



COMUNE DI BRESCIA

PIANO ATTUATIVO COPAN PARK

12

RELAZIONE IDRAULICA DI INVARIANZA

WHAT

FASE 1 - Realizzazione di:

locali tecnici

impianto fotovoltaico di copertura

spazi ricreativi

parcheggi uso pubblico

corridoio ecologico

ristrutturazione fabbricato industriale

riqualificazione asse stradale Via Francesco Perotti

FASE 2 - Completamento di:

impianto fotovoltaico di copertura

WHERE

Brescia | Zona industriale Girelli | Via Perotti - Via Castagna - Via Di Vittorio

WHY

Riorganizzazione logistica interna

Riqualificazione aree esterne

W(H)OW

Applicazione di **best practices** per la realizzazione di:

sistemi di drenaggio sostenibili - sustainable drainage systems

infrastrutture verdi - green infrastructures

WHO

COPAN ITALIA SpA | Via F. Perotti 10 | 25125 Brescia

P. IVA 01740560170

WHEN

MAGGIO 2019



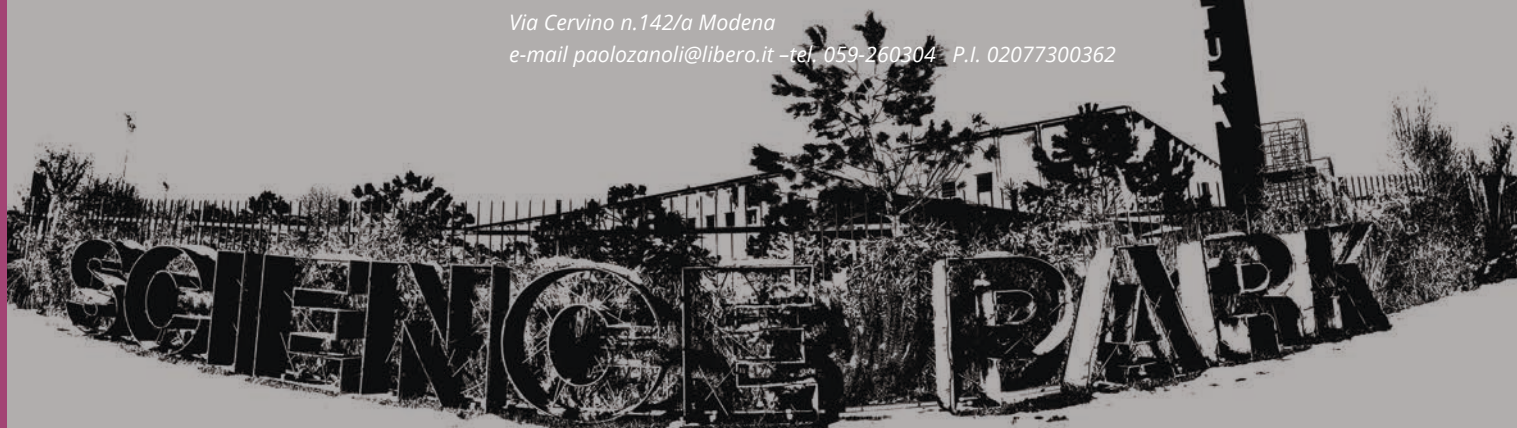
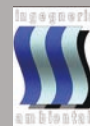
Redatto da: Ing. Paolo Zanoli

Albo degli ingegneri della provincia di Modena: n. 1350

Studio tecnico INGEGNERIA AMBIENTALE

Via Cervino n.142/a Modena

e-mail paolozanoli@libero.it -tel. 059-260304 - P.I. 02077300362



MAPPA DEGLI ELABORATI

U1	U2	U3	U4	U5	ANALISI
U6	U7	P1	P2	P3	PROGETTO
P4	P5	P6	P7	P8	RENDER
P9	I1	I2	I3	I4	SPECIALISTICA
	I5	I6	I7	I8	AMBIENTALE

	<i>Elenco elaborati</i>	<i>id</i>	<i>tipo</i>	<i>n.</i>
<i>Inquadramento urbanistico</i>	Stralcio delle previsioni di PGT e inquadramento d'area vasta	U1	tavola	4
	Estratto aerofotogrammetrico	U2	tavola	1
	Estratto catastale e SLP esistenti	U3	tavola	3
	Dichiarazione proprietà e disponibilità delle aree	U4	documento	1
	Rilievo dell'area di intervento	U5	tavola	1
	Profili dello stato di fatto e sezioni progressive	U6	tavola	2
	Documentazione fotografica	U7	tavola	1
<i>Proposta progettuale</i>	Relazione generale	P1	fascicolo	1
	Documento Preliminare di VAS	P2	fascicolo	1
	Progetto planivolumetrico e di "Preverdissement"	P3	tavola	4
	Profili e sezioni	P4	tavola	1
	Progetto illuminazione pubblica	P5	tavola	1
	Superfici standard e parametri urbanistici	P6	tavola	1
	Computo Metrico Estimativo di massima	P7	fascicolo	1
	Rappresentazione rendering	P8	tavola	1
	Proposta di schema di convenzione	P9	fascicolo	1
<i>Indagini specialistiche</i>	Relazione geologica, idrogeologica e sismica	I1	fascicolo	1
	Relazione idraulica	I2	fascicolo	1
	Distanza elettrodotti	I3	fascicolo	1
	Valutazione previsionale del clima acustico	I4	fascicolo	1
	Fabbisogno parcheggi proposta di PSCL	I5	fascicolo	1
	Relazione agronomica e bilancio ecologico	I6	fascicolo	1
	Relazione naturalistica	I7	fascicolo	1
	Piano paesistico di contesto ed esame paesistico	I8	fascicolo	1



SCIENCE

SOMMARIO

SINTESI

Annullamento **portate in uscita** 4

MASTER PLAN

Mappa **degli interventi** 7

CONDIZIONI INIZIALI

Stato di **fatto** 8

PROGETTO

Condizioni **progettuali** 10

Pioggie di **progetto** 13

Sistema **drenante** 17

Verifica sistema **di dispersione** 19

Interventi di **DE-pavimentazione** 24



IL PIANO ATTUATIVO COPAN PARK

ANNULLAMENTO PORTATE IN USCITA



La presente relazione è mirata allo studio idraulico del sistema di raccolta delle acque meteoriche di dilavamento ricadenti nell'area libera oggetto d'intervento.

Attraverso l'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrogeologica, così come previsto dalla regolamentazione regionale¹, l'obiettivo è il totale annullamento delle portate di acque meteoriche uscenti dal sito. Ciò è possibile attraverso la progettazione-verifica di idonee Strutture di Invaso e Dispersione (SID) delle acque di dilavamento.

L'intervento in esame è fra le tipologie soggette al regolamento regionale n. 7/2017 e indicate all'articolo 3, lettera d), ossia "**opere di pavimentazione e di finitura di spazi esterni, anche per le aree di sosta, di cui all'articolo 6, comma 1, lettera e-ter), del Dpr 380/2001, con (...) estensione maggiore di 150 mq**".

Nello specifico, l'analisi delle condizioni idrauliche e idrogeologiche dell'area e la verifica delle condizioni di invaso, con il metodo delle sole piogge, ha portato alla progettazione di due trincee drenanti ai lati delle zone pavimentate del parcheggio a raso.

In particolare, le acque di dilavamento delle aree a parcheggio e relativa viabilità di accesso, nonché le acque di dilavamento delle aree a verde, saranno intercettate da due sistemi disperdenti a trincea integrati da idonei accumuli di laminazione realizzati sfruttando la morfologia del terreno.

Nel caso di evento critico, calcolato con tempi di ritorno di 100 anni,

¹ RR n. 7 del 3 novembre 2017. Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio), così come modificato dal RR n.8 del 19 aprile 2019.

la realizzazione di tali sistemi di dispersione consente di garantire un franco minimo sia dalle quote di parcheggio interne all'area sia dal livello stradale di Via Francesco Castagna.

Poiché il sistema pubblico misto di allontanamento delle acque del comparto presenta attualmente delle problematiche di deflusso negli eventi meteorici più severi, l'intervento, nel suo sviluppo complessivo, consentirà, anche se limitatamente, di alleggerire la rete fognaria.

L'intervento si farà quindi carico di una quota parte, seppur piccola, delle portate di colmo.

Anche gli interventi di de-pavimentazione previsti nel progetto di riqualificazione di Via Francesco Perotti, consentono, seppur in minima parte, una riduzione dell'apporto meteorico al sistema di fognatura esistente pari a circa 8 l/s.

La superficie interessata è pari a circa 22.000 mq, di cui circa 20.700 mq di proprietà COPAN e 1.300 mq di proprietà pubblica.

In particolare nella presente relazione:

- si descrive il sistema ante operam e post operam;
- si verifica il sistema di infiltrazione delle acque meteoriche;
- si dimensionano i volumi di laminazione.

La presente relazione si compone di 24 pagine.



MASTER PLAN

ZONA PARCHEGGIO

Il parcheggio è letteralmente immerso nel bosco, di alberi di alto fusto, lasciato intatto dall'abbandono dell'impianto di arboricoltura.

RADURE

Sono ricreate delle zone di radura a prato stabile all'interno del corridoio ecologico con funzione di diversificazione degli ecosistemi.

CORRIDOIO ECOLOGICO

Buona parte dell'area libera sarà riqualificata come corridoio ecologico.

FOSSATO INONDABILE

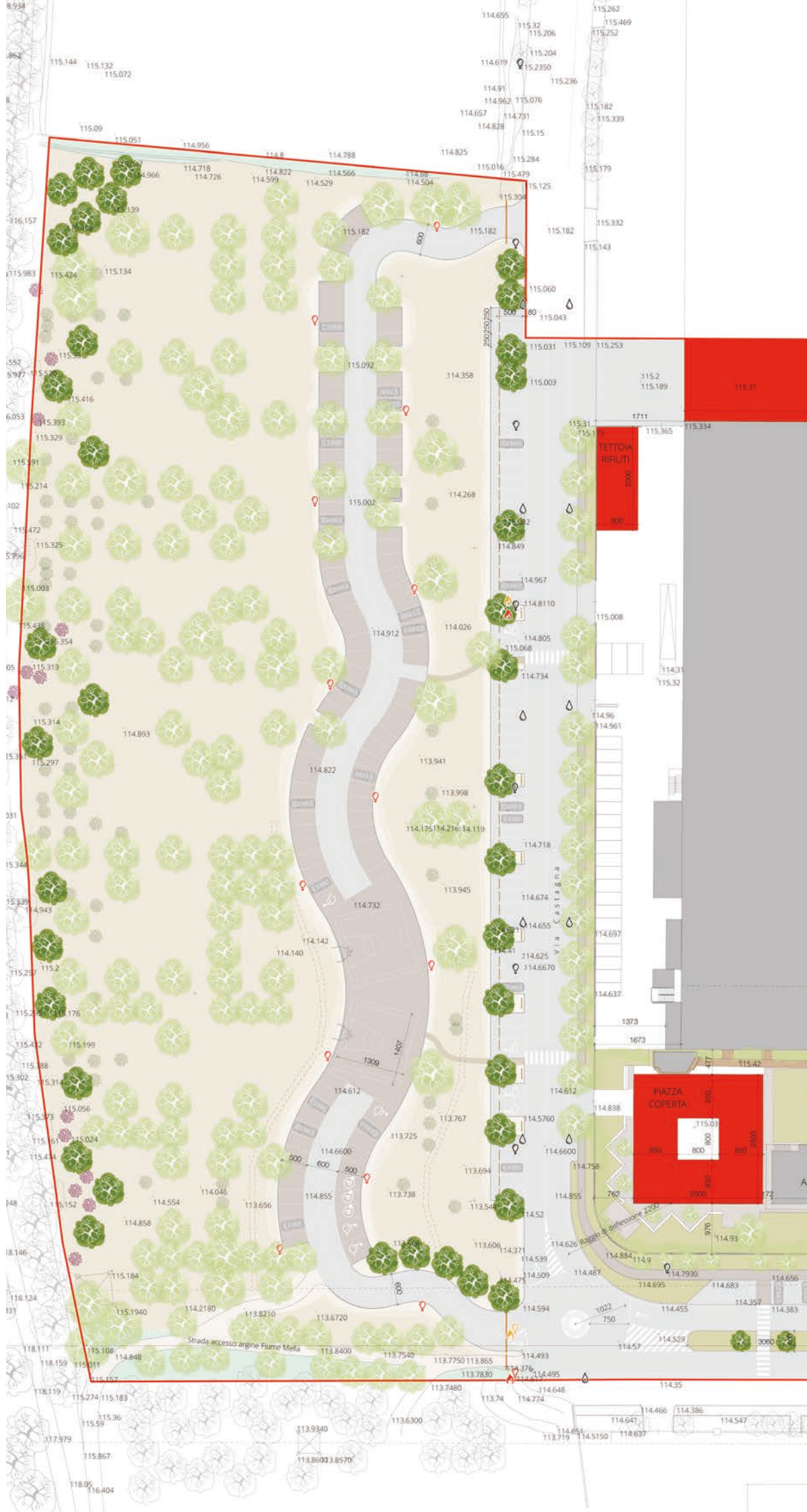
Un leggero avvallamento già presente nella conformazione dell'area è stato progettato per raccogliere le acque in eccesso in caso di eventi eccezionali.

CHARGING POINT

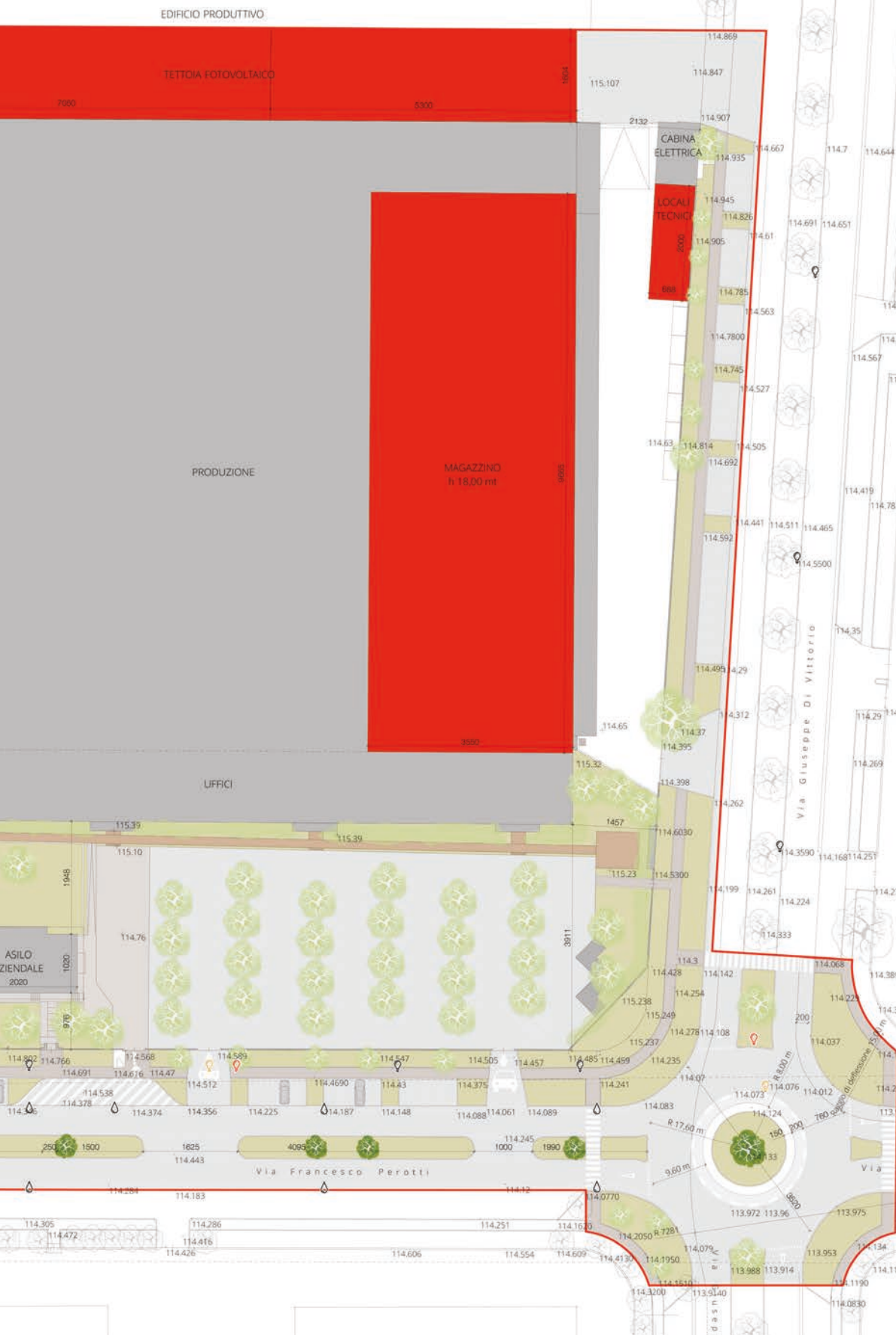
Alcuni stalli del parcheggio pubblico saranno dotati di colonnine di ricarica per veicoli elettrici (auto, moto, e biciclette).

ARENA

Il progetto prevede la copertura con tettoia di un'area destinata a uso ricreativo interno.



MAPPA DEGLI INTERVENTI



TETTO PV

La copertura del corsello fra i due edifici industriali consente l'installazione, senza consumo di suolo, di un impianto fotovoltaico.

RISTRUTTURAZIONE

Due campate dell'edificio saranno oggetto di completa ristrutturazione. Si prevede la demolizione delle strutture con rialzo per la riorganizzazione logistica del magazzino.

SPAZI TECNICI

È prevista la realizzazione di due coperture lungo i lati est e ovest a protezione di locali tecnici e deposito rifiuti assimilabili agli urbani.

ACCESSI

È previsto lo spostamento dell'attuale ingresso carrabile e la realizzazione di una banchina "stop and go" per TAXI.

VIA PEROTTI

È prevista la realizzazione di due rotatorie e aiuola centrale alberata, lungo via Perotti.

STATO DI FATTO

Elaborati di riferimento: I1, U5 e U1-Tav3

Come meglio dettagliato nell'*Elaborato I1*, la zona oggetto d'intervento è ricompresa nella Fascia C del PAI, e individuata dal Piano Gestione Rischio Alluvioni come zona di alluvioni rare $T \geq 500$ anni (*Elaborato U1-Tav3*).

Relativamente all'idrogeologia e vulnerabilità della falda, le indagini idrogeologiche condotte in sito hanno evidenziato le seguenti condizioni iniziali:

- soggiacenza media della falda: 3÷6 metri;
- profondità della falda rilevata all'interno del piezometro installato nel foro di sondaggio: circa 5 metri;
- grado di vulnerabilità della falda: elevato;
- permeabilità dei terreni sopra la falda:

$K \cong 2 \times 10^{-3} \text{ cm/sec.}$

Il rilievo dell'area è riportato nell'*Elaborato U5*.

Immagine a destra:

Rilievo delle quote altimetriche dell'area oggetto di intervento.



CONDIZIONI **PROGETTUALI**

Elaborati di riferimento: P3 e P4

Le attività previste nell'area non rientrano nelle tipologie indicate all'art. 3 comma 1 lettera a RR 4/2006, pertanto, non si prevede la necessità di adottare sistemi di trattamento delle acque di dilavamento, ovvero di gestione delle acque di prima pioggia.

Non è previsto nessun sistema di raccolta e convogliamento in fognatura delle acque meteoriche, ma in tutta l'area, compreso le zone a parcheggio e la viabilità di accesso ai parcheggi, è organizzata in modo da avere uno scorrimento superficiale omogeneo garantendo così la massima resa del sistema in termini di capacità drenante nel sottosuolo.

Tutte le superfici pavimentate saranno realizzate con piastre in cls drenante tipo "Cassia Drenopav", costruite con una miscela di aggregati tale da consentire, nel momento della costruzione in fabbrica, una permeabilità iniziale completa.

CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO MEDIO PONDERALE

In base all'art. 11 della Regolamento Regionale punto d), i parametri utilizzati per il calcolo del coefficiente di deflusso sono:

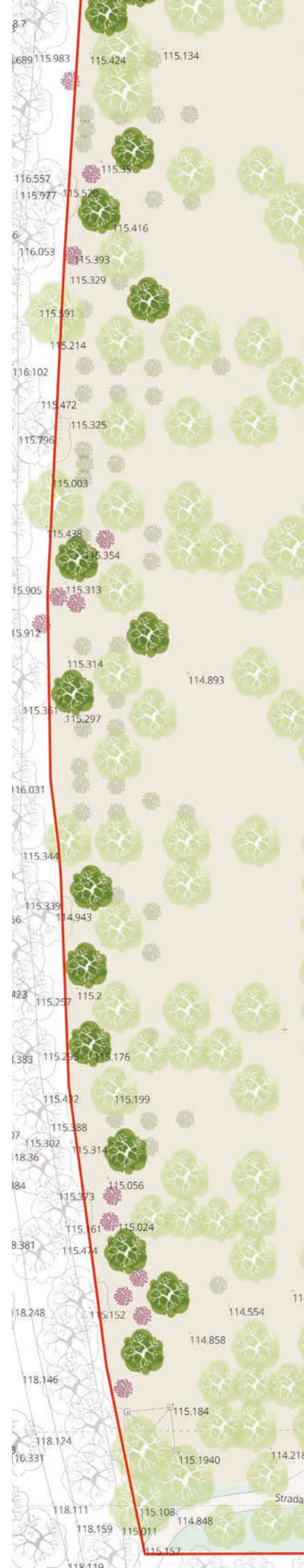
- $\varphi = 1$ per superfici impermeabili;
- $\varphi = 0,7$ per pavimentazioni drenanti;
- $\varphi = 0,3$ per aree verdi.

Tali valori risultano ampiamente cautelativi in quanto l'intervento non prevede il posizionamento di caditoie intercettanti i deflussi superficiali sia nelle zone adibite a parcheggio sia nella corsia stradale di accesso e tanto meno nelle aree verde.

Le zone pavimentate saranno realizzate con piastre in calcestruzzo drenante tipo "Cassia Drenopav" (si veda la scheda tecnica a pag. 12), tipologia di prodotto per il quale la scheda tecnica indica coefficienti di afflusso φ pari a 0,0 (senza evidentemente prendere in considerazione anche una eventuale riduzione nel tempo dell'efficienza del sistema).

Il grado di impermeabilizzazione dell'area, e conseguentemente il dimensionamento del sistema di laminazione e di infiltrazione necessario, è calcolato applicando il coefficiente φ per una complessiva:

- pavimentazione permeabile di circa 1.700 mq adibita a viabilità di accesso ai parcheggi con pendenza trasversale del 2,5%;
- pavimentazione permeabile di circa 3.000 mq adibita a parcheggio con pendenza trasversale del 1,0%;
- una superficie complessiva a verde di circa 17.400 mq.





EDIFICIO PRODUTTIVO

TETTOIA FOTOVOLTAICA

TETTOIA RIFIUTI
2020
800

Via Castagna

PIAZZA COPERTA
115.03
800
800
850
2500
850
2600

ASILO AZIENDALE
2020
1020

accesso argine Fiume Mella

UFFICIO

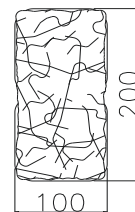
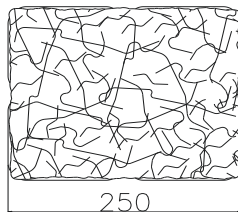
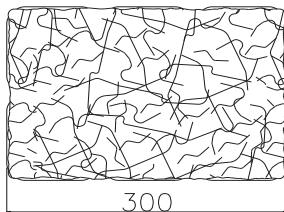
PRODUZIONE

PIASTRE IN CALCESTRUZZO PER PAVIMENTAZIONI

Nome commerciale	CASSIA DRENO PAV
Linea	NATURA
Peso teorico (kg/m ²)	135
Formati per piano di confezionamento	4 (300X200) - 4 (250X200) - 8 (200X200) - 9 (150X200) - 6 (100X200)
Classe d'uso limite raccomandata	2A
Impiego previsto	PAVIMENTAZIONI ESTERNE

CARATTERISTICHE TECNICHE COME DA NORMA UNI EN 1339*

FORMA E DIMENSIONI (UNI EN 1339 p.to 5.2)		PROPRIETÀ FISICHE E MECCANICHE (UNI EN 1339 p.to 5.3)	
Spessore	60 ± 3 mm (Classe 2P)	Assorbimento d'acqua/resistenza al gelo-disgelo in presenza di sali disgelanti	Classe 3D
Lunghezza rettangolo circoscritto	300 - 250 - 200 - 200 - 200	Resistenza caratteristica a flessione	Classe 1S (≥ 3,5 MPa)
Larghezza rettangolo circoscritto	200 - 200 - 200 - 150 - 100	Resistenza minima a flessione	-
Differenza massima sulla diagonale	Classe 3L (2 mm)	Resistenza all'abrasione	Classe 3H (impronta ≤ 23 mm)
Convessità massima	5,0 mm/m	Scivolamento/slittamento	≥ 60
Cavità massima	3,0 mm/m	Emissioni di amianto	Assente
Superficie drenante (% di vuoto sul pieno)	100,0%	Conduktività termica	Non pertinente
		Reazione al fuoco	Classe A1
		Comportamento al fuoco esterno	Soddisfacente
		Indice SRI (ASTM E 1980-01)	≥ 34 Grigio ≥ 39 Pietra Del Nord ≥ 53 Bianco ≥ 78 Superbianco


Voce di capitolato:

Tutte le aree indicate nelle planimetrie allegare, dovranno essere pavimentate con piastre di calcestruzzo prodotte in conformità alla norma UNI EN 1339.

Lo spessore dello strato di base ed i materiali da utilizzare, saranno quelli stabiliti dalla Direzione Lavori dopo aver valutato la natura del sottofondo e la destinazione d'uso della pavimentazione.

L'impresa appaltatrice dovrà indicare alla Direzione Lavori, i materiali impiegati per i vari strati e la loro provenienza.

Il tipo, lo spessore, la finitura, il colore e le caratteristiche degli elementi saranno quelli stabiliti dalla Direzione Lavori, per le singole aree. Le pavimentazioni saranno costituite da piastre in cls tipo CASSIA DRENO PAV delle dimensioni di mm 300 - 250 - 200 - 200 - 200 x 200 - 200 - 200 - 150 - 100 spessore mm 60 colore realizzati in doppio strato con strato di finitura e usura ottenuto con graniglie selezionate di pietra già colorata in natura dove l'ausilio dell'ossido per la colorazione è marginale e in grado di mantenere nel tempo la sua naturale colorazione. Il tutto conglobato nello strato di supporto di cls ad alta resistenza. Da posare a secco su letto di sabbia di spessore 4-5cm avente elevata resistenza geomeccanica, vibrocompattare con idonea piastra e sigillare a secco con sabbia pulita e asciutta.

Le lastre dovranno essere realizzate con una miscela di aggregati tale da consentire una permeabilità iniziale in fabbrica, tale da garantire in laboratorio, simulando eventi di pioggia a intensità costante di varia durata: dai 5 min. alle 6 ore (in base ai dati della Stazione Pluviografica di Milano-Via Monviso), un rapporto tra i volumi attribuibili al solo deflusso superficiale con quelli complessivamente affluiti in ognuno degli eventi simulati (coefficiente di afflusso) pari a 0,0.

L'azienda fornitrice dovrà produrre una dichiarazione di prestazione del prodotto conformemente alla norma UNI EN 1339.

* La Norma UNI EN 1339 esclude dal proprio ambito le lastre che per loro composizione permettano il drenaggio delle acque, non essendo peraltro prevista alcuna normativa specifica per questa tipologia di prodotto, RECORD per testare e garantire la qualità dei propri prodotti provvede ad eseguire le medesime prove definite nella Norma UNI EN 1339 relativa alle lastre in calcestruzzo. Sono inoltre escluse le classi di marcature CE.

La presente scheda tecnica non costituisce specifica e i dati riportati derivano dalla nostra esperienza e sono da riferirsi alla data indicata. La RB Bagattini S.r.l. si riserva il diritto di apportare modifiche senza preavviso, spetta al cliente accertarsi, al momento della richiesta, della validità dei dati riportati.

PIOGGE DI PROGETTO

Elaborato di riferimento: U1 Tavola 3

CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Le piogge intense sono caratterizzate da curve segnalatrici di possibilità pluviometrica che consentono di determinare le altezze di pioggia per ogni durata e per diversi tempi di ritorno T (numero di anni in cui mediamente viene superata l'altezza di pioggia alla relativa durata).

Tali curve hanno la seguente forma: $h_T(t) = a \cdot t^n$ dove:

- t = durata di pioggia;
- $h_T(t)$ = altezza di pioggia di durata "t" per il tempo di ritorno T in mm;
- a, n = parametri costanti della Curva di Possibilità Pluviometrica (CPP) per il tempo di ritorno T.

Nella **Fig. 1** si riportano i dati relativi alla Curva di Possibilità Pluviometrica (CPP) del sito in esame fornito dal Portale Idrologico Geografico di Arpa Lombardia.

I dati del portale ARPA consentono di determinare il parametro "a" della CPP come prodotto tra il parametro " a_1 " ed il parametro " w_T ".

Per eventi meteorici 1-24 ore il sito in esame fornisce per il parametro " a_1 " un valore di 28,8 mm/h mentre per il parametro " w_T ":

- Per T50 = 1,987;
- Per T100 = 2,208.

Il parametro "n" fornito da ARPA è relativo a piogge di durata > 1 h.

Per durate di pioggia < 1 h, si considera $n = 0,5$ come previsto dall'allegato G al RR di cui alla LR 4/2016.

Per T50 si hanno i seguenti valori di "a" e "n":

- $a = 57,2$ mm/h;
- $n = 0,5$ per durate di pioggia < 1 h;
- $n = 0,276$ per durate di pioggia > 1 h.

Per T100 si hanno i seguenti valori di "a" e "n":

- $a = 63,6$ mm/h;
- $n = 0,5$ per durate di pioggia < 1 h;
- $n = 0,276$ per durate di pioggia > 1 h.

COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

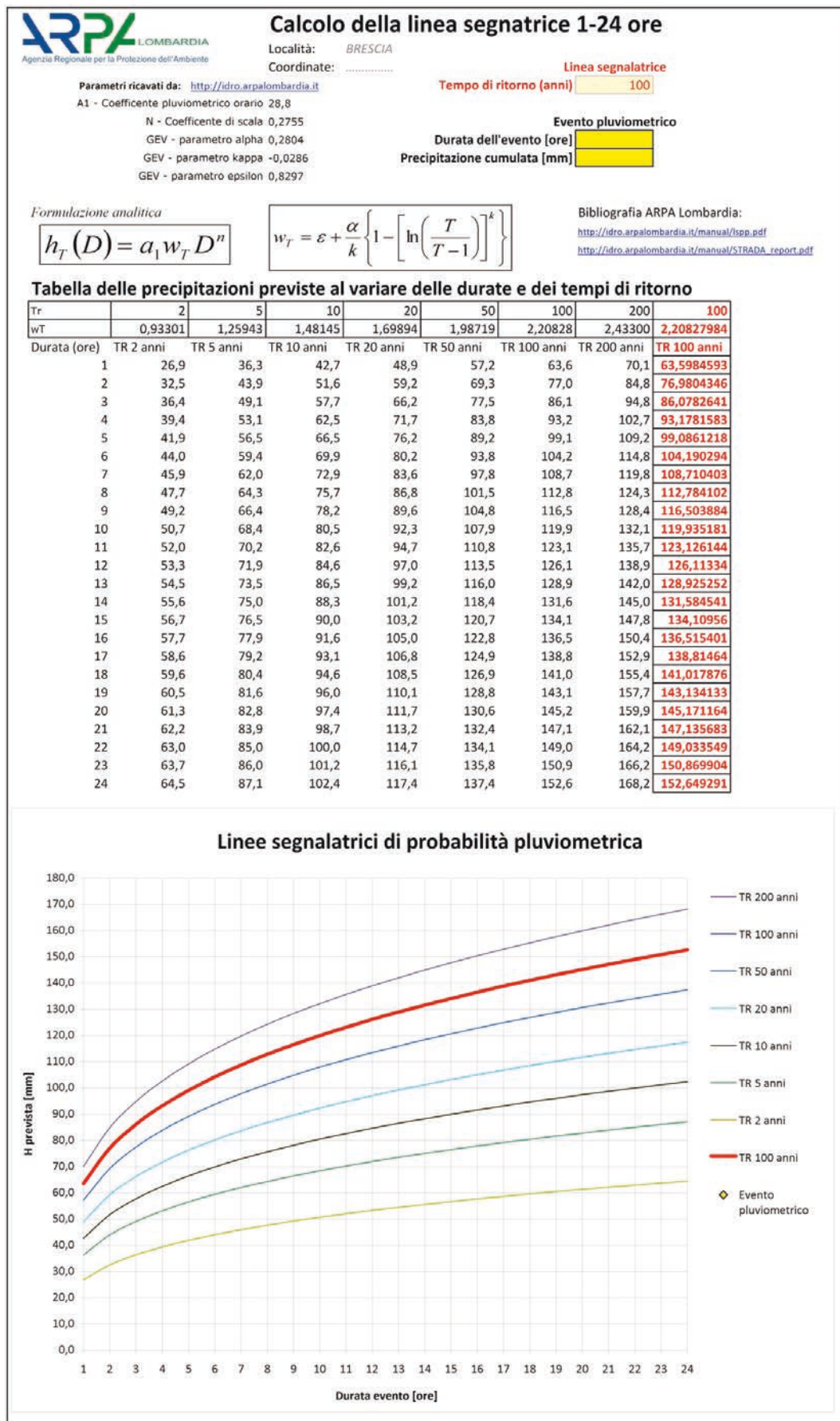
Allo stato attuale il terreno naturale presenta una capacità di infiltrazione, in presenza di sovrabbondante acqua sulla superficie disperdente, inadeguata in termini di risposta alle punte massime di pioggia.

Da quanto emerge nella relazione geologica e in particolare dalla stratigrafia del terreno ottenuta a mezzo di sondaggio a carotaggio continuo si può ritenere che il suolo naturale rientri nella Classe C proposta dal *Natural Resources Conservation Service* come indicato nell'allegato F al Regolamento regionale di cui alla LR 4/2016, **Tab.1**.

Tab.1: Classificazione permeabilità dei terreni.

Classe A	Scarsa potenzialità di deflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; antiche ghiaie profonde, molto permeabili
Classe B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione
Classe C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D; il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione
Classe D	Potenzialità di deflusso molto alta: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie

Fig. 1: Curva di possibilità pluviometrica (CPP).



Questa tipologia di terreni presenta i parametri delle curve di Horton, come indicati nel Regolamento Regionale n° 7/2017, riportati in **Tab.2**, dove f_0 è la capacità di infiltrazione all'inizio dell'evento e f_c la capacità a lungo termine.

Da tali valori emerge come allo stato attuale, per eventi meteorici critici, le caratteristiche del terreno determinino comunque un deflusso superficiale con direzione nord-sud secondo la linea di pendenza naturale del sito. Anche se tale deflusso non interagisce con il sistema fognario esistente, in quanto la quota del terreno è inferiore alla quota dell'asse stradale dove è ubicato il sistema di raccolta delle acque della viabilità, rappresenta comunque un apporto nei deflussi superficiali in un "area potenzialmente interessata da alluvioni rare (aree P1/L) come indicata nella "Carta di Sintesi" dello Studio Geologico Comunale.

Il coefficiente di deflusso, nell'ambito di un bacino idrografico, esprime il rapporto fra deflussi (volume d'acqua defluito alla sezione di chiusura del bacino) e afflussi (precipitazioni).

Il suo valore è in genere compreso tra 0 e 1, è nullo nel caso di bacini che non diano origine a deflussi superficiali.

Esistono in letteratura delle tabelle che forniscono valori indicativi del coefficiente per diverse tipologie urbane e di terreno; nel caso in esame come detto si assumeranno cautelativamente i valori indicati dall'art. 11 della Regolamento Regionale punto d);

$\varphi = 0,7$ per pavimentazioni drenanti;

$\varphi = 0,3$ per aree verdi.

Risulta evidente che il progetto, senza la realizzazione strutture di invaso e dispersione SID delle acque meteoriche, aumenterebbe comunque il deflusso attuale e di conseguenza i volumi di acqua destinati a ruscellamento.

Per la determinazione del volume di acque in gioco, occorre esprimere la quantità di superficie impermeabile ragguagliata mediante l'utilizzo del coefficiente di deflusso φ che esprime il rapporto tra volume totale di deflusso e il volume totale di pioggia caduta sul bacino.

Nell'area, in relazione alle specifiche superfici con caratteristiche di permeabilità diverse possiamo esprimere un coefficiente φ_m ragguagliato, il dettaglio del calcolo del coefficiente di afflusso medio è indicato nella **Tab.3** e fornisce il risultato applicando la formula:

$$\varphi_m = \frac{\sum A_n \times \varphi_n}{\sum A_n} = 0,384$$

Tab. 2: Parametri delle curve di Horton proposti dal SCS [1956].

CLASSE SUOLO	f_0 [mm/h]	f_c [mm/h]	k [h ⁻¹]
A	250	25.4	2
B	200	12.7	2
C	125	6.3	2
D	76	2.5	2

Tab.3: Tabella di calcolo del coefficiente di afflusso medio φ_m .

Calcolo coefficiente di afflusso medio φ_m			
Superfici	φ	A_n [mq]	$A_n \cdot \varphi_n$
Area a parco lato Fiume Mella (corridoio ecologico)	0,3	13.626	4.088
Area verde lato Via Francesco Castagna (fossato inondabile)	0,3	3.788	1.136
Parcheggio Via Francesco Castagna (piste cls drenante)	0,7	930	651
Viabilità interna parco (piste cls drenante)	0,7	1.690	1.183
Parcheggio interno lato fossato inondabile/Via Francesco Castagna	0,7	1.010	707
Parcheggio interno lato corridoio ecologico/Fiume Mella	0,7	1.000	700
	Σ	22.044	8.465

Immagine: Campioni di scavo utilizzati per l'esame stratigrafico in sito (fonte: Elaborato I1)



SISTEMA DRENANTE

Elaborato di riferimento: I1

Il Geologo Dott. Marco Venturini ha effettuato due prove in pozzetto superficiale nell'area in oggetto, in data 13 marzo 2019, al fine di determinare il coefficiente di permeabilità del terreno e dimensionare il sistema di smaltimento in loco delle acque meteoriche, come dettagliatamente descritto nella relazione geologica, **Elaborato I1** al quale si rimanda per i dettagli della prova, nei punti indicati nell'immagine a destra.

La stratigrafia rilevata in corrispondenza dei due pozzetti è riportata in **Tab.4**.

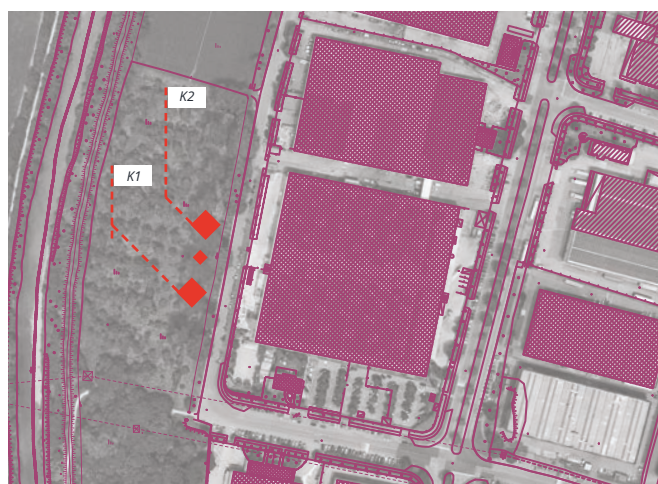
A seguito delle prove eseguite in sito, riportate dettagliatamente nell'**Elaborato I1**, il coefficiente medio di permeabilità rilevato è:

$$K \cong 2 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$$

corrispondente ad un valore di permeabilità discreto-basso.

Si tratta di un valore che, se supportato da un adeguato sistema di laminazione, descritto nei passaggi successivi, consente un corretto smaltimento in loco della totalità delle acque meteoriche ricadenti nell'area oggetto di studio.

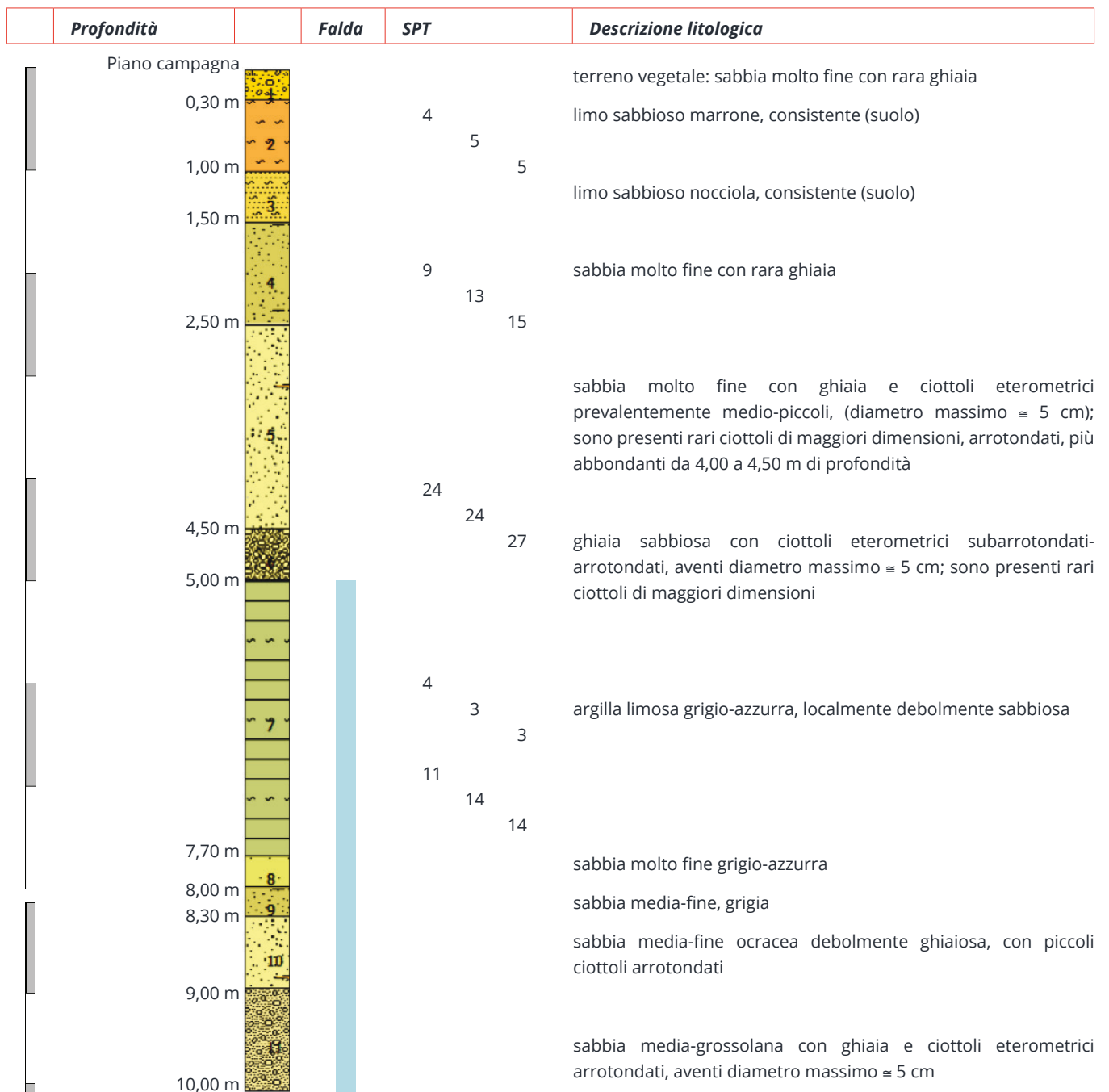
Immagine: Posizione dei pozzetti di prova della permeabilità.



Tab.4: Stratigrafia rilevata dai campioni di scavo.

Spessore	Descrizione terreno
Da piano campagna a circa 1 metro di profondità	Sabbia molto fine e limo (suolo)
Da circa 1 metro di profondità e fondo scavi (2,2-2,6 metri)	Sabbia molto fine, di colore nocciola, debolmente limosa, che diviene via via leggermente più grossolana con alcuni piccoli ciottoli arrotondati e rarissimi ciottoli di maggiori dimensioni

Schema 1: Stratigrafia del sondaggio geognostico (fonte: Elaborato I1).



VERIFICA SISTEMA DI DISPERSIONE

Elaborato di riferimento: P3

Per dispersione si intende la dispersione nel suolo mediante trincea drenante.

La progettazione-verifica di strutture di invaso e dispersione SID delle acque meteoriche si basa sulla applicazione della equazione di continuità alle precipitazioni di forte intensità definite dalle CPP:

$$V_A(t) = V_I(t) + V_S(t)$$

dove:

- $V_A(t)$ = volume di afflusso meteorico al SID cumulato al tempo t ;
- $V_I(t)$ = volume infiltrato/scaricato dal SID cumulato al tempo t ;
- $V_S(t)$ = volume di stoccaggio nel SID cumulato al tempo t .

Per il presente dimensionamento si considera un tempo di ritorno di 50 anni.

Per un determinato tempo di ritorno degli eventi di precipitazione intensa, si può calcolare il volume di accumulo da garantire

$$V_S(t) = V_A(t) - V_I(t)$$

calcolando:

- $V_A(t)$ come prodotto tra la superficie impermeabile del bacino scolante e l'altezza di pioggia dalla curva di possibilità pluviometrica corrispondente alla durata di pioggia t ;
- $V_I(t)$ come prodotto tra la portata di infiltrazione e la durata di pioggia t .

La funzione $V_S(t)$ restituisce un massimo da tenere come riferimento; il sistema di invaso-laminazione dovrà pertanto garantire le portate di dispersione ed un volume di accumulo pari almeno a tale valore.

Nel presente caso, l'obiettivo è il totale annullamento delle portate acque meteoriche uscenti dal sito (vedere portata di sfioro 0,00 l/s nel foglio di calcolo) senza alcun aggravamento idraulico rispetto alla rete fognaria urbana e ai terreni posti a valle.

PRESTAZIONI DEL SISTEMA DI FILTRAZIONE SUL SUOLO

Il sistema di filtrazione sul suolo è costituito da una serie di trincee d'infiltrazione realizzate a mezzo di uno scavo di profondità di 2,50 metri riempito con materiale ad alta conduttività idraulica, in questo caso ghiaia.

Il volume dei vuoti del materiale di riempimento è pari al 30%.

Le trincee saranno ubicate in corrispondenza di avvallamenti del terreno così che il deflusso superficiale si accumuli temporaneamente all'interno della trincea e nello spazio esterno limitrofo e poi filtri nel terreno attraverso le superfici laterali e il fondo della trincea stessa.

La portata di dispersione delle trincee viene calcolata cautelativamente ipotizzando che la dispersione avvenga sul fondo della stessa e nella corona intorno al perimetro che si estenda a partire dalla base per un'altezza pari allo strato permeabile rilevato dal sondaggio geologico escludendo il primo metro di terreno, considerato cautelativamente poco permeabile.

La portata di dispersione Q_i , viene valutata con la seguente formula:

$$Q_i = S_d \times k \times J$$

dove:

- J = Cadente piezometrica m/m assunta cautelativamente pari a 1;
- S_d = superficie disperdente;
- k = permeabilità verticale pari a $2,00 \times 10^{-5}$ m/s.

CALCOLO PORTATA DISPERSIONE SISTEMA COMPLESSIVO

Si ipotizza di realizzare due linee di trincee al servizio di due distinte zone di deflusso disposte secondo lo schema riportato nell'immagine a fianco.

La prima, posizionata nell'area verde compresa tra via Francesco Castagna e la prima striscia di parcheggi interno al parco, assume funzione di sistema drenante per parcheggi posti a lato ovest di Via Francesco Castagna e per la fila di parcheggi posta ad est della viabilità interna la parcheggio compresa metà della stessa carreggiata stradale.

La seconda trincea è al servizio della fila di parcheggi posta sul lato ovest della strada interna, oltre alla restante mezza carreggiata stradale, e sarà ubicata nell'area, posta in prossimità del rilevato; su di essa graviterà anche il deflusso dell'area verde in direzione del Fiume Mella.

Il posizionamento delle trincee, come detto, avverrà in corrispondenza di aree depresse rispetto all'area da drenare, così che il deflusso superficiale si possa accumulare temporaneamente all'interno della trincea e nell'area superficiale sovrastante e gradualmente infiltrarsi nel terreno attraverso le superfici laterali e il fondo stesso della trincea.

Le trincee saranno realizzate mediante la posa di due strati di materiale:

- Il primo partendo dal basso è costituito da ghiaia ordinaria di dimensioni 20-31,5 mm; dimensione che garantisce elevata permeabilità e l'accumulo temporaneo di acqua piovana nei vuoti (tra il 30% e il 40%).
- Il secondo strato, posato in superficie per uno spessore di 10-12 cm, dovrà possedere buone qualità per la crescita di prato stabile al fine di:
 - a. permettere la rimozione di nutrienti;
 - b. funzione di filtro per limitare la possibilità di intasamento del sistema;
 - c. migliorare l'aspetto estetico.

Attorno allo strato ghiaioso sarà collocato un telo in geo tessuto per ostacolare l'ingresso di materiale fine all'interno del sistema.

La pendenza di fondo della trincea sarà prossima a zero per evitare

Immagine : Estratto dall'Elaborato P3: posizione indicativa delle trincee.

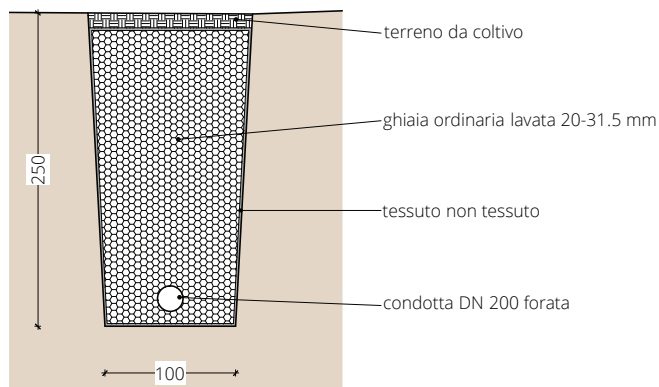


Tab.5: Calcolo portata dispersione sistema complessivo.

Permeabilità	0,00002	m/s
Lunghezza	150	m
Larghezza	1,00	m
Altezza max riempimento	2,50	m
Area efficace al max battente (1)	360	m ²
Portata disperdente	9,0	l/s

1 Si escludono cautelativamente le superfici laterali per i primi 150 cm di profondità ipotizzando la capacità drenante di tale strato trascurabile in quanto in presenza di limo sabbioso marrone - nocciola consistente. Per il dettaglio delle indagini si rimanda all'Elaborato I1.

Immagine : Estratto dall'Elaborato P3: schema delle trincee.



che le acque trovino traiettorie preferenziali d'infiltrazione e per assicurare un "lavoro" omogeneo per tutta la lunghezza della trincea.

All'interno della trincea sarà posizionata una condotta forale centrale avente diametro DN 200 mm.

VERIFICA VOLUMI DI ACCUMULO

Al fine di determinare il volume di invaso necessario e permettere una corretta filtrazione delle acque nella trincea drenante si è fatto riferimento al "Metodo delle sole piogge", che si basa sulla sola curva di possibilità pluviometrica, sulle caratteristiche di permeabilità della superficie tributaria e sulla portata, supposta costante, di filtrazione del sistema drenante.

Nell'applicazione del metodo delle sole piogge, per il dimensionamento dei volumi di accumulo-laminazione, si fanno solitamente due ipotesi:

- Che la precipitazione meteorica netta abbia intensità costante (istogramma rettangolare);
- Che lo svuotamento dell'accumulo (Q infiltrata) avvenga a portata costante ($Q_u = \text{cost}$).

Partendo da queste due ipotesi semplificatrici, all'istante t il volume accumulato nella vasca di laminazione è dato dalla differenza fra il volume idrico entrante e quello uscente.

Nel caso di utilizzo della curva di possibilità pluviometrica a due parametri $h = a \times t_n$ il Volume da assegnare al sistema di invaso sarà:

$$V_{max} = S \times \varphi \times a \times \left(\frac{Q_{IMP}}{S \times \varphi \times a \times n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{IMP} \times \left(\frac{Q_{IMP}}{S \times \varphi \times a \times n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Nel caso in esame si è assunto a riferimento la Curva di Possibilità Pluviometrica (CPP) fornita dal Portale Idrologico Geografico di Arpa Lombardia riportata in un paragrafo precedente.

Per T50 si hanno i seguenti valori di "a" e "n":

- $a = 57,2 \text{ mm/hn}$;
- $n = 0,5$ per durate di pioggia < 1 h;
- $n = 0,276$ per durate di pioggia > 1 h.

Per T100 si hanno i seguenti valori di "a" e "n":

- $a = 63,6 \text{ mm/h}$;
- $n = 0,5$ per durate di pioggia < 1 h;
- $n = 0,276$ per durate di pioggia > 1 h.

I dati assunti al calcolo sono:

- $S = \text{superficie del bacino drenato} = 2,2 \text{ ha}$;
- $\varphi = \text{coefficiente di afflusso} = 0,384$;
- $Q_{IMP} = \text{portata infiltrata} = 0,009 \text{ mc/s}$.

Dallo sviluppo dei calcoli di cui il tabulato (Fig. 2) è riportata nella pagina seguente, emerge che per T50 la pioggia che massimizza il volume invasato è un evento critico con durata di precipitazione critica di circa 7 ore.

Essa determina una necessità di volumi complessivi da invasare pari a:

$$V_{T50} = 600 \text{ mc}$$

Sviluppando analogamente i calcoli per T100 la pioggia che massimizza il volume invasato è un evento critico con durata di precipitazione critica di 7 ore.

Essa determina una necessità di volumi da invasare pari a:

$$V_{T100} = 690 \text{ mc}$$

Le due trincee di infiltrazione di progetto prevedono un volume complessivo utile di laminazione di circa 125 mc (considerando una percentuale di vuoto del 30%) quindi insufficiente anche per eventi con T_r 50 anni.

In particolare sulla trincea posta in prossimità di Via Francesco Castagna gravita una superficie impermeabile ragguagliata di poco più di 3.000 mq corrispondente al 36% della superficie complessiva ragguagliata (8.465 mq) mentre il restante 64% graviterà sulla trincea posta sul lato Fiume Mella.

Da queste proporzioni si determinano le lunghezze e i volumi utili dei due sistemi drenanti i cui valori, arrotondati per eccesso, risultano:

- Trincea 1: Lunghezza metri 55 - Volume utile 46 mc;
- Trincea 2: Lunghezza metri 95 - Volume utile trincea 80 mc;

I volumi di invaso superficiali al netto dei volumi utili della trincea risultano essere:

Per eventi critici T50 (anni):

- Invaso 1 = $(600 * 0,36) - 46 = 180 \text{ mc}$;
- Invaso 2 = $(600 * 0,64) - 80 = 304 \text{ mc}$.

Per eventi critici T100 (anni):

- Invaso 1 = $(690 * 0,36) - 46 = 202 \text{ mc}$;
- Invaso 2 = $(690 * 0,64) - 80 = 362 \text{ mc}$.

La pendenza del terreno di campagna in senso longitudinale rispetto alle trincee è con direzione da Nord a Sud con un valore di circa lo 0,4 %

I volumi necessari saranno ottenuti sagomando leggermente il terreno in prossimità delle trincee in modo da direzionare il deflusso superficiale in tali aree e contenere l'area allagabile nei margini indicati in planimetria.

L'area allagabile in concomitanza dell'evento critico di 100 anni, è rappresentata in cartografia come **area 1**, e avrà un battente massimo di circa 50 cm nel punto più a valle.

Il livello massimo raggiungerà quota assoluta di 114,10 m slm.

Fig. 2 Tabulato di calcolo Metodo sole piogge T50.

DIMENSIONAMENTO DI UN INVASO DI LAM. CON IL METODO DELLE SOLE PIOGGIE

LOCALITA'	Brescia	CORSO RICEVENTE	Infiltrazione su suolo
portata di infiltrazione	9,0		Vs
superficie scolante totale	2,2		ha
coefficiente di deflusso medio ponderale	0,384		psi

CASO A) EVENTI INFERIORI AD 1 ORA: inserire i dati della curva di possibilità pluviometrica

CPP	ARPA LOMBARDIA	periodo di ritorno T	50	località	BRESCIA
a	coefficiente per il tempo		57,2		
n	esponente del tempo		0,5		

Sviluppo dei calcoli in modo analitico al variare del tempo di durata della pioggia t, validità < un'ora:

t(ore)	A (ha)	pioggia(mm)	coeff.defl.	V piog (mc)	scarico(mc/s)	Vuscente	V accum
0,10	2,2	18	0,384	153	0,0090	3	150
0,20	2,2	26	0,384	216	0,0090	6	210
0,30	2,2	31	0,384	265	0,0090	10	255
0,40	2,2	36	0,384	306	0,0090	13	293
0,50	2,2	40	0,384	342	0,0090	16	325
0,60	2,2	44	0,384	374	0,0090	19	355
0,70	2,2	48	0,384	404	0,0090	23	382
0,80	2,2	51	0,384	432	0,0090	26	406
0,90	2,2	54	0,384	458	0,0090	29	429
1,00	2,2	57	0,384	483	0,0090	32	451

CASO B) EVENTI SUPERIORI AD 1 ORA: inserire i dati della curva di possibilità pluviometrica

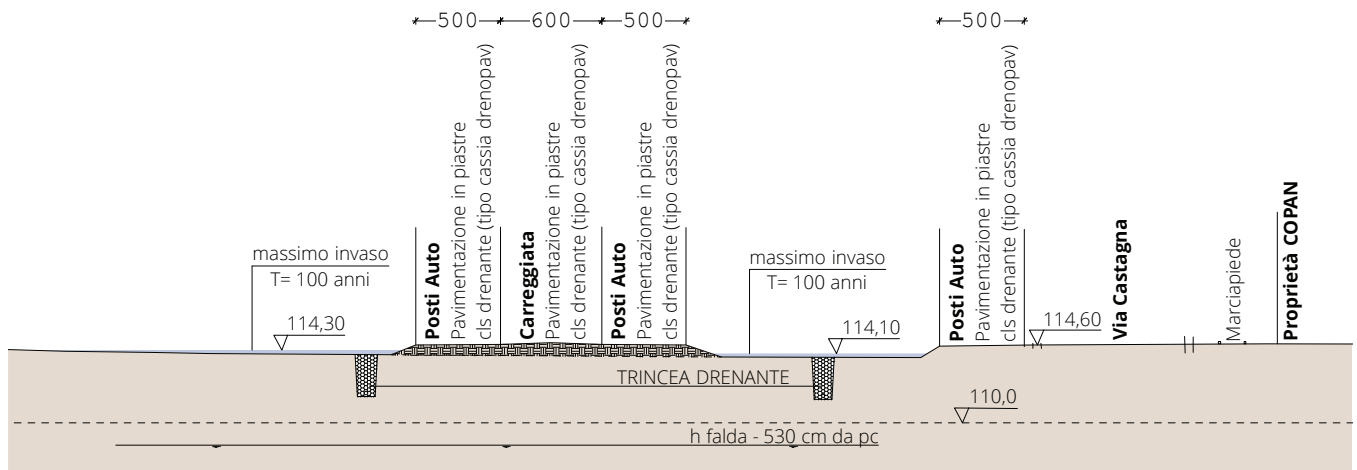
CPP	ARPA LOMBARDIA	periodo di ritorno T	50	località	BRESCIA
a	coefficiente per il tempo		57,2		
n	esponente del tempo		0,276		

Sviluppo dei calcoli in modo analitico al variare del tempo di durata della pioggia t, validità > un'ora:

1,00	2,2	57	0,384	483	0,0090	32	451
2,00	2,2	69	0,384	585	0,0090	65	520
3,00	2,2	77	0,384	654	0,0090	97	557
4,00	2,2	84	0,384	708	0,0090	130	579
5,00	2,2	89	0,384	753	0,0090	162	591
7,00	2,2	98	0,384	827	0,0090	227	600
9,00	2,2	105	0,384	886	0,0090	292	595
11,00	2,2	111	0,384	937	0,0090	356	580
13,00	2,2	116	0,384	981	0,0090	421	560
16,00	2,2	123	0,384	1 039	0,0090	518	520
20,00	2,2	131	0,384	1 105	0,0090	648	457

Fig. 3

Sezione tipo dell'area con indicate le massime quote di invaso nelle aree 1 e 2.



L'area allagata massima occuperà una superficie di circa 1.100 mq propagandosi in direzione nord per circa 80 metri oltre i quali si esaurisce il battente idrico.

Il franco minimo rispetto alla quota dei parcheggi è di circa 40 cm

Per l'area 2 si avrà un battente massimo di circa 40 cm nel punto più a valle in prossimità dello stradello di collegamento tra il parcheggio e il percorso attuale di accesso all'argine del Mella.

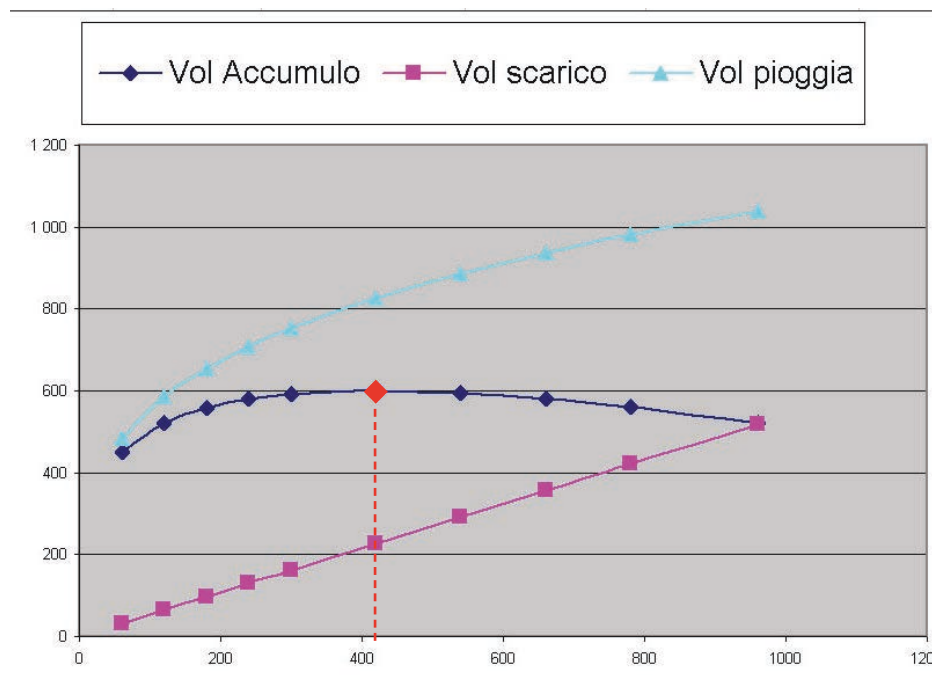
Il livello massimo raggiungerà quota assoluta di 114,30 m slm.

L'area allagata massima occuperà una superficie di circa 1.900 mq propagandosi in direzione nord per poco più di 100 metri oltre i quali si esaurisce il battente idrico.

Il franco minimo rispetto la quota dei parcheggi è di circa 30 cm.

Fig. 4

Curve temporali volumi pioggia catturati, volumi scaricati e Volume invaso richiesto T50 anni.



INTERVENTI DI DE-PAVIMENTAZIONE

Elaborato di riferimento: P3

Per quanto riguarda la riqualificazione stradale si prevede la realizzazione di aiuole su via Francesco Perotti e una rotonda con zona centrale a verde all'incrocio tra Via Francesco Perotti e Via Giuseppe Di Vittorio.

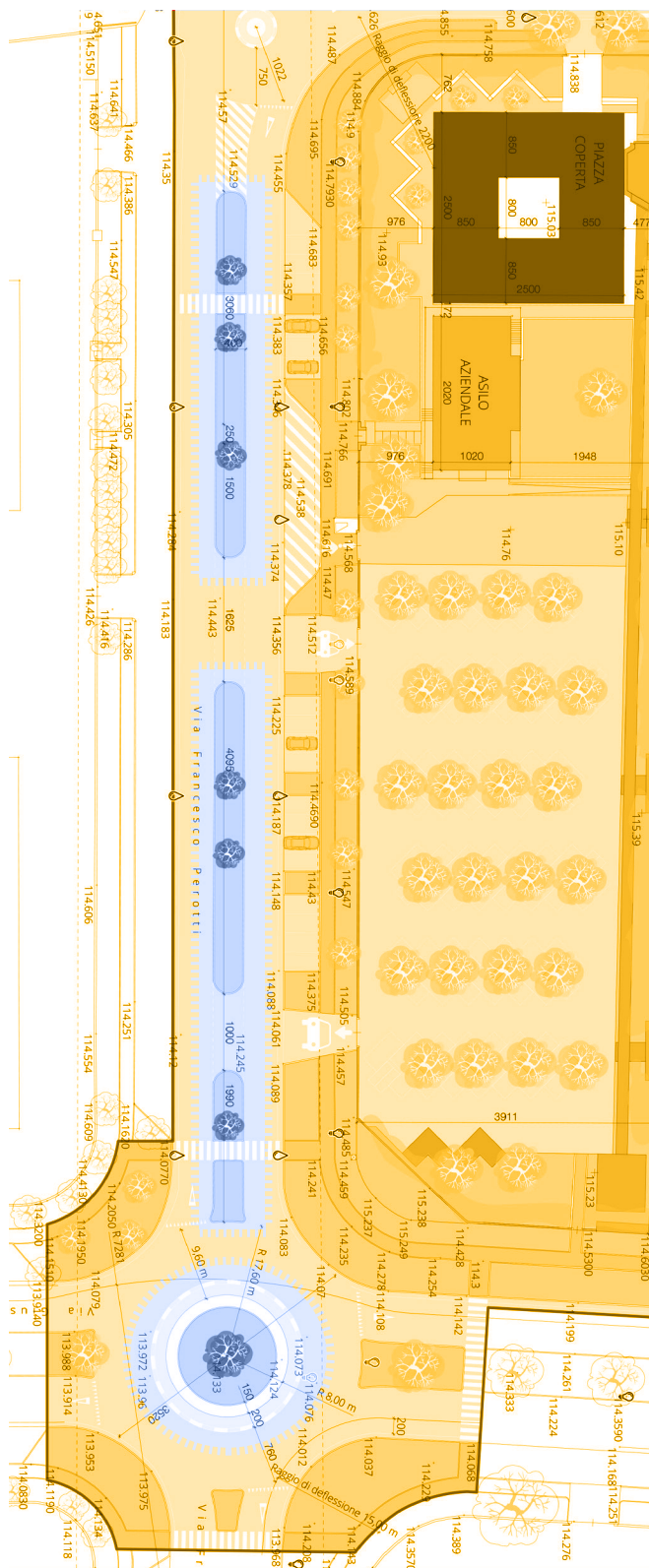
Per fare ciò è prevista una de-pavimentazione, con asportazione dell'asfalto fino al raggiungimento dei primi strati della sovrastruttura, per una superficie complessiva di circa 453 mq e una riduzione di circa 110 mq delle aiuole esistenti in prossimità dell'incrocio con Via Giuseppe Di Vittorio per fare spazio alla rotonda.

Nel complesso il bilancio dell'intervento sarà positivo in termini di riduzione delle superfici impermeabili per un valore di circa 343 mq.

La riduzione di afflusso di acque meteoriche in pubblica fognatura per eventi meteorici con T 50 anni e durata di 15 minuti, e stimato in circa 8 l/s.

Immagine a destra:

Estratto dall'Elaborato P3: evidenti i tratti di Via Perotti interessati dai interventi localizzati di depavimentazione.





GRUPPO DI LAVORO

arch	Francesco APOLLONIO
dott	Alessandro BUGATTI
ing	Ruggero FRUSCA
arch	Davide MUTTI
arch	Anna GOZZI
arch	Marco ROSINI
ing	Diego CARAFFINI
nat	Marco TORRETTA
ing	Cesare TREBESCHI
geol	Marco VENTURINI
ing	Paolo ZANOLI
agr	Gabriele ZOLA

12



Palazzo delle Professioni
Via G. Oberdan 1/a
25128 | Brescia | Italy

web site: www.smartfloor.it
email: info@smartfloor.it
phone: + 39 030 6463 606