 8.00 9.00 10.00 11.00 12.00 13.00 14.00 15.00 16.00 17.00 18.00 19.00 20.00 21.00 22.00 22.74
DISTANZE PARZIALI	1.00 0.74
QUOTE STATO DI FATTO	213.69 213.51 213.36 213.24 213.16 213.06 212.95 212.79 212.61 212.50 212.36 212.17 211.96 211.83 211.63 211.42 211.22 211.09 210.88 210.65 210.41 210.27 210.02 209.89

SEZIONE 2



DISTANZE PROGRESSIVE	0.00 1.00 2.00 3.00 4.00 5.00 6.00 7.00 8.00 9.00 10.00 11.00 12.00 13.00 14.00 15.00 16.00 17.00 18.00 19.00 20.00 21.00 22.00 23.00 24.00 25.00 26.00 27.00 28.26
DISTANZE PARZIALI	1.00 0.26
QUOTE STATO DI FATTO	216.47 216.25 214.98 214.72 214.47 214.19 213.92 213.64 213.37 213.11 212.98 212.73 212.50 212.28 212.09 211.93 211.81 211.69 211.57 211.43 211.27 211.11 210.95 210.80 210.64 210.49 210.34 210.19 209.98

SEZIONE 3



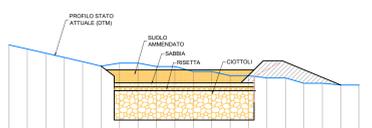
DISTANZE PROGRESSIVE	0.00 1.14 2.14 3.14 4.14 5.14 6.14 7.14 8.14 9.14 10.14
DISTANZE PARZIALI	1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
QUOTE STATO DI FATTO	214.94 214.60 214.28 213.95 213.55 213.15 212.20 211.39 210.44 209.72 208.99

SEZIONE 4



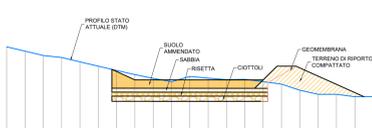
DISTANZE PROGRESSIVE	0.00 1.00 2.00 3.00 4.00 5.00 6.00 7.00 8.00 9.00 10.04
DISTANZE PARZIALI	1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00
QUOTE STATO DI FATTO	210.72 210.52 210.23 210.00 209.69 209.41 209.00 208.55 208.13 207.70 207.32

SEZIONE 5



DISTANZE PROGRESSIVE	0.00 0.70 1.40 2.10 2.80 3.50 4.21 4.91 5.61 6.31 7.01 7.71 8.41 9.11 9.81 10.51 11.21 11.91 12.62 13.32
DISTANZE PARZIALI	0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70
QUOTE STATO DI FATTO	206.05 205.89 205.73 205.57 205.40 205.23 205.35 205.35 205.22 205.03 205.03 205.03 204.87 204.87 204.78 204.78 204.57 204.57 204.51 204.51

SEZIONE 6



DISTANZE PROGRESSIVE	0.00 0.70 1.39 2.09 2.79 3.48 4.18 4.88 5.57 6.27 6.97 7.66 8.36 9.06 9.75 10.45 11.15 11.84 12.54 13.23 13.93
DISTANZE PARZIALI	0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70
QUOTE STATO DI FATTO	205.98 205.81 205.64 205.57 205.40 205.23 205.07 204.91 204.76 204.63 204.84 204.77 204.71 204.73 204.64 204.54 204.31 204.15 204.15 204.06 204.06

SEZIONE 7



DISTANZE PROGRESSIVE	0.00 0.70 1.40 2.09 2.79 3.49 4.19 4.89 5.59 6.28 6.98 7.68 8.38 9.08 9.78 10.47 11.17 11.87 12.57 13.27 13.97 14.66 15.36 16.06 16.76 17.46 18.16 18.85 19.55 20.25 20.95 21.65 22.35 23.04 23.74 24.44 25.14 25.84 26.54 27.23 27.93
DISTANZE PARZIALI	0.70 0.70
QUOTE STATO DI FATTO	205.79 205.77 205.65 205.64 205.43 205.43 205.31 205.20 205.22 205.13 205.20 205.03 205.05 205.03 204.99 204.90 204.92 204.96 204.84 204.77 204.80 204.68 204.62 204.55 204.51 204.24 204.24 204.15 204.15 204.15 204.15 203.97 203.99 203.43 203.36 203.27 203.19 203.11

LIFE17 GIC IT 000091

Questo elaborato è stato prodotto con l'assistenza finanziaria dell'Unione europea attraverso il Programma LIFE. I contenuti di questo elaborato sono sotto la responsabilità del consorzio BEWARE e non possono riguardare né riflettere in alcuna circostanza la posizione dell'Unione Europea.

DIPARTIMENTO TESAF, UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

LIFE17 GIC/IT/000091 PROJECT BEWARE:
Azione C4 - Sistemi sostenibili di drenaggio urbano (SuDS) per l'adattamento climatico in aree urbane

Intervento 2: Collina del Grumo, Santorso (VI)

DATA: 30 / 01 / 2020

N. ELABORATO: EG2.2

SCALA: 1:100

TAVOLA 2.2:
Sezioni di progetto
Collina del Grumo

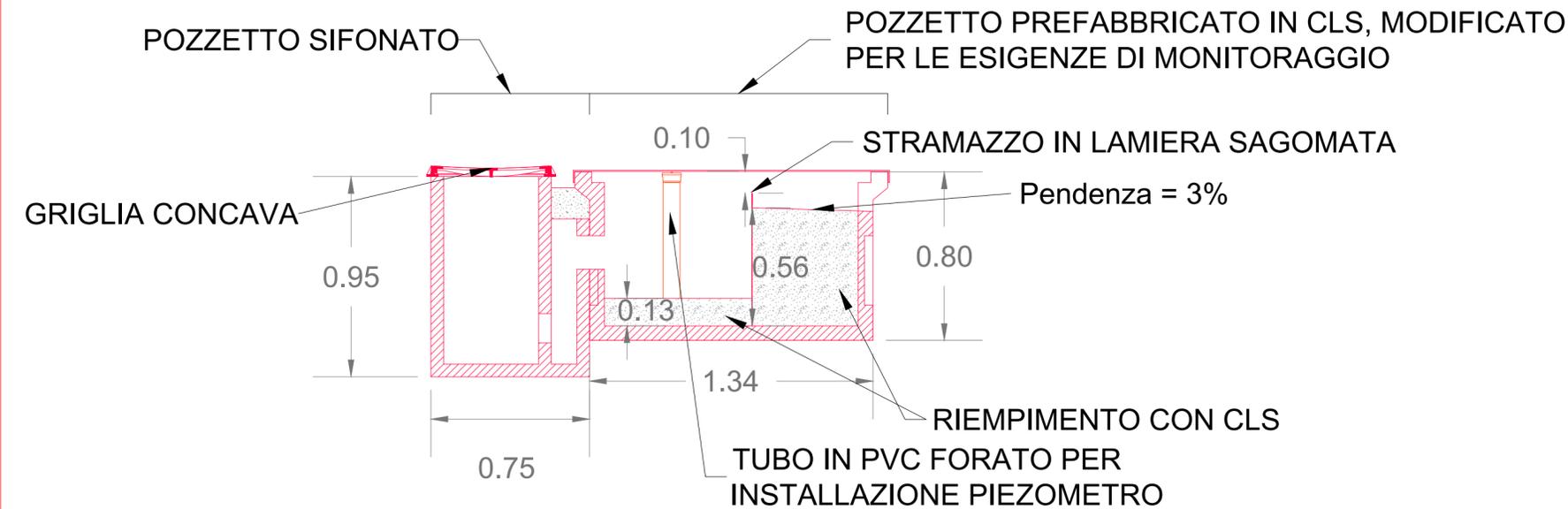
Responsabile tecnico del progetto per TESAF: Prof. Vincenzo D'Agostino
 Collaboratori per TESAF: Dott. Roberta Pastorello, Prof. Lucia Bortolini

Responsabile tecnico del progetto per COMSAN: Geom. Fabio Saterini
 Collaboratori per COMSAN: Geom. Giovanni Toniolo

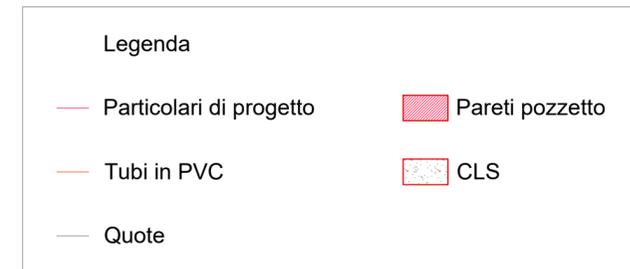
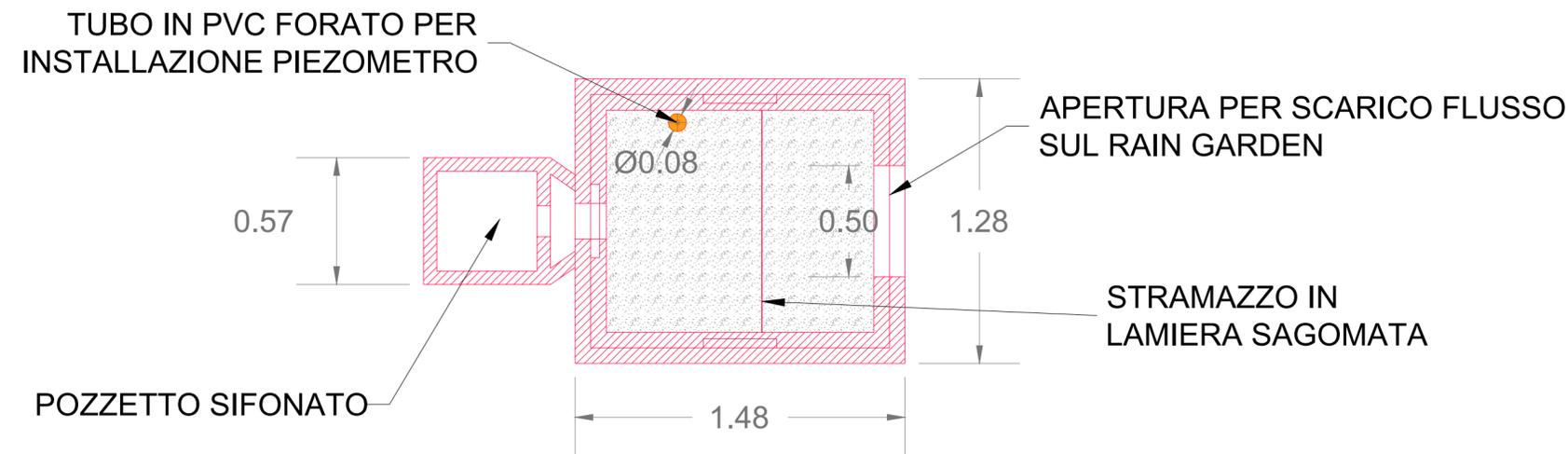
Legenda

- Opere di progetto
- Area di scavo
- Profilo attuale
- Area di riporto
- Tubi in PVC
- Palificata doppia rinverdita

SEZIONE DEL POZZETTO DI INGRESSO AL RAIN GARDEN



PIANTA DEL POZZETTO DI INGRESSO AL RAIN GARDEN (VISTA SENZA LA GRIGLIA CONCAVA E IL COPERCHIO IN LAMIERA)



Questo elaborato è stato prodotto con l'assistenza finanziaria dell'Unione europea attraverso il Programma LIFE. I contenuti di questo elaborato sono sotto la responsabilità del consorzio BEWARE e non possono riguardare né riflettere in alcuna circostanza la posizione dell'Unione Europea.



COMUNE DI SANTORSO (VI)



DIPARTIMENTO TESAFA,
UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

LIFE17 GIC/IT/000091 PROJECT BEWARE:
Azione C4 - Sistemi sostenibili di drenaggio urbano (SuDS) per
l'adattamento climatico in aree urbane

Intervento 2: Collina del Grumo, Santorso (VI)

DATA
30 / 01 / 2020

N. ELABORATO
EG2.4

SCALA
1:20

TAVOLA 2.4:
Collina del Grumo -
Particolari di progetto

Responsabile tecnico del progetto per TESAFA:
Prof. Vincenzo D'Agostino
Collaboratori per TESAFA:
Dott. Roberta Pastorello
Prof. Lucia Bortolini

Responsabile tecnico del progetto per COMSAN:
Geom. Fabio Saterini
Collaboratori per COMSAN:
Geom. Giovanni Toniolo