

**REGIONE: PIEMONTE**  
**PROVINCIA: VERCELLI**  
**COMUNE: BORGOVERCELLI**

**PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO**

Accordo di pianificazione territoriale  
DGR n. 92-9001 del 16.05.2019  
Attuazione comparto di Borgo Vercelli

"ECOLOGISTICA"

committente :



**DEVELOG 3 s.r.l.**

area di sviluppo e fase di progetto:  
PROPOSTA PRELIMINARE

tipologia elaborato

**RELAZIONE TECNICA SULLA COMPATIBILITÀ  
IDRAULICA IDROLOGICA E IDROGEOLOGICA  
E PIANO DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL  
SISTEMA DI DEFLUSSO IRRIGUO SUPERFICIALE**

codice elaborato

**EI. 1.11.4.1**

SIGLA ELAB.


data

**ottobre 2021**

progettazione:  
ing. Francesco Boca  
via Boggianni, 9 - Novara  
tel. 0321 465813  
studio@studionboca.it

arch. Antonella Ferrari  
Ferrari&Ferrari Architetture  
via Passalacqua, 10 - Novara  
tel. 0321.940104  
antonella.ferrari@gmail.com

arch. Claudio Grignaschi  
Casa Molinetto, snc - Briona (No)  
Via Piave, 1 - Bonate Sopra (BG)  
tel. 035.992674 info@architetturaesaggio.it

contributi specialistici:  
Studio Architettura Paesaggio

di Luigino Pirlo  
Via Vincenzo Monti, 32 - Milano  
Via G.B. Grassi, 15 - Milano  
tel. 02.2171067 info@territoriocambiente.com

Te.A Consulting s.r.l.  
Via Vincenzo Monti, 32 - Milano  
Via G.B. Grassi, 15 - Milano  
tel. 02.2171067 info@territoriocambiente.com

**ICM Solutions**

Ing Stefano Barbi  
Via Dante Alighieri, 10 - Bussolengo (VR)  
tel. +39 335 5958896 stefano.barbi@icmsolutions.it

coordinamento generale:

**PROJECT MANAGEMENT**  
The Blossom Avenue Management  
Prof. Arch. Marco Faccinetti  
Urb. Massimo Favalelli  
Corso Italia, 20 - 20122 Milano  
The Blossom Avenue Partners  
Prof. Arch. Marco Faccinetti  
Arch. Luca De Stefanis  
Urb. Lorenzo Bartoletti  
Corso Italia, 20 - 20122 Milano  
Tel +39 (02) 365 20482  
[tpartner@pec.it](mailto:tpartner@pec.it)

## INDICE DELLA RELAZIONE

EI. 1.11.4.1 RELAZIONE TECNICA SULLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA IDROLOGICA E IDROGEOLOGICA	
1.	PREMESSE—DESCRIZIONE DEL PROGETTO E DEL SITO DI INTERVENTO _____ pag. 4
2.	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA DEL SITO _____ pag. 5
3.	CARATTERIZZAZIONE DEI LITOTIPI E DEFINIZIONE DEL MODELLO IDROGEOLOGICO _____ pag. 7
4.	RIORGANIZZAZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFIO INTERFERENTE _____ pag. 9
5.	VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA E IDROLOGICA _____ pag. 13
5.1	IMPERMEABILIZZAZIONE POTENZIALE IN PROGETTO _____ pag. 13
5.2	SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE _____ pag. 13
5.3	TEMPO DI CORRIVAZIONE BEL BACINO SCOLANTE E PIOGGIA CRITICA _____ pag. 14
5.4	STIMA DELL'AFFLUSSO METEORICO MASSIMO DI PROGETTO _____ pag. 15
5.5	INVASO PER LA LAMINAZIONE DELLE PIENE DI PROGETTO _____ pag. 15
5.6	STIMA DELLA DISPERSIONE IDRICA PER INFILTRAZIONE NEL SUOLO _____ pag. 16
5.7	DEFLUSSO MASSIMO IMMESSO NEL CAVO SAINO _____ pag. 16
5.8	BILANCIO IDROLOGICO PER LA PIOGGIA CRITICA DI PROGETTO _____ pag. 17
6.	RIASSUNTO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE _____ pag. 18
7.	PIANO DI MANUTENZIONE DEL SISTEMA DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE _____ pag. 20

figure e disegni nel testo

- AREA IN PROGETTO SU STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA 1:50.000 \_\_\_\_\_ pag. 6
- SISTEMAZIONE DEL RETICOLO IDRICO MINORE NEI TRATTI INTERFERENTI CON IL PROGETTO schema planimetrico alla scala di 1:10.000 \_\_\_\_\_ pag. 12

## FASCICOLO CON ELABORATI DI CALCOLO

EI. 1.11.4.2/A – MODELLI NUMERICI IDRODINAMICI MONODIMENSIONALI DEI CANALI	
a.	CAVO SAINO NELLO STATO ATTUALE _____ pag. 3
b.	CAVO SAINO NELLO STATO DI PROGETTO _____ pag. 5
c.	CAVO REPASSO NELLO STATO ATTUALE _____ pag. 7
d.	CAVO REPASSO NELLO STATO DI PROGETTO _____ pag. 9
e.	CAVO TOPPIE CON IMMISSIONE NEL CAVO REPASSO: STATO ATTUALE _____ pag. 11
f.	CAVO TOPPIE CON IMMISSIONE NEL CAVO SAINO: STATO ATTUALE _____ pag. 12
g.	CAVO TOPPIE NELLO STATO MODIFICATO CON IMMISSIONE NEL CAVO SAINO _____ pag. 14

EI. 1.11.4.2/B - TABELLE DEL CALCOLO IDROLOGICO DELL'INVARIANZA IDRAULICA

- 1) CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA E PIOGGIA CRITICA DI PROGETTO \_\_\_\_\_ pag. 16
  - 2) CAPACITÀ D'INVASO DEL BACINO DI LAMINAZIONE \_\_\_\_\_ pag. 17
  - 3) CAPACITÀ D'INVASO COMPLESSIVA CON PLUVIALI E CADITOIE STRADALI \_\_\_\_\_ pag. 18
  - 4) STIMA DELL'AFFLUSSO METEORICO DI PROGETTO: bacino imbrifero A \_\_\_\_\_ pag. 19
  - 5) STIMA DELL'AFFLUSSO METEORICO DI PROGETTO: bacino imbrifero B \_\_\_\_\_ pag. 20
  - 6) STIMA DELL'AFFLUSSO METEORICO DI PROGETTO: bacino imbrifero C \_\_\_\_\_ pag. 21
  - 7) SOMMARIO DELL'AFFLUSSO METEORICO DI PROGETTO \_\_\_\_\_ pag. 22
- 
- 8-a) SMALTIMENTO NEL SOTTOSUOLO CON PERMEABILITÀ DESUNTA DA PROVE LEFRANC E SCARICO TERMINALE NEL CAVO SAINO MEDIANTE REGOLATORE DI PORTATA COSTANTE \_\_\_\_\_ pag. 23
  - 8-b) SMALTIMENTO NEL SOTTOSUOLO CON PERMEABILITÀ RIDOTTA DI UN FATTORE “2” E SCARICO TERMINALE NEL CAVO SAINO MEDIANTE REGOLATORE DI PORTATA COSTANTE \_\_\_\_\_ pag. 25
  - 8-c) SMALTIMENTO NEL SOTTOSUOLO CON PERMEABILITÀ RIDOTTA DI UN FATTORE “3” E SCARICO TERMINALE NEL CAVO SAINO MEDIANTE REGOLATORE DI PORTATA COSTANTE \_\_\_\_\_ pag. 27

TAVOLE ALLEGATE ALLA RELAZIONE

elaborati grafici in formato A1

- EI. 1.11.4.3 UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOLOGICHE dallo studio geologico INNOGEN 05/2020 su planimetria di progetto alla scala 1:2.000
- EI. 1.11.4.4 PROFILO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DI INVASO  
scala orizzontale 1:2.000 scala verticale amplificata 1:20
- EI. 1.11.4.5 SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RETICOLO IDRICO INTERFERENTE E SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE su piano quotato in quattro elementi alla scala di 1:1.000
- EI. 1.11.4.6 PROFILO IDRAULICO DEL BACINO DI INVASO  
scala orizzontale 1:2.000 - scala verticale 1:20
- EI. 1.11.4.7 SEZIONI TIPO DEL BACINO DI INVASO  
sezioni alla scala di 1:100
- EI. 1.11.4.8 INTERFERENZE DEL PROGETTO CON IL RETICOLO IDRICO MINORE  
su foto aerea zenitale alla scala di 1:2.000
- EI. 1.11.4.9 su planimetria catastale alla scala di 1:2.000
- EI. 1.11.4.10 PROFILO IDROLOGICO E SEZIONI TIPO DEL CAVO SAINO NELLO STATO ATTUALE  
scala orizzontale 1:2.000 - verticale 1:20 - sezioni 1:50
- EI. 1.11.4.11 PROFILO IDROLOGICO E SEZIONI TIPO DEL CAVO REPASSO NELLO STATO ATTUALE  
CON LA DERIVAZIONE SAN CARLO scala orizzontale 1:2.000 - verticale 1:20 - sezioni 1:50
- EI. 1.11.4.12 PROFILO IDROLOGICO E SEZIONI TIPO DEL CAVO TOPPIE CON IMMISSIONE NEL CAVO  
REPASSO: STATO ATTUALE scala orizzontale 1:2.000 - verticale 1:20 - sezioni 1:50
- EI. 1.11.4.13 PROFILO IDROLOGICO E SEZIONI TIPO DEL CAVO TOPPIE CON RAMO DIVERSIVO NEL  
CAVO SAINO: STATO ATTUALE scala orizzontale 1:2.000 - verticale 1:20 - sezioni 1:50
- EI. 1.11.4.14 PIANO DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI CORPI IDRICI SUPERFICIALI  
su foto aerea zenitale alla scala di 1:2.000
- EI. 1.11.4.15 su planimetria catastale alla scala di 1:2.000
- EI. 1.11.4.16 PROFILO IDROLOGICO E SEZIONI TIPO DEL CAVO SAINO CON LA DEVIAZIONE IN  
PROGETTO scala orizzontale 1:2.000 - verticale 1:20 - sezioni 1:50
- EI. 1.11.4.17 PROFILO IDROLOGICO E SEZIONI TIPO DEL CAVO REPASSO IN PROGETTO  
CON LA DERIVAZIONE SAN CARLO scala orizzontale 1:2.000 - verticale 1:20 - sezioni 1:50
- EI. 1.11.4.18 PROFILO IDROLOGICO E SEZIONI TIPO DEL NUOVO CAVO TOPPIE MODIFICATO CON  
IMMISSIONE NEL CAVO SAINO scala orizzontale 1:2.000 - verticale 1:20 - sezioni 1:50

## 1. PREMESSE–DESCRIZIONE DEL PROGETTO E DEL SITO DI INTERVENTO

La presente indagine esamina gli aspetti geologici idrogeologici e idrologici inerenti al progetto per la realizzazione di un plesso di magazzini ad uso deposito logistico in località Cascina Toppie nel territorio comunale di Borgo Vercelli. Il progetto prevede la realizzazione di tre edifici contigui, con viabilità di accesso, aree di carico/scarico, parcheggi e aree verdi, su una superficie complessiva di circa 40ha.

Lo studio fa seguito alle precedenti edizioni del giugno 2021 e del luglio 2021, apportando le modifiche e integrazioni richieste dal Consorzio di irrigazione e bonifica EST SESIA.

L'area in progetto è ubicata nella pianura occidentale piemontese nell'ambito del "Livello fondamentale della Pianura", dove l'ambiente geologico è costituito da depositi alluvionali fluviali e fluvioglaciali, composti nella parte superficiale da banchi di ghiaia e ghiaia sabbiosa, alternati a strati limoso argillosi o limoso sabbiosi, con una coltre di alterazione superficiale limoso argillosa brunastra potente circa 2-3 metri; la successione è indicata come "COMPLESSO GHIAIOSO-SABBioso" (Pleistocene Inferiore-Olocene).

Nel sottosuolo è presente una falda freatica con la superficie piezometrica alla profondità di circa 2 metri dal piano campagna in fase di massima piena, per cui è prevedibile una importante interferenza con le opere in progetto, segnatamente per quanto riguarda la capacità di invaso del bacino di laminazione delle acque meteoriche.

Il progetto comporta movimenti terra per lo scavo delle fondazioni e del bacino di invaso; sono previsti scavi e riporti per circa 100.000 metri cubi di terreno naturale, tuttavia non vi sarà alcuna produzione in esubero di terra sciolta, perché tutto il materiale proveniente dagli scavi sarà riutilizzato in cantiere per il livellamento in quota dei piazzali e dei parcheggi al contorno dei nuovi fabbricati.

Il presente studio idrogeologico si basa sulla relazione geologica e geotecnica dello studio geologico INNOGEN del maggio 2020. L'esame diretto del sottosuolo superficiale è stato eseguito entro n°3 sondaggi geognostici mediante carotaggio continuo fino alla profondità di 30 metri dal piano campagna attuale, e mediante la terebrazione di n°12 sondaggi penetrometrici dinamici con penetrometro pesante, interrotti alla profondità di circa 8-12 metri dal piano campagna attuale per rifiuto all'avanzamento della punta.

È stata inoltre eseguita un'indagine geofisica mediante prospezione sismica con tecnica passiva, mediante la registrazione del rumore sismico ambientale a stazione singola con elaborazione H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

Completano l'indagine alcune prove di permeabilità in foro tipo Le Franc a carico variabile nei sondaggi geognostici, e una singola serie di misure del livello freatico in tre piezometri posti alle estremità monte-valle e EST-OVEST dell'area in esame.

## 2. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA DEL SITO

L'area in esame si colloca nel tratto di pianura occidentale piemontese, inciso dalle valli terrazzate del fiume Sesia ad Ovest e del torrente Agogna ad Est. La superficie topografica locale, in sponda idrografica sinistra del Fiume Sesia, è pianeggiante e debolmente inclinata a Sud, con un gradiente di circa 2,0‰, a una quota altimetrica compresa tra 129 e 126m s.l.m.

Confrontando il progetto con la Carta Geologica d'Italia alla scala di 1:100.000 sul Foglio n°44 "Novara", si evidenzia che gran parte dell'area in esame è attraversata dalla "zona dei fontanili", lungo una linea che va da SUD-OVEST verso NORD-EST; infatti la parte occidentale e settentrionale è cartografata come UNITÀ LITOSTRATIGRAFICA fg<sup>W</sup> costituita da Alluvioni ghiaiose, sabbiose, limose limitate al fondo dei solchi vallivi, secondari e non ricollegatili agli apparati morenici (Pluviale Wurm), mentre la parte orientale e meridionale, a valle della zona dei fontanili è rappresentata da Alluvioni fluvioglaciali ghiaioso-ciottolose (Terrazzi superiori del Ticino) e fluviali prevalentemente sabbioso-limose (a valle del limite settentrionale dei fontanili), con debole strato di alterazione brunastro (Wurm).

La successione stratigrafica locale del sito, osservabile nel dettaglio attraverso la stratigrafia del Pozzo PZ3 di ARPA Piemonte, situato circa 500 m a EST dell'Area in progetto, evidenzia, al di sotto di un orizzonte prevalentemente fine (terreno vegetale), una successione con spessore di circa 20 m costituita da terreni grossolani, sabbie e ghiaie, attribuibili al "COMPLESSO GHIAIOSO-SABBIOSO" depositato su una sottostante unità costituita da un'alternanza di depositi sabbiosi-argillosi attribuibile al "COMPLESSO DELLE ALTERNANZE".

I depositi alluvionali del sottosuolo sono sede di falda freatica e costituiscono un acquifero freatico indifferenziato denominato in letteratura GRUPPO ACQUIFERO A ("acquifero superficiale"); trattasi di un acquifero generalmente libero, ospitato in depositi continentali fluviali, glaciali, fluvio-glaciali, lacustri ed eolici dello spessore massimo di circa 100 m lungo l'asta del Po, costituiti generalmente da ghiaie e sabbie caratterizzate da permeabilità media, alternate a livelli limoso-argilosì a permeabilità molto bassa.

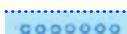
A maggiore profondità si ha il GRUPPO ACQUIFERO B ("acquifero profondo tradizionale"); trattasi di un acquifero multistrato con ridotta continuità dei livelli a bassa permeabilità, ospitato in depositi continentali, con spessori massimi di 700-800 m, costituiti da alternanze discontinue di prevalenti sabbie e ghiaie con peliti.

AREA IN PROGETTO SU STRALCIO DEL FOGLIO N°44 NOVARA  
DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA alla scala di 1:50.000



fg<sup>w</sup>

Alluvioni ghiaiose, sabbiose, limose limitate al fondo dei solchi vallivi secondari e non ricollegabili agli apparati morenici **PLUVIALE WÜRM**. Alluvioni fluvioglaciali ghiaiosi-ciottolose (Terrazzi superiori del Ticinol e fluviali prevalentemente sabbiosi-limose (a valle del limite settentrionale dei fontanili), con debole strato di alterazione brunastro. **WÜRM**.



Limiti della zona dei fontanili.



102 Pozzi per acqua e loro profondità in metri.

### 3. CARATTERIZZAZIONE DEI LITOTIPI E DEFINIZIONE DEL MODELLO IDROGEOLOGICO

Dall'analisi dei sondaggi penetrometrici citati, riportati schematicamente nelle allegate tavole El. 1.11.4.3: UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOLOGICHE dallo studio geologico INNOGEN 05/2020 su planimetria di progetto alla scala 1:2.000, e El. 1.11.4.4: PROFILO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DI INVASO scala orizzontale 1:2.000 - scala verticale 1:20, si rileva un andamento stratigrafico delineato da una coltre superficiale di terreno limoso argilloso o limoso sabbioso fino alla profondità di circa 2,5-3,0 metri; si tratta di un litotipo scarsamente permeabile dove la trasmissività, stimata mediante prove Le Franc in foro di sondaggio, mostra valori molto bassi, intorno a  $1,9 \times 10^{-6}$ m/s.

Il primo sottosuolo è costituito da un deposito sabbioso con ghiaia, fino alla profondità di 4-6 metri dal piano campagna, discretamente permeabile con trasmissività stimata con prove Le Franc intorno a  $1,3 \times 10^{-5}$ m/s; il dato è stato ottenuto da una singola prova in un solo punto di indagine, tuttavia il valore è sufficientemente cautelativo se confrontato con il campo di variabilità proprio di un deposito costituito da una miscela di sabbia pulita e ghiaia, dove la permeabilità è compresa tra  $8,0 \times 10^{-6}$ m/s e  $8,0 \times 10^{-3}$ m/s.

I sondaggi esaminati forniscono quindi informazioni sufficienti sulle caratteristiche geotecniche dell'area, e consentono di abbozzare un profilo idrogeologico di massima per procedere con la progettazione del sistema di laminazione e smaltimento delle acque meteoriche sul suolo.

In tal caso si prevede che il bacino di invaso dovrà essere approfondito fino a circa 2,5 – 3,0 metri dal piano campagna attuale, in modo tale da interessare sempre almeno il tetto dello strato ghiaioso sabbioso del sottosuolo caratterizzato da una permeabilità discreta, sufficiente quindi per consentire la dispersione di una significativa aliquota delle acque meteoriche negli stati superficiali del sottosuolo.

I dati geotecnici vanno confrontati con le informazioni idrogeologiche sulla piezometria dell'acquifero freatico; la rappresentazione cartografica riportata nella citata relazione geologica e geotecnica INNOGEN (ISOPIEZOMETRICHE DELLA FALDA SUPERFICIALE), evidenzia un livello piezometrico con profondità minima di circa un metro dal piano campagna nell'area nord e di circa due metri a sud, con direzione di deflusso verso sud, secondo un gradiente medio intorno al 2,6%.

In tal caso si prevede che tutto il fondo del bacino di laminazione delle acque meteoriche sarà sotto falda freatica nelle fasi di piena dell'acquifero, con spessori della lama d'acqua decrescenti da circa un metro e mezzo nella parte settentrionale e centrale, fino a circa 40 centimetri nella parte meridionale.

Il regime dell'acquifero superficiale freatico è direttamente influenzato dalla conduzione agricola delle coltivazioni risicole nell'area vasta circostante, con la sequenza di riempimenti e svuotamenti delle risaie durante il ciclo colturale; pertanto, oltre alle naturali escursioni stagionali legate alla piovosità e al deflusso dei principali corpi idrici superficiali che attraversano la Pianura, nella stagione irrigua si hanno innalzamenti e abbassamenti piezometrici aggiuntivi di oltre mezzo metro, e abbassamenti anche maggiori, fino a oltre un metro, nella stagione invernale.

I dati piezometrici disponibili per l'area in progetto non sono sufficienti per valutare esattamente l'evoluzione naturale del regime freatico locale, tuttavia data la scarsa soggiacenza dal piano campagna, segnatamente all'estremità nord dell'area in progetto dove in alcuni punti la superficie freatica giace alla profondità di circa 40 centimetri dal piano campagna nello stato attuale, si presume che la geometria della superficie piezometrica sia riferita ad una situazione prossima alle condizioni di massima piena estiva e irrigua.

Si valuta quindi che, pur essendo approfondito fino a circa 2,5-3,0 metri dal piano campagna attuale per consentire l'infiltrazione dell'acqua meteorica nelle ghiaie sabbiose del sottosuolo, il bacino di invaso potrà contenere l'acqua del deflusso meteorico di progetto per un'altezza media di circa un metro e mezzo, visto che la parte inferiore del bacino può essere già occupata da circa un metro d'acqua di risorgiva, anche se occasionalmente e solo nelle fasi di piena della falda freatica.

Il bacino di invaso in progetto è costituito da più sottobacini, con n°3 laghi e n° 7 canali, disposti in serie per uno sviluppo complessivo di circa 2.161 metri; i diversi sottobacini sono separati tra loro da argini in terreno naturale aventi ampiezza di circa 10 metri, ma sono collegati idraulicamente mediante tubazioni interrate Ø1500 e da stramazzi a soglia larga.

Nel complesso si prevede di realizzare tre bacini di invaso principali (BIN-1, BIN-2 e BIN-3) posti su tre diversi livelli idrici, che ricevono le acque meteoriche defluenti dai rispettivi tre bacini imbriferi (BIM-A, BIM-B e BIM-C) in cui è suddivisa l'area di progetto, come illustrato nelle allegate tavole El. 1.11.4.5: SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RETICOLO IDRICO INTERFERENTE E SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE su piano quotato in quattro elementi alla scala di 1:1.000 e El. 1.11.4.6: PROFILO IDRAULICO DEL BACINO DI INVASO scala orizzontale 1:2.000 - scala verticale 1:20.

Dai bacini di invaso principali l'acqua defluisce verso valle, nei bacini sottostanti e nel Cavo Saino utilizzato come corpo idraulico recettore terminale, mediante condotte di scarico a portata controllata e costante; si prevede infatti di bilanciare i volumi idrici e i tempi di trattenuta nell'invaso, al fine di utilizzare tutto il volume di invaso disponibile e per contenere il tempo di svuotamento nelle 48 ore successive al termine della pioggia critica di progetto.

Il calcolo dei volumi idrici e dei relativi tempi di smaltimento è analiticamente illustrato mediante fogli di calcolo nell'allegato El.1.11.4.2.

#### 4. SISTEMAZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFIO MINORE INTERFERENTE

L'area in progetto è attraversata da alcuni corpi idrici superficiali rappresentati dai cavi scolmatori delle piene, nonché dai cavi irrigui e scolanti delle risaie; si tratta prevalentemente di canali in terra, con minori tratti in canalette prefabbricate, e locali scatolari aperti in calcestruzzo per i canali principali, in presenza di numerose e frequenti opere idrauliche come attraversamenti a livello (immissari/emissari), oppure sottopassi, opere di regolazione e traverse di invaso, ponticelli ecc. come illustrato nelle allegate tavole El. 1.11.4.8: INTERFERENZE DEL PROGETTO CON IL RETICOLO IDRICO MINORE su foto aerea zenitale e El. 1.11.4.9 su planimetria catastale.

Detti corpi idrici devono essere conservati e ripristinati nella loro completa funzionalità, anche se si devono apportare modifiche nei tracciati con i necessari adattamenti delle livellette, al fine di mantenere invariato l'uso irriguo e di bonifica del sistema sull'area agricola circostante, come illustrato nelle allegate tavole El. 1.11.4.14: PIANO DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI CORPI IDRICI SUPERFICIALI su foto aerea zenitale alla scala di 1:2.000 e El. 1.11.4.15 su planimetria catastale.

Per progettare l'intervento di sistemazione idraulica del sito si è proceduto con uno studio idrologico basato su un accurato rilevamento topografico alla scala di 1:200; utilizzando le sezioni rappresentative dei canali e i relativi gradienti mediati, sono state ricostruite le caratteristiche geomorfologiche dei cavi in esame, necessarie per le valutazioni idrauliche dello stato attuale.

I nuovi canali dovranno quindi essere realizzati con sezioni e gradienti tali da consentire le medesime portate idriche con le stesse funzionalità idrauliche dei canali esistenti; dato che la sistemazione richiede un sensibile aumento dei rispettivi tracciati, il gradiente idraulico ridotto sarà compensato mediante la sostituzione dei canali in terra con canalette prefabbricate o canali in calcestruzzo, e aumentando le sezioni ove necessario.

Saranno quindi ricostruite, e aumentate, le quote di massimo invaso per il Cavo Repasso (irrigatore), che deve avere un carico idraulico di almeno 20-30 centimetri rispetto al piano di sommissione delle risaie servite. Saranno altresì ricostruite le quote minime di fondo canale per il Cavo Toppie (colatore), che deve avere una depressione di almeno 20-30 centimetri rispetto al piano di coltivazione delle risaie stesse.

Dallo studio idrologico si evidenzia che i corpi idrici principali da modificare a seguito della trasformazione di uso del suolo in progetto sono i seguenti:

- a. Il Cavo Saino (scolmatore delle piene a monte) scende da Cascina Toppie in direzione SUD e attraversa l'area in progetto nella zona del PARCHEGGIO NORD con alveo in terra per circa 385m con un gradiente idraulico del 2,50%, quindi scorre in fregio alla strada di urbanizzazione della zona industriale, con un gradiente medio del 1,90%, per immettersi infine nello Scaricatore Dell'Osia detto Roggia Morta in prossimità del PARCHEGGIO SUD, come illustrato nella tavola El. 1.11.4.10: PROFILO IDROLOGICO E SEZIONI TIPO DEL CAVO SAINO NELLO STATO ATTUALE.

- b. Il Cavo Repasso (irrigatore delle risaie mediante sbarramenti e invasi) attraversa l'area in progetto nella zona di SUD-OVEST con alveo in terra per circa 670m e con un gradiente idraulico del 1,26%, dalla strada Vicinale Repasso fino alla Strada Vicinale Bagnù Inferiore nei pressi della Tangenziale, dove riceve le acque di scarico del Cavo Toppie in corrispondenza della derivazione idraulica irrigua denominata San Carlo, come illustrato nella allegata tavola El. 1.11.4.11: PROFILO IDROLOGICO E SEZIONI TIPO DEL CAVO REPASSO NELLO STATO ATTUALE CON LA DERIVAZIONE SAN CARLO.
- c. Il Cavo Toppie (colatore) inizia presso il Cavo Saino a NORD e quindi attraversa l'area in progetto da NORD verso SUD lungo la Strada Vicinale Bagnù Inferiore con alveo in terra per circa 582m e con un gradiente idraulico modale del 1,01%, per immettersi infine nel Cavo Repasso in prossimità del PARCHEGGIO SUD, come illustrato nella tavola El. 1.11.4.12: PROFILO IDROLOGICO E SEZIONI TIPO DEL CAVO TOPPIE CON IMMISSIONE NEL CAVO REPASSO: STATO ATTUALE.
- d. Il Cavo Toppie DIVERSIVO che si dirama dal Cavo Toppie all'interno dell'area di progetto e attraversa l'area stessa da OVEST verso EST fino all'immissione nel Cavo Saino, lungo la strada di lottizzazione esistente, per uno sviluppo di circa 261m e con un gradiente idraulico medio del 2,40% come illustrato nella tavola El. 1.11.4.13: PROFILO IDROLOGICO E SEZIONI TIPO DEL CAVO TOPPIE CON RAMO DIVERSIVO NEL CAVO SAINO: STATO ATTUALE.

Il Cavo Saino, scolmatore delle piene a monte, deve necessariamente attraversare l'area in progetto da NORD verso SUD, e quindi sarà ricostruito con un nuovo canale a cielo aperto nell'area verde al contorno del PARCHEGGIO NORD e in fregio alla nuova pista ciclopedinale, come illustrato nella tavola El. 1.11.4.16:PROFILO IDROLOGICO E SEZIONI TIPO DEL CAVO SAINO CON LA DEVIAZIONE IN PROGETTO. Il nuovo Cavo Saino avrà un tracciato più lungo rispetto all'attuale, passando da circa 385m a circa 556m, ma eliminando il salto di quota iniziale di circa mezzo metro nell'edificio regolatore, tra le sezioni S-5 e S-6, manterrà sostanzialmente invariata la livelletta, con un generale miglioramento del sistema, dato che il nuovo tratto in canaletta prefabbricata andrà a sostituire un tratto con alveo in terra.

In tal caso, la portata idrica di piena nello stato attuale, stimata in  $2,31\text{m}^3/\text{s}$  con altezza della vena idrica di 0,90m e velocità di flusso di  $1,18\text{m}/\text{s}$ , sarà ricostruita dal nuovo canale in progetto dotato di una identica portata idrica di piena ( $2,32\text{m}^3/\text{s}$ ) ma con altezza della vena idrica di 0,76m e velocità di flusso di  $2,08\text{m}/\text{s}$ .

Il Cavo Repasso, corpo idrico irriguo con locali sostegni a traversa mobile per costituire invasi temporanei, deve essere conservato e spostato lungo il perimetro dell'area in progetto, in modo da consentire la coltivazione delle risaie circostanti, sia sul lato NORD-OVEST sia a valle della Tangenziale a SUD, come illustrato nella tavola El. 1.11.4.1.17: PROFILO IDROLOGICO E SEZIONI TIPO DEL CAVO REPASSO IN PROGETTO CON LA DERIVAZIONE SAN CARLO.

Tutto il tratto da sostituire è rappresentato da un canale in terra con una livelletta di circa l'1,26% per uno sviluppo di circa 513m, e da un tratto di circa 75m in scatolare aperto con una livelletta di circa l'8,28%, per uno sviluppo complessivo di circa 588m; a questo tratto sarà aggiunto, come opera compensativa, un ulteriore tratto di circa 81m a monte, in modo da sostituire tutta la tratta del canale attualmente con alveo in terra.

Il nuovo canale in progetto sarà realizzato mediante scatolare aperto per uno sviluppo complessivo di circa 846m con sponde alte 1,5m rispetto agli attuali 1,3m e avrà una livelletta identica a quella esistente (1,26‰) fino al rilevato della tangenziale, e di circa il 2,68‰ fino al rientro nel Cavo attuale.

La derivazione idraulica irrigua denominata San Carlo, ubicata all'interno dell'area in progetto nel tratto terminale del Cavo Repasso, sarà ricostruita alla distanza di circa 72m verso valle rispetto alla derivazione esistente, mantenendo inalterate le quote di fondo e i tiranti idrici.

Il nuovo Cavo Repasso sarà dotato di caratteristiche idrauliche migliorative nei riguardi del sistema irriguo, infatti la portata idrica di piena nello stato attuale con alveo in terra, stimata in 3,50m<sup>3</sup>/s con altezza della vena idrica di 1,17m e velocità di flusso di 1,07m/s, sarà ricostruita dal nuovo canale in progetto dotato di una identica portata idrica di piena (3,53m<sup>3</sup>/s) ma con altezza della vena idrica di 0,67m e velocità di flusso di 1,32m/s, con riferimento al tratto iniziale con inclinazione minore ( $i=1,26\%$ ).

Inoltre si segnala che il tracciato del nuovo canale in progetto presenta due curve a gomito, delle quali una è circolare a largo raggio di curvatura, e un flesso con doppia deviazione di 38°, contro le attuali sei curve a gomito presenti attualmente nel medesimo tratto, per cui non sono prevedibili ulteriori significative perdite di carico rispetto al valore di calcolo monodimensionale. Il nuovo canale sarà dotato delle necessarie traverse mobili di sostegno temporaneo per l'irrigazione e per la derivazione idraulica irrigua denominata San Carlo.

Analogamente, anche il Cavo Toppie (colatore) deve essere conservato e spostato lungo il perimetro dell'area in progetto, per consentire lo svuotamento delle risaie circostanti sul lato NORD-OVEST; dall'analisi delle livellette idrauliche si evidenzia che l'immissione nel Cavo Repasso non è più possibile, dato che l'attraversamento dell'area in progetto allunga eccessivamente il tracciato rispetto alla situazione attuale, per cui lo scarico sarà deviato nel Cavo Saino, come avviene attualmente per il Cavo Toppie Diversivo, attraversando l'area verde e l'area di parcheggio sul lato SUD dell'area in progetto, come illustrato nella tavola El. 1.11.4.18: PROFILO IDROLOGICO E SEZIONI TIPO DEL NUOVO CAVO TOPPIE MODIFICATO CON IMMISSIONE NEL CAVO SAINO.

Il canale colatore attuale, con alveo in terra per uno sviluppo di 582m e gradiente modale di 1,01‰ per circa 482m, con un gradiente medio di 1,41‰, ha una portata utile di scolo stimata in 0,06m<sup>3</sup>/s con altezza della vena idrica di 0,30m, sufficiente per lo scolo delle risaie, cui corrisponde una velocità di flusso di 0,34m/s.

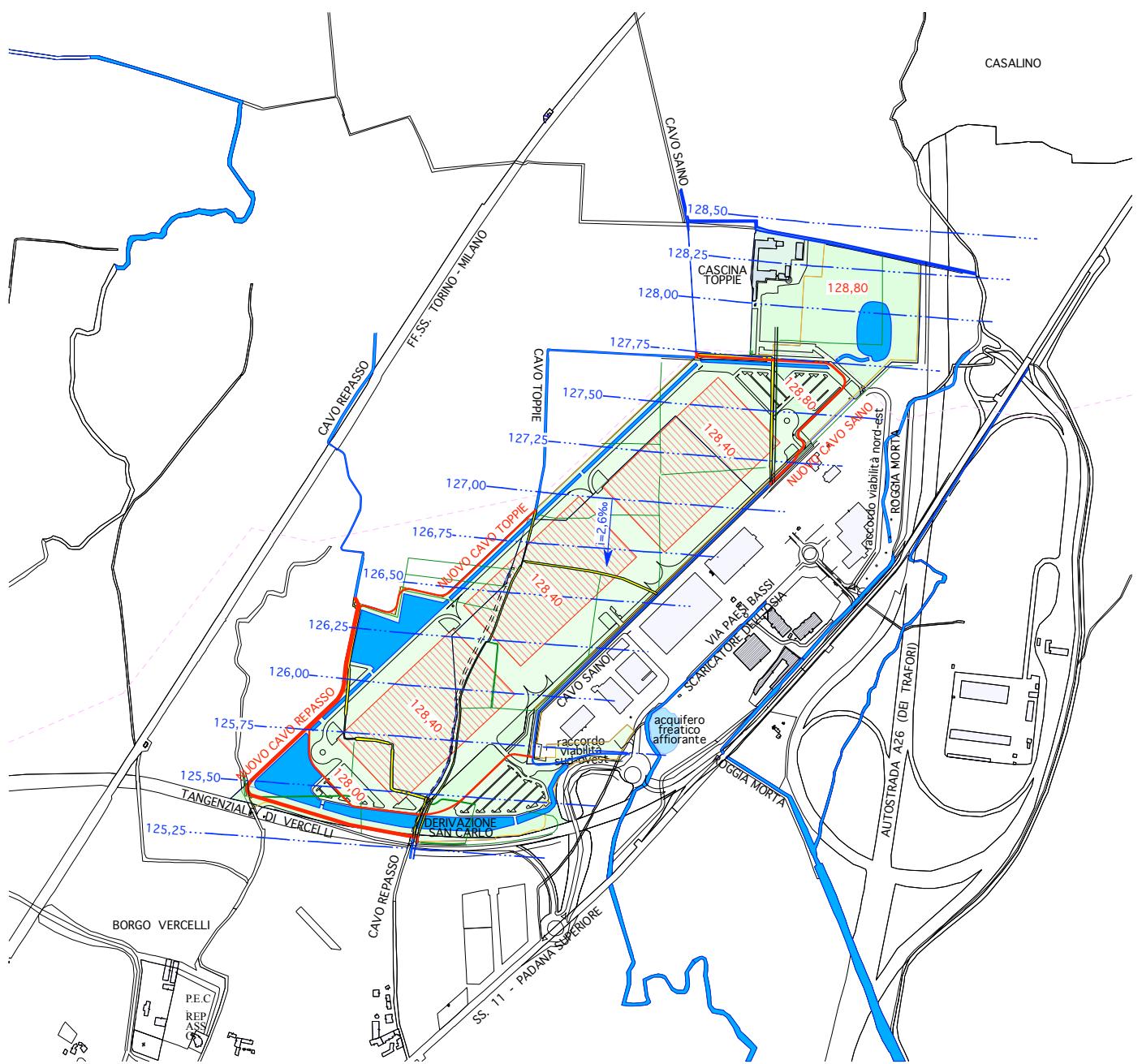
Il nuovo Cavo Toppie in progetto sarà realizzato mediante canaletta prefabbricata per uno sviluppo complessivo di circa 1.234m e avrà una livelletta quasi identica a quella modale del cavo esistente (1,00‰); il nuovo canale sarà dotato di una portata idrica di scolo e velocità di flusso doppie rispetto alla precedente, rispettivamente 0,12m<sup>3</sup>/s e 0,66m/s, ma con altezza della vena idrica di 0,20m, e quindi con una maggiore capacità di scolo rispetto a quella attuale.

Per consentire lo scolo delle risaie come nelle attuali condizioni, saranno realizzati cinque sottopassi del Nuovo Cavo Repasso in aderenza, mediante idonea botte a sifone.

Infine si segnala che il tracciato del nuovo canale in progetto presenta sette curve a largo raggio, contro le attuali tre curve a gomito, con frequenti cambi di sezione, nel medesimo tratto fino all'immissione nel cavo Repasso, per cui non sono prevedibili ulteriori significative perdite di carico rispetto al valore di calcolo monodimensionale.

Sui nuovi Cavi Saino e Toppie sono previsti attraversamenti stradali; in tali casi le sezioni presentano un raggio idraulico maggiore rispetto a quello delle sezioni correnti, quindi senza provocare particolari perdite di carico.

**SISTEMAZIONE DEL RETICOLO IDRICO MINORE  
NEI TRATTI INTERFERENTI CON IL PROGETTO**  
schema planimetrico alla scala di 1:10.000



## 5. VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA E IDROLOGICA

### 5.1 IMPERMEABILIZZAZIONE POTENZIALE IN PROGETTO

L'area in esame investe una superficie complessiva di circa 40ha, per cui con l'intervento di trasformazione urbanistica in progetto si dovrà procedere con una dettagliata analisi per la valutazione delle acque meteoriche defluenti dalle superfici impermeabilizzate, al fine di non incidere con effetti negativi o comunque indesiderati sul sistema idrogeologico locale. Nel progetto sono previste strade e parcheggi pavimentati impermeabili per circa 13ha, aree a verde per circa 12ha, superfici coperte da fabbricati per circa 15ha; complessivamente le superfici impermeabilizzate rappresentano il 70% della superficie in progetto.

Il progetto di trasformazione urbanistica in esame prevede quindi una significativa impermeabilizzazione potenziale, per cui è necessario valutare attentamente i volumi ed i tiranti idrici dell'invaso, la quantità d'acqua che si può infiltrare nello strato superficiale del sottosuolo nella fase di riempimento durante la pioggia critica, e la portata del deflusso idrico alla sezione di scarico a valle, in modo da garantire l'invarianza idraulica dell'area in progetto, contenendo la portata massima effluente sotto ai valori del deflusso meteorico valutabile nello stato precedente l'urbanizzazione.

### 5.2 SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE

Data la conformazione geomorfologica dell'area, posta su una superficie perfettamente pianeggiante, con il terreno di copertura superficiale scarsamente permeabile, ma con lo strato superiore del sottosuolo discretamente permeabile, a partire dalla profondità di circa 2,5-3,0 metri dal piano campagna attuale, si prevede di invasare le acque meteoriche all'interno di un bacino di invaso costituito da laghi e canali in serie continua da monte verso valle lungo il confine OVEST e SUD fino all'immissione nel Cavo Saino.

Sarà tuttavia necessario approfondire il bacino di invaso fino a circa 2,5-3,0 metri dal piano campagna attuale, al fine di raggiungere lo strato ghiaioso sabbioso permeabile con una superficie sufficientemente ampia, per cui la sezione tipo dell'invaso nei canali è prevista con larghezza prevista di circa 6,0 metri e profondità massima fino a circa 2,7 metri dal ciglio superiore, con sponde inclinate  $1/1$ ; nei laghi, dove la larghezza modale è di alcune decine di metri e la profondità arriva fino a circa 3,7 metri dal ciglio superiore, le sponde avranno un'inclinazione minore, intorno a  $1/2$  (circa  $26^\circ$  sull'orizzontale), come illustrato nella allegata tavola El. 1.11.4.7: SEZIONI TIPO DEL BACINO DI INVASO.

Solo così, durante la pioggia critica, si potrà smaltire una parte discreta dell'acqua meteorica per infiltrazione nel sottosuolo sabbioso-ghiaioso discretamente permeabile; inoltre, al termine della pioggia critica l'invaso si svuoterà in meno di 48 ore per dispersione nel sottosuolo e solo una parte minore defluirà nel Cavo Saino attraverso uno scarico a bocca tarata con portata costante.

Altrimenti, un invaso profondo uno o due metri è praticamente "annegato" all'interno della coltre superficiale di terreno limoso argilloso o limoso sabbioso sostanzialmente impermeabile, che, come si è detto in precedenza, è presente fino alla profondità di circa 2,5-3,0 metri dal piano campagna attuale.

In quest'ultimo caso il contributo dello smaltimento idrico per infiltrazione sarebbe irrilevante, per cui dopo il termine della pioggia critica il bacino si svuoterebbe molto lentamente e, per ripristinare il volume utile di invaso entro le 48 ore si dovrebbe immettere una parte considerevole dell'acqua meteorica nel Cavo Saino, con quantità non ammissibili dal corpo idrico stesso, e presumibilmente anche con scolo mediante sollevamento meccanico.

### 5.3 TEMPO DI CORRIVAZIONE BEL BACINO SCOLANTE E PIOGGIA CRITICA

Le caratteristiche planimetriche del bacino imbrifero artificiale creato dalla urbanizzazione in progetto, applicate alle formule di Ventura e Pezzoli, danno un tempo di corrivazione di circa 118m', con un risultato sostanzialmente identico tra i due Autori. Tale parametro, nonostante il suo ampio utilizzo nelle valutazioni idrauliche, presenta numerose incertezze nella definizione e nelle procedure di calcolo ma, dato che il tempo di corrivazione si assume come durata della pioggia critica di progetto, è comunque un dato necessario per ottenere una stima discreta della massima pioggia di progetto.

Con il metodo razionale si stima che la portata massima defluente da un bacino imbrifero sia raggiunta quando alla sezione di sbocco arrivano tutti i contributi idrici del bacino stesso; questo intervallo temporale, ritardo o tempo di corrivazione, è assunto come elemento caratteristico del bacino, anche se con una definizione non del tutto soddisfacente a causa della schematicità della rappresentazione.

Infatti, se si accetta lo schema proposto, anche la durata del processo di esaurimento del deflusso nel bacino imbrifero, cronometrata a partire dal termine della pioggia, è pari al tempo di corrivazione (L. Da Deppo et alii, 1995).

In tal caso, dato che il bacino di laminazione è destinato a rallentare i deflussi in uscita, nell'ipotesi che la durata della pioggia critica corrisponda al ritardo di corrivazione si dovrà fare riferimento ad una pioggia critica avente durata corrispondente al tempo di svuotamento dell'invaso per la parte sovrastante la soglia di scarico terminale nel Cavo Saino.

#### 5.4 STIMA DELL'AFFLUSSO METEORICO MASSIMO DI PROGETTO

Dall'esame dell'Atlante delle piogge intense in Piemonte, utilizzando il modello probabilistico GEV (Generalized Extreme Value) dell'Arpa, si ricava l'altezza delle piogge previste per un assegnato tempo di ritorno con durate da 10 minuti a 72 ore.

Poiché una parte considerevole del deflusso idrico sarà smaltita negli strati superficiali del sottosuolo all'interno dell'area in progetto, prevedendo una minore parte di deflusso di troppo pieno all'esterno, si adotta cautelativamente un tempo di ritorno di 100 anni, quindi con una pioggia critica di elevata quantità, al fine di dimensionare le opere di controllo e smaltimento delle acque meteoriche con un sufficiente grado di sicurezza.

Nella valutazione idraulica si analizzano e si confrontano i volumi delle acque meteoriche che defluiscono dalle coperture degli edifici, dalle strade, dai parcheggi, dalle baie di carico e dalle aree verdi, utilizzando i valori dei coefficienti di deflusso convenzionalmente assunti con 1,0 per le superfici impermeabili, 0,7 per le superfici semipermeabili (pavimentazioni drenanti), 0,3 per le aree verdi di neoformazione, 0,0 per le aree verdi intatte con permeabilità profonda.

Considerando una pioggia massima di 222mm in 72 ore il volume totale di afflusso idrico sarà di circa 64.000m<sup>3</sup> d'acqua; si prevede quindi di trattenere e smaltire sul posto la maggior parte dell'acqua piovana mediante un bacino di invaso con volumetria idonea e dotato di una discreta capacità disperdente negli strati superficiali del sottosuolo.

#### 5.5 INVASO PER LA LAMINAZIONE DELLE PIENE DI PROGETTO

Il bacino di invaso utilizza il volume libero tra la zona satura del sottosuolo, corrispondente al livello piezometrico di massima piena dell'acquifero, e il livello di massimo invaso, al netto di un franco idraulico di 20 centimetri tra il livello del colmo dell'invaso e il piano campagna circostante nello stato attuale.

Data la modesta soggiacenza della falda freatica, il volume utile, nella fase di massima piena dell'acquifero, è compreso tra circa mezzo metro nel bacino di invaso n°1, fino a circa 2 metri nel bacino di invaso n°3, per complessivi circa 61.000m<sup>3</sup>, compresa la capacità di invaso delle condotte pluviali e caditoie stradali, e degli impianti di disoleazione e dissabbiatura per il trattamento delle acque di prima pioggia.

Con il volume di invaso suddetto risulta che la capacità del sistema è ampiamente idonea per contenere la pioggia massima persistente di 48 ore, riferita ad un tempo di ritorno di 100 anni, senza contabilizzare l'infiltrazione e lo scarico a valle durante l'evento meteorico

## 5.6 STIMA DELLA DISPERSIONE IDRICA PER INFILTRAZIONE NEL SUOLO

Per stimare la capacità di smaltimento delle acque meteoriche per infiltrazione negli strati superficiali del sottosuolo, attraverso il fondo dei bacini di invaso, si fa riferimento al sottosuolo superficiale (strato ghiaioso sabbioso), presente su gran parte dell'area in esame alla profondità di circa 2,5-3,0 metri dal piano di campagna attuale.

Infatti mentre la coltre superficiale di terreno limoso argilloso è scarsamente permeabile, con  $k=1,86 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ , lo strato ghiaioso sabbioso del sottosuolo superficiale è caratterizzato da una permeabilità discreta, stimata con  $k=1,27 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ .

La permeabilità del sottosuolo drenante, da utilizzare nel calcolo dello smaltimento idrico dell'invaso, è stata definita mediante una sola prova LeFranc in un singolo foro di sondaggio; dato che il coefficiente di permeabilità incide pesantemente sulle valutazioni idrodinamiche dell'invarianza idraulica, si fa riferimento ad un valore ridotto della metà.

Inoltre, la capacità di infiltrazione dell'acqua negli strati superficiali del sottosuolo, attraverso il bacino di invaso, durante e dopo il termine della pioggia critica, è calcolata considerando cautelativamente solo l'area del fondo disperdente, stimato in circa  $22.000 \text{ m}^2$ , senza tener conto della proiezione zenitale delle sponde per la parte incastrata nel sottosuolo ghiaioso sabbioso discretamente permeabile.

## 5.7 DEFLUSSO MASSIMO DI SCARICO IMMESSO NEL CAVO SAINO

I tre bacini di invaso scaricano le acque in eccesso verso valle attraverso bocche tarate con portata costante ubicata ad una quota tale da trattenere il maggior volume d'acqua, ma sufficienti per consentire la distribuzione equalizzata su tutto il sistema di invaso senza rischio di esondazioni o emergenze idriche localizzate.

In particolare, dal bacino BIN-1 al bacino BIN-2 lo scarico a portata costante è tarato a  $8,0 \text{ L/s}$  sulla quota di  $128,10 \text{ mslm}$  dove i piazzali sono posti alla quota di  $128,80 \text{ mslm}$ , mentre dal bacino BIN-2 al bacino BIN-3 lo scarico a portata costante è tarato a  $80,0 \text{ L/s}$  sulla quota di  $127,50 \text{ mslm}$  dove i piazzali sono posti alla quota di  $128,40 \text{ mslm}$ ; dal bacino BIN-3 allo scarico terminale nel Cavo Saino la bocca è tarata alla portata costante di  $100,0 \text{ L/s}$  sulla quota di  $127,50 \text{ mslm}$ , dove i piazzali sono posti alla quota di  $128,00 \text{ mslm}$ .

In tal caso la massima portata di scarico è stimabile in circa  $360 \text{ m}^3/\text{h}$  durante la fase di colmo del bacino di laminazione, nel periodo relativamente breve precedente e successivo al termine della pioggia, quando il livello idrico invasato si trova ad una quota più alta della soglia di scarico.

## 5.8 BILANCIO IDROLOGICO PER LA PIOGGIA CRITICA DI PROGETTO

La portata massima del deflusso idrico verso l'esterno nel reticolo idrografico locale, rappresentato dal Cavo Saino, sarà di 100L/s per un tempo di scarico limitato ad alcune ore intorno al termine dell'evento meteorico di progetto, e si annullerà quando il battente idraulico scenderà sotto la soglia di scarico per cui lo svuotamento proseguirà solamente per infiltrazione nell'acquifero freatico superficiale.

Dopo il termine della pioggia, la dispersione idrica per infiltrazione proseguirà per circa 36 ore [rif. tabella 8-b] fino al completo smaltimento delle acque meteoriche, in un sottosuolo caratterizzato da una permeabilità media opportunamente ridotta ( $6,35 \cdot 10^{-6}$  m/s), con un parametro geotecnico sufficientemente rappresentativo della possibile variabilità locale; in tal caso lo svuotamento del bacino di laminazione avviene in un tempo sufficiente per ripristinare la capacità di invaso entro le 48 ore che statisticamente separano due eventi meteorici intensi, come prescritto anche da norme e regolamenti regionali. In tal caso la pioggia critica di progetto che maggiormente impegna il sistema dell'invarianza idraulica è un evento meteorico di 144mm per una durata di 12 ore.

Per confronto si riportano anche le valutazioni puramente accademiche dove si utilizza una permeabilità con valore intero ( $1,27 \cdot 10^{-5}$  m/s), per la quale si calcola lo svuotamento dell'invaso in circa 14 ore [rif. tabella 8-a], a fronte di una pioggia critica di circa 130mm in 5 ore, e con permeabilità ridotta di tre volte ( $4,23 \cdot 10^{-6}$  m/s) dove si calcola lo svuotamento completo del bacino di laminazione in circa 61 ore [rif. tabella 8-c], a fronte di una pioggia critica di circa 177mm in 24 ore.

Questi due ultimi casi sono da considerarsi altamente improbabile perché è impensabile che un bacino di laminazione avente uno sviluppo lineare di quasi due chilometri e mezzo sia tutto impostato sul sottosuolo ghiaioso discretamente permeabile o, rispettivamente, sul sottosuolo argilloso quasi impermeabile, data la variabilità naturale dello spessore dello strato superficiale e delle caratteristiche geotecniche del primo sottosuolo.

Pertanto il sistema di smaltimento previsto è idoneo nei riguardi dell'invarianza idrologica e idraulica del sito in progetto, con un bilancio idrogeologico sufficientemente cautelativo anche se in presenza di una non completa definizione stratigrafica e geotecnica dei terreni di copertura superficiale e degli strati superiori del sottosuolo.

In condizioni "asciutte" i bacini di invaso "vuoti" saranno sostanzialmente degli stagni freatici, indipendenti e privi di collegamenti tra loro, con il livello idrico corrispondente alla media del livello freatico locale a monte e a valle del bacino stesso.

## 6. RIASSUNTO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova area urbanizzata su una superficie complessiva di circa 40ha. L'area in progetto è ubicata nella pianura occidentale piemontese nell'ambito del "Livello fondamentale della Pianura", dove l'ambiente geologico è costituito da depositi alluvionali fluviali e fluvioglaciali, composti nella parte superficiale da banchi di ghiaia e ghiaia sabbiosa, alternati a strati limoso argilloso o limoso sabbioso, con una coltre di alterazione superficiale limoso argillosa brunastra potente circa 2-3 metri.

Nel sottosuolo è presente una falda freatica con la superficie piezometrica alla profondità di circa 2 metri dal piano campagna. Lo studio idrogeologico si basa sulla relazione geologica e geotecnica dello studio geologico INNOGEN del maggio 2020 con n°3 sondaggi geognostici, n°12 sondaggi penetrometrici dinamici, un'indagine geofisica, prove di permeabilità in foro tipo Le Franc e una singola serie di misure del livello freatico in tre piezometri.

L'andamento stratigrafico evidenzia una coltre superficiale di terreno limoso argilloso o limoso sabbioso scarsamente permeabile fino alla profondità di circa 2,0-2,5 metri. Il primo sottosuolo è costituito da un deposito sabbioso con ghiaia discretamente permeabile, con trasmissività stimata mediante prove Le Franc in  $1,27 \times 10^{-5}$  m/s, fino alla profondità di 4-6 metri dal piano campagna,

Dalla citata relazione geologica e geotecnica si ricava che la superficie piezometrica giace alla profondità minima di circa un metro dal piano campagna nell'area nord e di circa due metri a sud, con direzione di deflusso verso sud, secondo un gradiente medio intorno al 2,5‰.

Pertanto il bacino di invaso dovrà essere profondo circa 2,5-3,0 metri dal piano campagna attuale, fino al tetto dello strato ghiaioso sabbioso discretamente permeabile, per consentire la dispersione di una parte significativa delle acque meteoriche negli stati superficiali del sottosuolo.

L'area in progetto è attraversata da corpi idrici superficiali rappresentati dai cavi scolmatori, irrigui e scolanti delle adiacenti aree coltivate a risaia.

Il Cavo Saino (scolmatore delle piene a monte) che scende da Cascina Toppie in direzione SUD attraversando l'area in progetto per uno sviluppo di circa 385 metri con un alveo in terra, sarà ricostruito all'interno dell'area di parcheggio NORD mediante una canaletta prefabbricata di idonea sezione per uno sviluppo di circa 556 metri, mantenendone inalterata la capacità di portata del deflusso idrico.

Il Cavo Repasso (irrigatore) che attraversa l'area in progetto per uno sviluppo di circa 670 metri con un alveo quasi completamente in terra, sarà ricostruito al contorno del bacino di laminazione sui lati OVEST e SUD, mediante uno scatolare aperto in cls in opera di idonea sezione per uno sviluppo di circa 846 metri, mantenendone inalterata la capacità di portata del deflusso idrico. Una parte del Cavo Repasso, esterna all'area di progetto e con alveo on terra per uno sviluppo di circa 81 metri, sarà ricostruita come opera compensativa nell'ambito del miglioramento del sistema idrogeologico locale.

Il Cavo Toppie (colatore) si presenta con due rami distinti; il primo ramo attraversa l'area in progetto da NORD verso SUD per uno sviluppo di circa 582 metri con un alveo in terra, e quindi si immette nel Cavo Repasso ancora nell'area di progetto a SUD; il secondo ramo attraversa l'area in progetto da OVEST verso EST per uno sviluppo di circa 261 metri con un alveo in terra, e quindi si immette nel Cavo Saino nei pressi del confine EST.

Il Cavo Toppie sarà ricostruito al contorno del bacino di laminazione e in fregio al Cavo Repasso sul lato OVEST, e al contorno dell'area di parcheggio SUD, mediante una canaletta prefabbricata di idonea sezione per uno sviluppo di circa 1.234 metri, mantenendone inalterata la capacità di portata del deflusso idrico.

Per la valutazione della compatibilità idraulica e idrologica del progetto si stima una significativa impermeabilizzazione potenziale, per cui è necessario invasare le acque meteoriche all'interno di un idoneo bacino di laminazione, costituito da bacini di invaso formati da laghi e canali in serie continua da NORD verso SUD lungo il confine OVEST e SUD del sito.

Dall'esame dell'Atlante delle piogge intense in Piemonte, secondo il modello probabilistico GEV (Generalized Extreme Value) dell'Arpa, si considerano le possibilità di pioggia critica di progetto con tempo di ritorno di 100 anni, in un campo di valori compreso tra una pioggia molto intensa di 45mm in 10 minuti primi, e una pioggia molto persistente di 230mm in quattro giorni. In tal caso l'afflusso meteorico è stimato in un campo di valori compreso tra 13.000 e 66.000 metri cubi d'acqua.

A fronte del suddetto afflusso meteorico è prevista una capacità di invaso complessiva del sistema pari a circa 61.000 metri cubi, in condizioni di massima piena dell'acquifero freatico, formata dalle condotte di scarico dei pluviali e delle caditoie, dagli impianti di prima pioggia, e dai bacini di laminazione con gli invasi disperdenti.

L'infiltrazione dell'acqua negli strati superficiali del sottosuolo è stimata con una portata complessiva media di circa 850m<sup>3</sup>/h, considerando solo la superficie disperdente del fondo del bacino di laminazione, e un coefficiente di permeabilità medio dello strato superficiale del sottosuolo pari a  $6,35 \times 10^{-6}$  m/s, corrispondente alla metà del valore rilevato mediante prove di permeabilità in foro.

Una parte dell'acqua invasata potrà defluire nel Cavo Saino, attraverso una bocca tarata con scarico costante di 100L/s, sulla soglia prevista alla quota di 126,50mslm; in tal caso lo scarico nel Cavo Saino defluisce per circa 3 ore durante la pioggia critica di progetto. Sommando lo scarico e l'infiltrazione durante e dopo il termine di una pioggia della durata di circa 12 ore, il bacino di laminazione si svuota in un tempo massimo di circa 36 ore dopo il termine della pioggia stessa.

In conclusione, il deflusso meteorico in progetto sarà smaltito con un bilancio idrogeologico ampiamente cautelativo, senza rischio di allagamenti e senza provocare effetti negativi sul deflusso idrico meteorico nell'area circostante.

## 7. PROGRAMMA DI GESTIONE E MANUTENZIONE

Sulle vie d'acqua del presente piano di sistemazione, qualora siano ubicate all'interno dell'area in progetto, saranno impedisce a cura del Proprietario:

- la realizzazione di opere di qualsiasi genere che impediscano il regolare deflusso delle acque, o che comportino la riduzione dell'invaso disponibile per l'acqua di pioggia;
- il deposito o l'ingombro della via d'acqua in modo stabile con materiali di qualsiasi tipo;
- lo scarico di acque diverse da quelle piovane se non autorizzate dall'ente tutore;
- l'esecuzione di nuove opere di scarico di reti fognarie acque nere e/o piovane senza la preventiva autorizzazione dell'Ente tutore e degli Enti gestori degli Scoli consorziali;
- l'impiego di prodotti chimici diserbanti nell'alveo del fosso e lungo il margine delle rive per una fascia di 2,00 metri di larghezza da ambo i lati.

Al fine di accertare fatti nuovi, l'insorgere di anomalie, e comunque per tenere sotto controllo lo stato della rete minore e dei bacini di laminazione all'interno dell'area, il Proprietario disporrà e attuerà un proprio piano d'ispezione e controllo, adeguato all'importanza degli elementi e manufatti idraulici della rete di drenaggio, mediante un vero e proprio piano con cadenze temporali prestabilite.

In particolare si provvederà a controllare lo stato di funzionamento delle bocche tarate di scarico a portata costante poste a valle dei bacini di invaso.

Inoltre la manutenzione ordinaria sarà eseguita da parte del Proprietario per i tratti e gli elementi della rete minore di bonifica defluenti all'interno dell'area.

La manutenzione ordinaria sarà soggetta all'attività di vigilanza degli Enti preposti, al fine di verificare la corretta applicazione di tutte le indicazioni e le modalità dettate dalla buona pratica di manutenzione.

L'obbligo di manutenzione ordinaria prevede altresì le seguenti attività:

- a. il taglio dell'erba sulle sponde e cigli del bacino di laminazione all'interno del fondo privato, almeno due volte all'anno (indicativamente in maggio e in settembre);
- b. tenere pulite le luci dei ponti e i tombinamenti almeno una volta l'anno;
- c. rimuovere al bisogno e prontamente alberi, tronchi e rami di proprietà che per qualsiasi causa cadano nel canale;
- d. recidere i rami delle piante e delle siepi poste nei propri fondi e limitrofe ai canali;
- e. mantenere in buono stato di conservazione i ponti e le altre opere d'arte;
- f. eliminare opere di scarico non autorizzate e non rispondenti ai vigenti Regolamenti,

Come manutenzione straordinaria sulla rete minore di bonifica all'interno della proprietà e sul bacino di laminazione si prevedono le seguenti attività:

- a. interventi che richiedono mezzi e apprestamenti di importanza particolare, come scavi, ponteggi, gru, allestimenti impiantistici, ecc.;
- b. interventi che comportano la sostituzione integrale di opere idrauliche quando non sia possibile o conveniente la riparazione.

Questi interventi, da eseguirsi a cura del Proprietario possono essere prescritti dall'ente tutore, che ne curerà anche la vigilanza. In rapporto al livello di importanza degli interventi, le modalità esecutive, l'organizzazione e la tempistica dell'esecuzione dovranno essere preventivamente concordate con l'ente tutore, con espressa autorizzazione.

L'accesso all'area privata dovrà essere garantito al personale dell'ente tutore ed al personale tecnico comunale per le finalità di controllo e manutenzione; non potrà in particolare essere impedito l'accesso alla proprietà privata, anche con mezzi meccanici, per effettuare i rilievi e gli interventi necessari.

Il personale dell'ente tutore dovrà aver diritto di percorrere liberamente i canali ed i fossi di scolo privati lungo le relative arginature: per questo motivo il Proprietario è obbligati ad eliminare ogni ostacolo che impedisca o renda meno agevole il libero transito e deve mantenere sempre falciate le erbe nascenti su dette zone di transito.

Per garantire il corretto mantenimento dell'esercizio della rete minore di bonifica, gli interventi di scarico del bacino di laminazione nelle vie d'acqua private o di enti pubblici dovranno essere eseguiti con particolare attenzione.

In via generale, tutti i nuovi collegamenti idraulici andranno dotati di opportuna difesa, in scogliera, con palificate in legno o altri apprestamenti, per evitare l'erosione e lo smottamento delle sponde o la compromissione del fondo, e la conseguente introduzione di terra nella via d'acqua.

In caso di scarico nella rete consortile, il Proprietario dovrà preventivamente ottenere formale concessione, ed ottemperare ai relativi indirizzi e prescrizioni per la costruzione e la manutenzione, che saranno a cura e spesa del concessionario medesimo.