



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile
Resilienza del costruito
A.a. 2022/2023
Sessione di Laurea Novembre 2023
Tesi di Laurea Magistrale

Recupero di aree industriali dismesse: il caso dell'ex Cotonificio Tabasso

Analisi tecnico-economica di un sistema
di gestione delle acque piovane

Relatrici:

Ing. Manuela Rebaudengo
Ing. Ilaria Butera
Ing. Barbara Ruffino
Ing. Tiziana Anna Elisabetta Tosco

Candidata:

Bertolino Giulia
Matricola s304552

*A tutti coloro che
mi hanno permesso di
raggiungere questo traguardo.*

Sommario

Abstract.....	3
Introduzione.....	5
1. Le aree industriali dismesse.....	7
1.1 Come nasce il problema delle aree industriali dismesse?	9
1.2 Dimensioni del problema	10
1.3 Aree dismesse o terreni vergini?.....	16
1.4 Riqualificazione dei siti industriali dismessi.....	18
1.5. Gestione di terre e rocce da scavo	21
1.5.1 Requisiti di terre e rocce da scavo qualificate come sottoprodotti.....	23
1.5.2 Normale pratica industriale	29
1.5.3 Matrici di riporto	30
1.5.4 Utilizzo di terre e rocce da scavo nel medesimo sito di produzione	35
1.5.5 Siti oggetto di bonifica	35
1.5.6 Documenti per la gestione delle terre e delle rocce da scavo.....	35
1.6 Trasformazioni aree industriali dismesse: casi studio	37
2. Il sito dell'Ex Cotonificio Tabasso	59
2.1 Analisi storica	59
2.2 Vincoli paesaggistici.....	64
2.3 Il progetto di recupero	69
2.3.1 Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica.....	70
3. Ipotesi di riqualificazione ambientale.....	75
3.1 Criteri ambientali minimi	75
3.2 Descrizione delle ipotesi progettuali.....	77
3.3 Dimensionamento pompe.....	80
3.3.1 Potenza della pompa 1	81
3.3.2 Potenza della pompa 2.....	85
3.4 Consumo di acqua della fontana.....	88
4. Dimensionamento del sistema di gestione dell'acqua piovana	91
4.1 Inquadramento normativo.....	92
4.2 Portata di acqua che confluisce in fognatura	93
4.3 Portate che la fognatura può ricevere	101
4.4 L'invarianza idraulica e idrogeologica	103

4.4.1	Recupero dell'acqua piovana	104
4.4.2	Dimensionamento delle tubazioni di scarico serbatoi.....	119
4.4.3	Infiltrazione dell'acqua nel terreno	124
4.4.4	Laminazione dell'acqua piovana	129
4.4.5	Classificazione delle opere di invarianza idraulica e idrologica.....	138
5.	Definizioni elementi progettuali	147
5.1	Aspetti progettuali dei serbatoi	148
5.2	Aspetti progettuali della fontana	153
5.3	Aspetti progettuali del rain garden	155
5.4	Aspetti progettuali della water square	157
5.5	Aspetti progettuali relativi alle tubazioni di collegamento	161
6.	Valutazioni economiche	163
6.1	Definizione dei costi di costruzione e realizzazione	163
6.1.1	Confronto tra valori di progetto e con migliori CAM.....	171
6.2	Confronti di casi studio	175
	Conclusioni	183
	Bibliografia	185
	Sitografia.....	186
	Allegato 1: Computo metrico estimativo	189
	Ringraziamenti	221

Abstract

Sin dagli anni Settanta e Ottanta, l'Italia e l'Europa sono soggette ad una delocalizzazione dei processi produttivi che hanno portato alla nascita di vuoti urbani, ovvero aree dismesse che nel tempo sono state oggetto di degrado e incuria, luoghi per attività non sempre lecite e causa di problemi ambientali e non solo. Infatti il recupero di tali siti è spesso ostacolato da valutazioni economiche non sostenibili a causa di interventi di bonifica che aumentano in modo esponenziale i costi da sostenere per il recupero, scoraggiando così gli investitori.

L'analisi di interventi realizzati non solo in Italia ma anche in ambito internazionale, ha permesso di evidenziare come l'intervento della pubblica amministrazione sia stato elemento fondamentale per poter concretizzare tali recuperi, in quanto il fine ultimo di tale soggetto economico non è il guadagno bensì il raggiungimento di benefici per l'intera collettività.

In questa linea di pensiero si colloca il caso utilizzato per l'analisi nella presente tesi: si tratta del recupero dell'ex area Tabasso di proprietà del Comune di Chieri, un sito industriale posto ai margini del centro cittadino, parzialmente riqualificato e attualmente oggetto di un Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica per il suo completamento.

In specifico, la tesi non interviene sulla proposta di riqualificazione di cui al P.F.T.E. , ma approfondisce il tema della gestione delle acque piovane all'interno del lotto analizzato sulla base dei concetti di invarianza idraulica e idrologica in una logica di miglioramento della proposta progettuale.

Il primo obiettivo posto riguarda la gestione del deflusso superficiale e della portata scaricata in fognatura in caso di eventi meteorologici intensi, attraverso alcune proposte progettuali e il dimensionamento di corpi idrici presenti sull'area già oggetto di intervento: si prevede la mitigazione di tali eventi evitando allagamenti e disagi ad essi collegati.

In secondo luogo, si è proceduto con il dimensionamento di serbatoi per lo stoccaggio dell'acqua piovana e il successivo riutilizzo di tale risorsa idrica in parziale sostituzione dell'acqua potabile prelevata dall'acquedotto. Si pone dunque l'accento al risparmio di acqua potabile utilizzando quella piovana, ovvero le acque grigie, ogni qualvolta sia possibile.

In seguito alle analisi dimensionali, sono state sviluppate alcune proposte progettuali, contenenti la determinazione dei relativi costi di costruzione e realizzazione, al fine di ottenere valori parametrici che potessero essere analizzati e confrontati con altri interventi similari già realizzati.

Since the 70s and 80s Italy and Europe have been suffering from a delocalization of the productive processes which made possible for urban empty spaces to develop. These are abandoned areas that with time have become deteriorated and not cared for, places where underworld can spread, causes of environmental issues and much more. Indeed the restoration of these sites has often been obstructed by negative economical evaluations due to cleanse interventions which increase exponentially the costs, discouraging investors.

The analysis of inventions carried out in Italy, but also internationally scope enabled to underline how the intervention of the public administration had been a fundamental element to make these restorations possible, since the ultimate goal of the economic subject it is not a profit, but the achievement of a benefit for the entire community.

An instance of this way of thinking is that used for the analysis in this master thesis, about the recovery of the former Tabasso Cotton Mill area, an industrial site placed on the outskirts of the town, partially requalified by the Chieri Municipality and at the moment part of a Technical and Economical Feasibility Project, leading the development of the area.

In this thesis is discussed the analysis of the rainwater management in the mentioned land based on concepts of hydraulic and hydrologic invariability.

The first part regards the management of the superficial discharge and the flow rate emptied in the drainage system in case of intense meteorological events. Through some project proposals and the dimensioning of the hydric bodies in the area object of the intervention, is considered the mitigation of such events, avoiding floods and related inconveniences.

The second part is about the scaling of the tanks for the rainwater and the following reuse of such hydric resource in partial substitution of the drinkable water from the water main. It is therefore emphasised the saving of drinkable water using the raining water, the so called grey waters, every time is possible.

After the dimensional analysis, project proposals have been developed with relative construction and realization costs to obtain parametrical values that could be analysed and compared with the costs sustained for similar interventions around the world. In the end it has been spotted the economic benefit that the whole project's solutions suggested could attain.

Introduzione

Il cambiamento dei processi produttivi che ha caratterizzato gli anni Settanta e Ottanta del secolo scorso ha comportato la modifica dei locali e, più in generale, dei luoghi di produzione con il conseguente abbandono di interi complessi all'interno dei principali centri urbani e non solo.

Considerando i costi connessi alla rimozione di elementi di degrado e, in alcuni casi, anche di pericoli per l'ambiente e la salute umana, gli investitori hanno sempre preferito andare ad occupare terreni vergini che non comportassero i costi di bonifica e per ottimizzare e velocizzare lo sviluppo immobiliare connesso alle operazioni aziendali.

Perseguire uno sviluppo sostenibile, non solo prevede il riutilizzo di terreni che sono già stati trasformati rispetto all'uso agricolo, "consumati" ma dove possibile anche il riutilizzo degli immobili già esistenti preservando così parte del patrimonio architettonico industriale.

Parallelamente all'utilizzo di terreni vergini e a fronte dell'evidente impermeabilizzazione delle zone urbane, si raggiungono sempre più frequentemente problematiche legate ai corpi idrici, in particolare alle reti di scarico ripetutamente sovraccaricate a causa di sezioni di fognatura insufficienti anche a fronte di precipitazioni sempre più intense e concentrate temporalmente. Per affrontare la problematica si può ricorrere a sistemi di drenaggio urbano sostenibile che permettono di mantenere le strutture fognarie esistenti e, al tempo stesso, di andare a gestire l'acqua piovana accumulandola e diminuendo anche il consumo di acqua potabile.

Oltre a valutazioni di tipo economico, trattandosi di aree industriali dismesse si deve porre l'attenzione al tema dell'inquinamento che riguarda soprattutto i materiali prodotti dall'attività di scavo. Una gestione sostenibile prevederebbe il loro riutilizzo in loco oppure come sottoprodotto, previa conferma del non superamento delle concentrazioni soglia di contaminazione.

Per questi motivi è stata approfondita la riqualificazione di un'area industriale posta ai margini del centro della città di Chieri, un'area già parzialmente riqualificata e attualmente oggetto di un Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica. Pertanto nell'ambito della presente tesi è stato approfondito il tema di gestione delle acque piovane andando ad analizzare e dimensionare sistemi per il suo recupero, ma anche sistemi che permettano la gestione (in particolare il deflusso) in caso di eventi estremi. In seguito al dimensionamento, sono state effettuate delle valutazioni di tipo economico andando a quantificare il costo di realizzazione dell'intervento e definendo il relativo costo parametrico che permetta l'applicazione delle considerazioni effettuate anche su differenti casi studio.

1. Le aree industriali dismesse

Fin dagli anni Settanta i siti industriali dismessi hanno rappresentato un elemento di degrado delle città contemporanee oltre che un ostacolo allo sviluppo e all'espansione delle periferie. Collegate a questa tipologia di siti vi sono numerose problematiche che variano da quelle sociali fino a quelle ambientali causate da degrado del suolo, contaminazione delle acque (con effetti sull'ecosistema) e, non ultimi, rischi per la salute dei cittadini.

Secondo le pubblicazioni effettuate dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici¹ (APAT) nel 2004 vi erano oltre 12.000 siti censiti solo in Italia, inclusi quelli potenzialmente inquinati; in particolare questi ultimi si differenziano in funzione di: possibile fonte di inquinamento, estensione e problematiche connesse. Non ultime sono le problematiche legate agli interventi di bonifica e di ripristino del sito, in quanto l'obbligo di effettuare tali procedure sarebbe a carico del responsabile dell'inquinamento² o solo in ultima istanza della Pubblica Amministrazione gravando sulle finanze pubbliche.

È possibile quindi elencare le difficoltà che ostacolano gli interventi di recupero dei siti industriali dismessi:

1. la complessità o l'impossibilità di far gravare i costi della bonifica e dei danni causati a terzi sul responsabile o sui responsabili dell'inquinamento;
2. la carenza di risorse economiche che non permette di avviare operazioni preliminari e interventi specifici;
3. i risultati di analisi economiche, in modo particolare dell'analisi costi benefici, che molto spesso non portano a pareri positivi per l'investimento, per tale ragione in molti casi si ricorre a collaborazioni tra soggetti pubblici e privati;
4. la mancanza di metodologie unificate e strumenti a supporto delle decisioni per le pubbliche amministrazioni e per i responsabili del procedimento per una valutazione oggettiva della convenienza economica, ma anche delle soluzioni più idonee.

Alla base di ogni possibile intervento su un'area dismessa si pone la redditività dell'investimento, ovvero la riqualificazione deve produrre benefici a livello economico che siano superiori ai costi sostenuti, valutando sia quelli relativi alle opere di trasformazione sia quelli legati alle bonifiche e alla messa in sicurezza del sito.

Possiamo definire le *aree dismesse* come tutti i siti che hanno la necessità di un intervento di riqualificazione, mentre i *siti inquinati* sono tutti quello che richiedono interventi di bonifica. L'intersezione delle due categorie di siti danno origine ai cosiddetti *brownfield*.

Il termine *brownfield* trova ufficialità nell'ambito normativo solo nel mondo statunitense, il CLARINET³ (2000), ovvero un Working Group composto dalle istituzioni di 16 paesi europei (Italia inclusa) coinvolto nell'individuazione di strategie per il recupero, ha fornito la definizione più autorevole in ambito europeo:

¹ Si tratta di un'agenzia governativa che svolge compiti e attività tecnico scientifiche di protezione dell'ambiente a libello nazionale italiano per la tutela delle risorse idriche e per la difesa del suolo.

² Secondo il Principio del "chi inquina paga" che è stato recepito dalla normativa internazionale durante la Conferenza di Rio de Janeiro nel 1992.

³ Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologies

“sites that have been affected by the former uses of the site and the surrounding land; are derelict or underused; have real or perceived contamination problems; are mainly in developed urban areas; require intervention to bring them back to beneficial use”.

Si può notare come questa definizione ponga l'accento sugli interventi di bonifica e di ripristino di tali siti, ma non metta in evidenza tutti gli effetti sociali ed economici che potrebbero essere connessi a tale recupero e quindi non ponga l'accento sulle possibili opportunità di sviluppo del sito stesso.

La definizione statunitense di *brownfield* sottolinea gli aspetti tralasciati dalla precedente definizione:

“Real property, the expansion, redevelopment, or reuse of which may be complicated by the presence or potential presence of a hazardous substance, pollutant, or contaminant”⁴.

In questo caso l'accento è stato posto sugli interventi di bonifica e di ripristino, non tratta aspetti come i contesti geografico, economico e sociale.

Unendo tutti gli aspetti evidenziati dalle due definizioni è possibile affermare che i brownfield siano dei siti industriali dismessi che necessitano di interventi di bonifica per i quali è necessario soffermarsi su vari aspetti come:

- contesto geografico;
- contesto sociale;
- esigenza di recupero;
- salute umana e salubrità dell'ambiente.

Possono rientrare nei brownfield i seguenti casi:

- aree per le quali è previsto un progetto di riqualificazione che non preveda la sola bonifica e ripristino dal punto di vista ambientale;
- aree per le quali è prevista l'applicazione delle attività di bonifica ma utilizzando soluzioni alternative alle procedure standard previste dalla normativa vigente.

Il concetto di *bonifica* prevede il ripristino delle concentrazioni al di sotto dei limiti di accettabilità delle concentrazioni delle sostanze inquinanti presenti nei suoli e nell'acqua secondo le disposizioni riguardanti i processi di bonifica, in particolare il Decreto Legislativo n. 152 del 2006.

Il decreto in oggetto suddivide il processo in tre fasi successive che possono essere intraprese dal responsabile dell'inquinamento, dal proprietario dell'area o dalla pubblica amministrazione. Si tratta di:

- individuazione della situazione di potenziale contaminazione con la notifica e la comunicazione agli enti competenti;
- interventi di messa in sicurezza di emergenza, se necessari, per evitare l'ulteriore diffusione della contaminazione;
- interventi di caratterizzazione del sito, sviluppo dell'analisi di rischio e, se necessario, progettazione ed implementazione degli interventi di bonifica.

⁴ Definizione fornita dalla United States Environmental Protection Agency (EPA), si tratta di un'agenzia per la protezione dell'ambiente e della salute umana.

Tenendo in considerazione che i tre soggetti sopra citati non coincidano e valutando le tre fasi individuate è possibile ammettere 27 combinazioni teoriche. Se vengono eliminati tutti i casi in cui la bonifica è stata effettuata dal responsabile o dal proprietario, le combinazioni possono essere ridotte:

1. quando il proprietario non è responsabile della contaminazione e la P.A. è costretta a intervenire;
2. l'area è pubblica e il proprietario non è responsabile dell'inquinamento;
3. l'area è di proprietà privata ed è il proprietario ad essere responsabile dell'inquinamento;
4. quando la pubblica amministrazione è responsabile dell'inquinamento ma non è proprietaria e interviene in tutte le fasi del processo;
5. quando i tre soggetti coincidono con la pubblica amministrazione e, di conseguenza, deve intervenire.

1.1 Come nasce il problema delle aree industriali dismesse?

A partire dalla fine del XIX secolo si ebbe un flusso migratorio che spinse sempre più persone a spostarsi dalle zone rurali verso i centri cittadini. Motivo di tale migrazione era la crescente diffusione di industrie all'interno del tessuto urbano, fabbriche che portarono allo sviluppo e alla crescita di svariati settori come quelli minerario, siderurgico e portuale.

Parallelamente alla crescita industriale, si ebbe un incremento demografico, ma anche migliori condizioni dal punto di vista economico. Soprattutto queste due motivazioni permisero la realizzazione di nuovi assi viari per il trasporto di persone, ma anche di merci. Si vide la progettazione e lo sviluppo di tutta una serie di nuovi servizi per i cittadini. L'apice di questo fenomeno espansivo dei centri urbani si raggiunse all'indomani della Seconda Guerra Mondiale, quando le città videro realizzati nuovi quartieri per poter ospitare intere famiglie di operai.

In seguito a tale fenomeno però si ebbe un periodo di flusso totalmente inverso. Si parla degli anni Settanta, quando le fabbriche dovettero cambiare regime in seguito alla crisi energetica del 1973. Si tratta infatti di un periodo dettato da una forte carenza di materie prime, in modo particolare del greggio che raggiunse prezzi tali da costringere gli industriali ad iniziare a considerare il risparmio energetico.

Un risparmio della quantità di materie prime impiegate nella produzione voleva dire rivedere completamente i processi produttivi all'interno delle fabbriche, ma cosa ancora più importante si iniziò a parlare di innovazione e internazionalizzazione tecnologica.

Tale fenomeno fu ancora più evidente negli anni '80 del Novecento, quando alla base del "disegno industriale" vi era un'organizzazione che dettava maggiori risultati in termini quantitativi, ma impiegando minori materie prime, minore impiego di manodopera e anche di spazio. Questo cambiamento portò anche allo spostamento delle industrie dai centri cittadini, dove furono insediate nei decenni precedenti, verso le zone periferiche portando quindi ad avere una distribuzione disomogenea delle fabbriche sul territorio.

A questo punto, però, rimaneva e rimane tutt'oggi il tema legato al riutilizzo delle aree ex-industriali che caratterizzano i centri cittadini costituendo elementi di degrado dal punto di vista estetico, architettonico e sociale.

È opportuno puntualizzare che il fenomeno dell'abbandono dei centri cittadini da parte delle fabbriche non ha interessato solo i paesi italiani, tale tendenza si è potuta verificare su scala mondiale con tempi e modalità differenti.

Infatti negli anni Settanta il fenomeno ha coinvolto gli Stati Uniti insieme all'Europa centrale e atlantica vedendo la dismissione e lo smantellamento di tutti quei settori produttivi, come quelli metallurgico, siderurgico e cantieristico. Per quanto riguarda l'Europa mediterranea, Italia inclusa, il fenomeno è iniziato alla fine del decennio, ma fu più violento negli anni Ottanta coinvolgendo grandi poli industriali come quelli delle città di Milano, Torino e Genova; in particolare a Torino nel 1982 si ebbe la chiusura dello stabilimento della FIAT Lingotto.

Al netto di quanto sopra riportato, possiamo distinguere due tipologie di processi di deindustrializzazione:

- deindustrializzazione assoluta: quella verificatasi nell'Europa centrale e che ha visto un calo della produttività con relativo incremento della disoccupazione;
- deindustrializzazione relativa: che vede l'alternanza di fasi di sviluppo e fasi di decrescita.

1.2 Dimensioni del problema

I dati relativi alle dimensioni del fenomeno non risultano precisi e aggiornati ma, nonostante ciò, permettono di avere un'idea riguardo all'estensione del fenomeno. Possiamo inoltre affermare come esso non riguardi solo la nazione italiana, ma l'intero mondo occidentale, tanto è vero che negli Stati Uniti esistono almeno 450.000 brownfield.

Da un'indagine del 2022, in Europa il fenomeno assume la seguente diffusione:

- 128.000 ettari in Germania;
- 39.600 ettari in Regno unito;
- 20.000 ettari in Francia;
- 10.000 ettari di Olanda;
- 9.000 ettari in Belgio;

mentre in Italia la sola città di Milano conta 1.260 ettari.

Questi dati, uniti ad altri, hanno permesso la restituzione di un grafico che facilita il confronto fra la situazione e l'estensione del problema delle aree dismesse e contaminate nei vari paesi europei.

Risulta evidente che la Germania è il paese con il maggior numero di siti contaminati e con la maggiore estensione di brownfield espressa in ettari.

La problematica facilmente riscontrabile nell'analisi dei dati risulta essere l'eterogeneità degli stessi che provoca difficoltà nel confronto e nella bonifica.

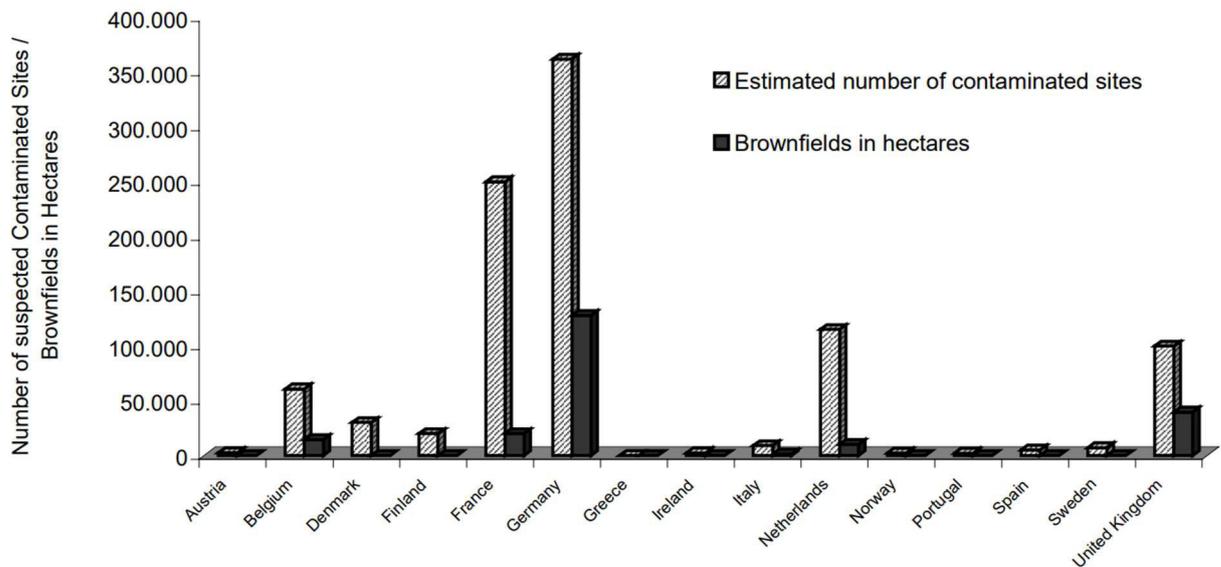


Figura 1: Siti contaminati e brownfield in Europa
(FONTE: *Brownfields and redevelopment of Urban Areas*, Clarinet, 2002)

Secondo i dati riportati non è possibile avere un'idea della dimensione del problema perché, ad esempio, 10 ettari di siti contaminati incide con un peso differente in funzione della superficie del territorio. Pertanto, per le località che possiedono dati certi è stato effettuato un rapporto rispetto alle superfici considerate ottenendo un valore espresso in percentuale che corrisponde a termini più facilmente paragonabili.

Regione	Superficie siti contaminati [ha]	Superficie regione [ha]	Percentuale di superficie coperta da siti contaminati
U.S.A.	450 000	983 400 000	0,05%
Germania	128 000	35 758 200	0,36%
Regno Unito	39 600	24 252 100	0,16%
Francia	20 000	67 541 700	0,03%
Olanda	10 000	740 000	1,35%
Belgio	9 000	3 053 600	0,29%

Tabella 1: Superficie siti contaminati per regione

Regione	Siti potenzialmente contaminati	Siti inseriti o inseribili in anagrafe			
		con sola indagine preliminare	con bonifica in corso	bonificati	totale
Piemonte	(a)	(b) 404	121	(c)86	611
Valle D'Aosta	5	3	3	4	10
Lombardia	1826	475	328	112	915
Trentino Alto Adige	583	162	54	29	245
Veneto	125	164	162	15	341
Friuli Venezia Giulia	144	26	13	0	39
Liguria	945	57	70	0	127
Emilia-Romagna	-	260	130	24	414
Toscana	1049	538	380	105	1023
Umbria	725	6	17	1	24
Marche	1574	(a)	(a)	(a)	104
Lazio	329	110	108	0	220
Abruzzo	(a)	(a)	(a)	3	(a)
Molise	9	2	13	1	16
Campania	1324	60	169	3	232
Puglia	566	(a)	(a)	(a)	(a)
Basilicata	890	(a)	(a)	(a)	117
Calabria	696	(a)	(a)	(a)	(a)
Sicilia	721	57	6	5	68
Sardegna	703	276	46	2	324
TOTALE	12214	2196	1620	304	4830
(a) valutazione in corso, dati non disponibili per l'edizione 2004 dell'annuario					
(b) di cui 56 siti con piano della caratterizzazione presentato ma non approvato					
(c) di cui 64 siti con intervento non necessario					

*Tabella 2: Siti potenzialmente contaminati e da bonificare per regione
(FONTE: Annuario dei dati ambientali dell'Apas - edizione 2004)*

Analizzando i dati a livello nazionale questi risultano frammentari e non omogenei, questo perché sono stati raccolti attraverso questionari redatti da APAT e ARPA locali. L'eterogeneità dei dati disponibili è frutto di strumenti che sono stati attivati da alcune regioni, ma seguendo modalità di raccolta e archiviazione differenti, a ciò si somma una scarsa (se non quasi nulla) condivisione dei dati e delle informazioni disponibili.

I risultati di tale indagine (riportata nell'Annuario APAT del 2004), evidenzia come degli oltre 12.000 siti potenzialmente inquinati solo 5.000 siano da bonificare.

Non essendo presenti piani di bonifica a livello nazionale, nel 2004 la situazione vedeva l'attivazione di alcuni piani a livello regionale, in particolare nelle seguenti 11 (regioni): Piemonte, Lombardia, Veneto, Liguria, Toscana, Umbria, Marche, Lazio, Campania, Basilicata, Sicilia e Provincia Autonoma di Trento.

Per quanto concerne l'Emilia Romagna, essa ha demandato alle provincie (nel 2004 si parlava ancora di provincie e non di città metropolitane) l'onere, disponendo solo di alcune linee guida di carattere generale. In altri casi invece si hanno linee guida frammentarie oppure Piani regionali che non risultano più in linea e conformi con le normative vigenti in materia.

In funzione delle indagini effettuate è possibile dire che allo stato attuale (in riferimento all'anno 2004) solo 1034 siti risultano essere definibili come brownfield e risultano essere distribuiti nelle varie regioni italiane come riportato nella seguente tabella.

Regione	Siti brownfield
Piemonte	40
Valle D'Aosta	2
Lombardia	690
Trentino Alto Adige	-
Veneto	-
Friuli Venezia Giulia	-
Liguria	-
Emilia-Romagna	2
Toscana	192
Umbria	19
Marche	18
Lazio	6
Abruzzo	-
Molise	-
Campania	4
Puglia	-
Basilicata	13
Calabria	-
Sicilia	15
Sardegna	-
TOTALE	1034

Tabella 3: Siti definibili come brownfield per Regione

(FONTE: Dati ARPA 2005 e Piano regionale di bonifica per le Regioni o le Province autonome)

Passando ad una scala locale, il monitoraggio dei siti industriali dismessi è stato e viene tutt'oggi effettuato per progetti come quello promosso dalla città metropolitana di Torino: "30 metro"⁵.

Il progetto è stato promosso dalla città metropolitana stessa con la collaborazione di Fondazione LINKS, Confindustria Piemonte e Consorzio per gli Insediamenti Produttivi del Canavese. L'obiettivo di tale iniziativa è quello di individuare le potenzialità a livello territoriale e urbano con l'insediamento di nuove attività produttive, ma al tempo stesso ci si pone l'obiettivo di recuperare le aree dismesse che sono presenti sul territorio.

⁵ L'indagine è stata pubblicata a novembre 2019.

Il progetto è composto da più fasi:

- la prima prevede la mappatura di tutte le aree industriali dismesse che hanno una superficie superiore a 5.000 metri quadrati, risultano essere oltre 130 aree;
- la seconda fase prevede invece la realizzazione web georeferenziata che contiene tutte le informazioni sulle aree dismesse che sono state mappate nella fase precedente.

I siti dismessi che sono stati rilevati risultano essere distribuiti come nella seguente immagine, inoltre ciascuno di essi contiene informazioni come di seguito riportate.

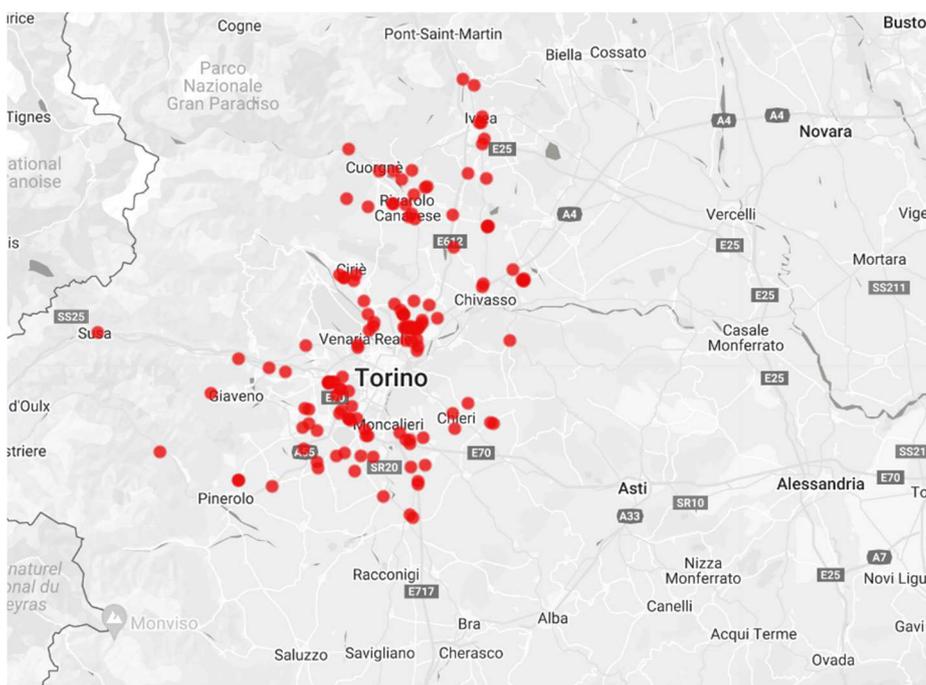


Figura 2: Mappa aree industriali dismesse della Città Metropolitana di Torino (FONTE: Progetto Trentametro)

La mappatura in oggetto però considera come aree dismesse anche terreni che non sono stati oggetto né di trasformazioni né di demolizione dei fabbricati esistenti, si tratta di infatti terreni vergini. Una motivazione dell'inserimento di codesti siti potrebbe essere legata al fatto che si trovino in zone industriali poste ai margini dei centri urbani.

Un'altra nota da considerare riguarda la contaminazione, per molti siti è stata segnalata la presenza di amianto, evidenziato probabilmente a seguito di un'indagine visiva, ma non sono stati redatti piani di caratterizzazione con successivi campionamenti per poter distinguere i siti che possono essere classificati semplicemente come siti dismessi dai brownfield.

Un'altra mappatura a scala locale sul territorio piemontese è stata redatta da "CENTRO ESTERO INTERNAZIONALIZZAZIONE PIEMONTE Agency for Investments, Export and Tourism" che ha intrapreso un rapporto sinergico di cooperazione tra sistema istituzionale e mondo imprenditoriale. In tal caso l'obiettivo è quello di migliorare l'attrattività e la competitività sul territorio piemontese; pertanto, insieme a Confindustria Piemonte e Ceipiemonte è stata realizzata la "Mappatura delle aree industriali dismesse e libere per l'attrazione di investimenti sul territorio piemontese".

In tal caso la schedatura è stata realizzata fornendo le seguenti indicazioni:

- descrizione del lotto;

- accessibilità (autostrade, aeroporti, ferrovia, interporto);
- superficie fondiaria;
- superficie coperta;
- destinazioni d'uso ammesse;
- utilizzo precedente.

Dai due esempi riportati si evince che non sono state raccolte le stesse informazioni; pertanto, i dati non possono essere “sommati” fornendo una mappatura più ampia. Questo è il problema principale per la caratterizzazione del fenomeno: non essendoci un ente che svolga o fornisca delle linee guida per lo svolgimento della mappatura, le informazioni non saranno complete e non si riuscirà ad avere una visione completa della situazione aree dismesse e brownfield sia a livello territoriale che a livello nazionale, europeo e così via.

Dati più attendibili vengono forniti dall'ente Arpa Piemonte che si è occupati del censimento dei siti contaminati andando a realizzare un'anagrafe a livello regionale che fornisce una visione degli impatti sulle matrici ambientali. Secondo i dati aggiornati al 1° marzo 2023 i siti soggetti a censimento sul territorio piemontese sono 2012 dei quali 824 sono sottoposti a procedimenti attivi, mentre per i restanti i procedimenti sono stati conclusi. Nella prima categoria rientrano i siti potenzialmente contaminati e i siti contaminati accertati, mentre nel secondo gruppo sono inclusi i siti per i quali l'intervento non è necessario, i siti con intervento concluso e quelli Valutati non contaminati a seguito analisi dei rischi.

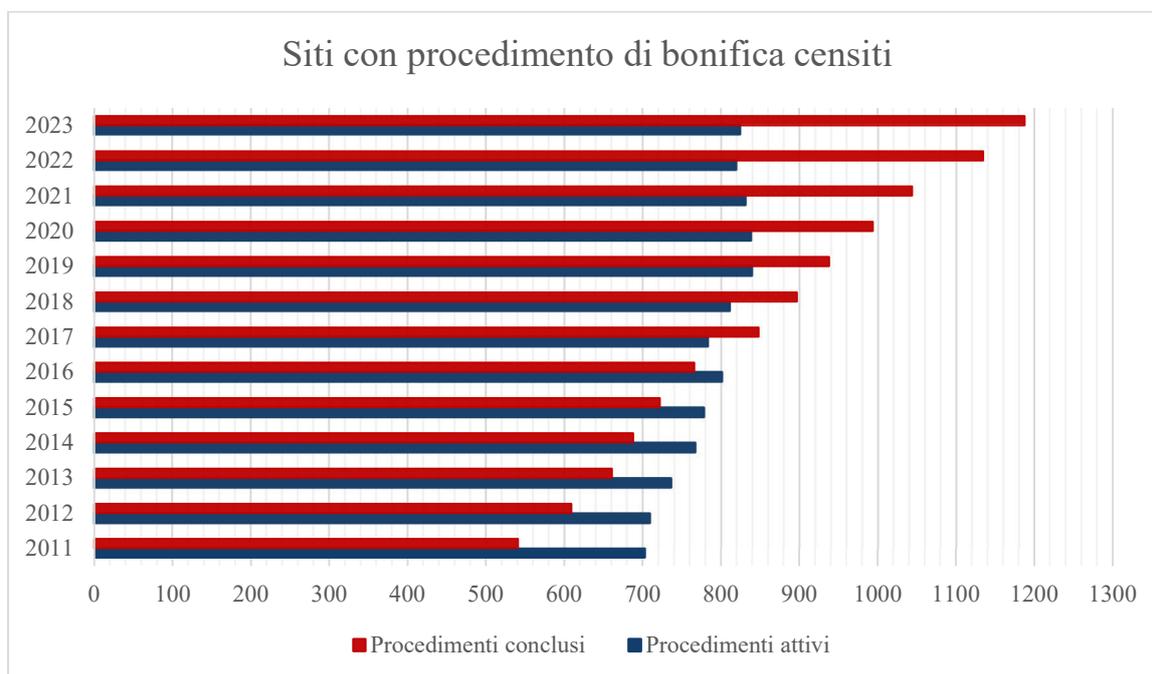


Grafico 1: Siti con procedimento di bonifica censiti (FONTE DATI: Arpa Piemonte)

Il numero di siti che vengono censiti e inseriti nell'anagrafe regionale permette di tenere traccia di tutti i siti che sono soggetti al processo di bonifica, ma per avere una visione più dettagliata della situazione si deve effettuare anche una suddivisione tra i siti soggetti a procedimenti di bonifica in corso da quelli con procedimento concluso come riportato nel grafico 1.

Nel grafico successivo (grafico 2) sono indicati i siti che vengono inseriti nell’anagrafe in relazione ai siti nei quali il procedimento di bonifica viene concluso nello stesso anno andando a definire il saldo dei siti attivi presenti sul territorio regionale.

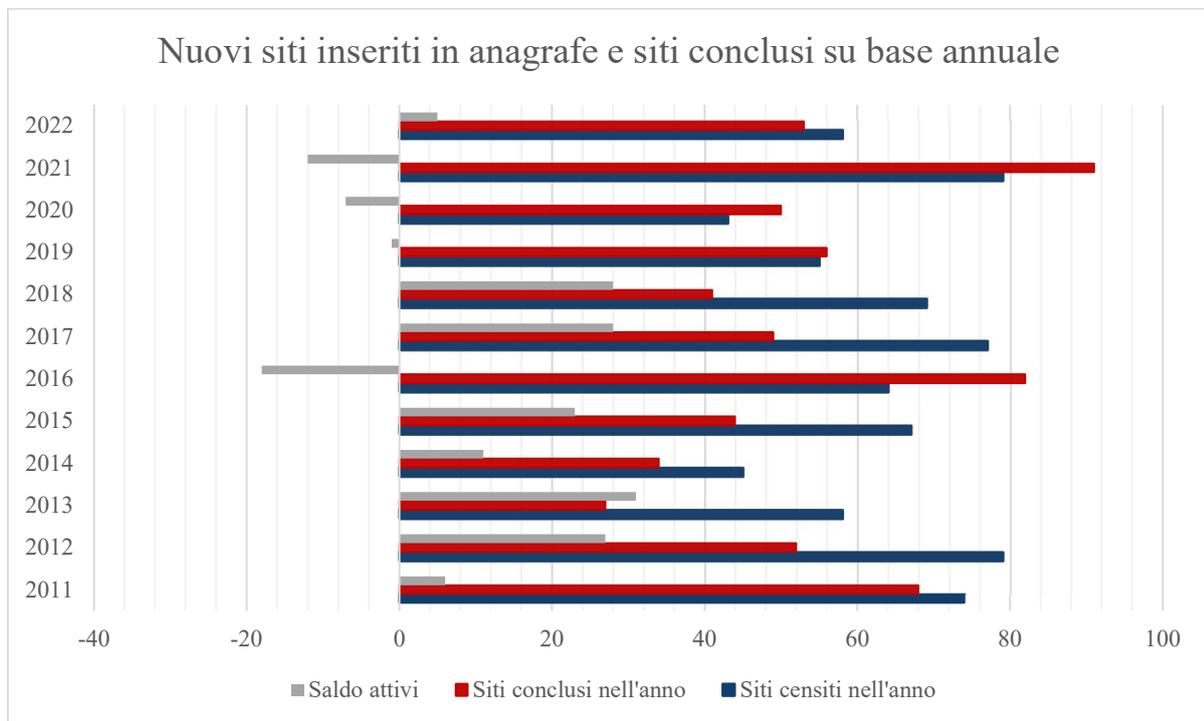


Grafico 2: Nuovi siti inseriti in anagrafe e siti conclusi su base annuale (FONTE DATI: Arpa Piemonte)

1.3 Aree dismesse o terreni vergini?

Per poter procedere con la realizzazione di un progetto, che sia esso di ampliamento o ex-novo, è fondamentale trovare un sito che lo possa ospitare. Sono sempre stati preferiti dei siti incontaminati dove poter realizzare edifici e strutture senza particolari vincoli, lasciando dei vuoti o delle aree dismesse all’interno di zone urbane.

Perché non scegliere un’area dismessa (o un brownfield) piuttosto che un terreno definito come greenfield?

Per prima cosa è necessario fornire una definizione di greenfield, si riporta quella dell’Agenzia Europea per l’Ambiente (EEA): *“Land on which no urban development has previously taken place; usually understood to be on the periphery, of an existing built-up area”*.

Si tratta, dunque, di aree di vaste dimensioni che sono collocate ai margini delle città, in particolare nelle zone rurali che caratterizzano le periferie; infatti, sono terreni incontaminati generalmente utilizzati per l’attività agricola. Proprio perché sono incontaminati non hanno necessità di far fronte ai costi e ai tempi legati alle attività di bonifica e presentano minori rischi per la salute umana e per l’ambiente. Inoltre, non si deve tralasciare il fatto che non siano necessari interventi di demolizione dei fabbricati presenti sul sito.

Si desume, dunque, quelle che sono le prime due motivazioni per cui i promotori di uno sviluppo immobiliare o industriale prediligano un terreno vergine, inoltre, da quanto riportato

conseguono minori costi per la trasformazione e una riduzione anche dei tempi necessari per l'esecuzione e di quelli burocratici (segue nuovamente una riduzione dei costi).

Un ulteriore vantaggio è rappresentato dal fatto che la posizione in zone scarsamente urbanizzate permette l'ampliamento in caso di crescita dell'azienda.

Non ultimo è il punto di vista sociale, in quanto il dislocamento in aree urbane permette la riduzione del traffico cittadino, ma molto spesso non permette l'utilizzo di mezzi pubblici per il raggiungimento del sito seguendo una chiave di sviluppo sostenibile.

Vi sono anche degli svantaggi collegati alla scelta di una collocazione periferica, tali siti richiedono la realizzazione di nuovi sistemi infrastrutturali che permettano il collegamento dell'area oggetto di trasformazione con il resto della città o dell'area urbana. Si tratta prevalentemente di strutture collegate alle opere di urbanizzazione facendo particolare riferimento a condutture di acqua e gas e all'allacciamento della fognatura, oltre a linee telefoniche e della luce. Pertanto, la trasformazione potrebbe risultare molto più dispendiosa rispetto ad un sito ubicato in aree urbane.

Il costo collegato alla trasformazione di un terreno vergine non è solo quantificabile in termini monetari perché potrebbe essere causa di deforestazione e di distruzione degli habitat naturali incrementando la pressione esercitata sull'ambiente e contrastando ogni principio di sviluppo sostenibile.

Secondo quanto riportato nel Brundtland report, uno sviluppo sostenibile dovrebbe permettere di soddisfare i bisogni degli attuali utenti senza compromettere le generazioni future. A ciò si contrappone la scelta dei promotori (o proponenti) di utilizzare siti greenfield piuttosto che aree industriali dismesse. Le motivazioni sono principalmente due:

1. gli elevati costi legati ai processi di recupero;
2. nell'analisi della scelta del sito non si valuta il beneficio sociale collegato al riutilizzo di un'area in disuso.

Nonostante gli svantaggi dal punto di vista ambientale, i soggetti privati sono sempre più propensi all'utilizzo di un'area incontaminata a discapito delle valutazioni etiche che porterebbero a riutilizzare quanto disponibile nell'ottica di un recupero.

Secondo il World Investment Report nel 2022, i progetti di investimento greenfield sono incrementati del 15% rispetto all'anno precedente, andamento in netto contrasto con quanto avveniva nel 2018.

La trasformazione dei siti dismessi in ambito urbano presenta una soluzione che risponde ai bisogni sociali. Se viene adottato un approccio sistemico, oltre a valutare costi e ricavi (ovvero benefici finanziari), si può determinare l'impatto sulla sfera sociale, ambientale ed economica.

Sulla base delle caratteristiche che presenta il sito, sia per il terreno che per l'ubicazione, le trasformazioni che possono essere ipotizzate possono prevedere delle destinazioni d'uso residenziale, commerciale, industriale oppure mix funzionali come parchi e aree per attività

ludiche. Si possono, dunque, evidenziare due tipologie di benefici: quelli riguardanti l'area e quelli che riguardano la comunità.

Nel primo caso si hanno i benefici locali, appartenenti al lotto, si tratta in particolare della centralità dell'area, delle scelte di pianificazione per l'area e l'andamento del mercato immobiliare. Si possono, dunque, evidenziare i seguenti indicatori:

- valore posizionale;
- qualità ambientale;
- accessibilità e distanza dalle infrastrutture;
- dimensione
- andamento del mercato immobiliare.

In secondo luogo, si hanno i benefici per la collettività che possono essere tradotti in benefici di tipo occupazionale e ambientale che comprendono il miglioramento per la salute, la sicurezza e la qualità della vita.

Infine, l'Agenzia per la protezione dell'Ambiente e del Territorio considera un ulteriore beneficio, ovvero il risparmio del suolo non urbanizzato. Tale orientamento viene sancito da alcune leggi regionali e inoltre si stanno sviluppando e finalizzando leggi a livello nazionale e linee guida.

1.4 Riqualificazione dei siti industriali dismessi

Il procedimento di riqualificazione ha inizio con l'eliminazione parziale o totale del danno ambientale, anche a favore della salute di chi vive in quell'area. Questo primo passo deve essere svolto tutte le volte che le concentrazioni delle sostanze definite come contaminanti superano la soglia di rischio definita dalla normativa vigente. La normativa stessa impone che l'intervento di bonifica risulti essere a carico del responsabile (che ne ha tratto i profitti), quando ciò non sia possibile l'intervento influisce sulle risorse economiche della Pubblica Amministrazione. È proprio in questa fase che si ha il maggiore costo, però l'intervento di recupero va a buon fine quando i benefici dello stesso superano i costi che sono stati sostenuti.

Le due principali problematiche che rendono difficoltosi gli interventi di bonifica a carico della Pubblica Amministrazione sono le seguenti:

- nella maggior parte dei casi gli Enti Locali non dispongono delle competenze necessarie per gestire in modo autonomo gli interventi di bonifica;
- la Pubblica Amministrazione ha difficoltà a reperire (e soprattutto ad anticipare) le risorse finanziarie per gestire questa tipologia di interventi in modo autonomo.

Affinché un soggetto privato decida di valutare l'effettiva possibilità di intraprendere un progetto di trasformazione di un brownfield, alla base vi deve essere un rapporto tra costi e ricavi prossimo a uno, in modo tale che vi siano dei benefici per lo stesso soggetto. Ciò risulta difficoltoso ogni qualvolta non vi sia l'intervento della parte pubblica che integri le risorse finanziarie del progetto.

In letteratura, sulla base di interventi già realizzati, è possibile distinguere tre differenti strategie di intervento (come rappresentato nel grafico 2) che risultano essere:

1. nel primo caso di tratta di interventi che riguardano solo soggetti privati e questa casistica risulta possibile quando i ricavi di progetto superano i costi ottenuti dalla somma delle spese di bonifica e di trasformazione;
2. nel secondo caso vi è l'intervento dei soggetti pubblici mediante una forma di regolazione dell'operazione oppure mediante un supporto finanziario (ad esempio un fondo perduro o similari);
3. il terzo caso rappresenta la situazione nella quale il rapporto tra costi e valore finale del progetto non risulta positivo, pertanto non attrae investitori privati, di conseguenza, l'operatore pubblico deve essere in grado di finanziare l'intervento sull'area in oggetto.

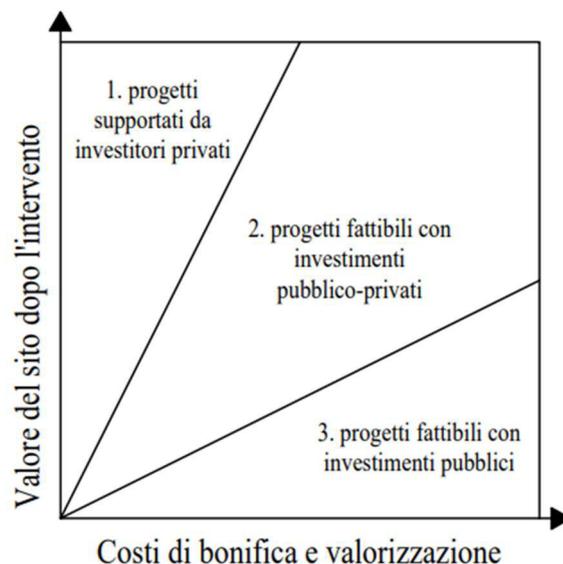


Grafico 3: Tipologie di aree industriali dismesse e strategie di intervento (FONTE: Linee Guida APAT 2004)

La retta del grafico 4 ci indica il punto di equilibrio tra i costi che devono essere sostenuti per il recupero di un sito e i ricavi che possono essere ottenuti dallo stesso. Si tratta inoltre della condizione minima per il coinvolgimento di operatori privati. Sopra alla diagonale si possono trovare tutti i progetti che sono realizzabili da investitori privati per i quali la condizione principale è che l'intervento produca dei ricavi che siano superiori rispetto ai costi che devono essere sostenuti, in tal modo gli sviluppatori del progetto possono ottenere una quota di extraprofitto. In caso contrario, è necessario l'intervento di operatori pubblici il cui fine ultimo è un beneficio per la collettività.

Vi possono inoltre essere soluzioni ibride che prevedono il coinvolgimento di soggetti privati (da parte di soggetti pubblici) per la trasformazione di un sito. In tal caso gli investimenti che vengono intrapresi devono essere in grado di traslare il punto b_1 sulla diagonale, ovvero all'equilibrio, dando così la possibilità di instaurare una collaborazione tra operatori pubblici e privati. Tale collaborazione può essere tradotta in una forma di partenariato pubblico-privato raggiungibile seguendo due diverse strade:

1. nel primo caso la pubblica amministrazione può intervenire da un punto di vista normativo oppure aumentando i ricavi dell'investimento fornendo un parziale finanziamento, in tal caso il punto b_1 verrebbe traslato verso il punto b_2 ;

- nel secondo caso si tende ad una riduzione dei costi sostituendo le attività di bonifica del sito con azioni di messa in sicurezza oppure optando per ridurre i costi di valorizzazione del sito, quindi traslando il punto b_1 verso b_3 .

In seguito alle valutazioni riportate, si evince che il rapporto costi ricavi, e di conseguenza il grafico relativo, sono fortemente influenzati dalla tipologia di operatore che intraprende l'azione, pubblico o privato, e dalle collaborazioni che possono essere instaurate tra essi.

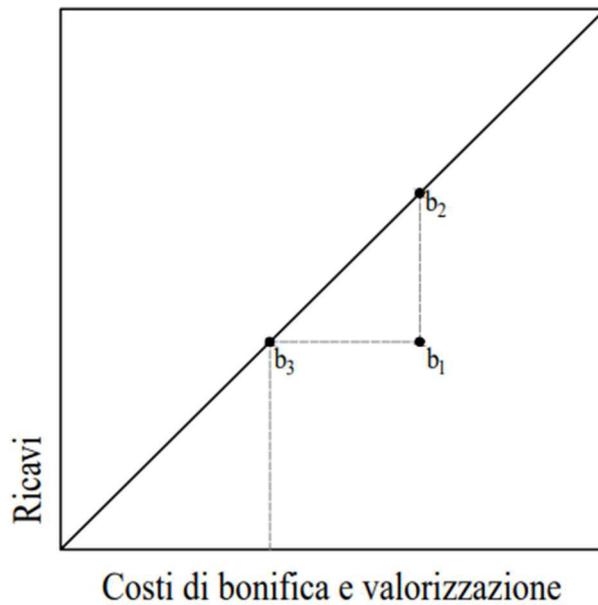


Grafico 4: Costi e benefici finanziari dell'intervento sui brownfield (FONTE: Linee Guida APAT 2004)

1.5. Gestione di terre e rocce da scavo

Il sito oggetto di analisi sorge su un'area che, sin dalle sue origini, era destinata ad attività di tipo industriale, in particolare vi era una manifattura tessile, attività che in teoria potrebbe aver determinato la contaminazione del terreno. La problematica dell'inquinamento è anche legata e accentuata dal fatto che nel passato vi fosse una minore attenzione in merito ai temi di carattere ambientale e alle possibili ricadute che essi possono avere sulla salubrità di luoghi e spazi urbani situati in prossimità dei siti produttivi.

La realizzazione delle opere per il recupero dell'acqua piovana porta ad effettuare delle attività di scavo diffuse in tutto il lotto pertanto si deve porre attenzione e non trascurare la possibile presenza di agenti inquinanti che potrebbero essere presenti nel terreno.

Nel caso in cui venga evidenziata la presenza di contaminanti, in seguito alla caratterizzazione del sito, l'obiettivo che ci si pone è quello di prendere tutte le precauzioni necessarie per evitare la diffusione della contaminazione sia entro il sito di interesse sia fuori dallo stesso; allo stesso tempo si vuole anche definire scelte progettuali adatte, in funzione del reale stato dei luoghi, per permettere di definire eventuali misure correttive e/o di mitigazione da porre in atto in fase esecutiva.

Gli elementi e i composti che potrebbero essere considerati agenti inquinanti sono numerosi e possono essere di varia tipologia; si tratta generalmente di sostanze di origine antropica che possono essere distinte tra sostanze organiche e inorganiche.

L'articolo 2 del D.P.R. n.120 del 13 giugno 2017 definisce le *terre e rocce da scavo* come segue: *“il suolo escavato derivante da attività finalizzate alla realizzazione di un'opera, tra le quali: scavi in genere (sbancamento, fondazioni, trincee); perforazione, trivellazione, palificazione, consolidamento; opere infrastrutturali (gallerie, strade); rimozione e livellamento di opere in terra”*. All'interno della definizione riportata, non vengono considerate opere la sola produzione di materiale per l'utilizzo in un altro sito (ad esempio l'attività svolta nelle cave) e la bonifica in un sito contaminato.

Attualmente le terre e rocce da scavo vengono gestite secondo quanto riportato nel D.P.R. 120/2017 è stato predisposto ai sensi dell'articolo 8 del Decreto Legge n. 133 del 12 settembre 2014, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164; si tratta di un decreto composto da 31 articoli suddivisi in 6 Titoli e 10 allegati.

Il riferimento normativo, però, racchiude tutte le procedure operative, fatta eccezione per:

- Siti oggetto di bonifica che si fa riferimento all'articolo 242 del D. Lgs. 152/06 che ha sostituito D.L. 133/14;
- Cantieri in siti oggetto di bonifica;
- Aree minerarie dismesse in zona SIN (ovvero Siti di Interesse Nazionale).

Il tema delle terre e rocce da scavo è stato inserito nel Decreto Legge n. 13 del 24/03/2023, facendo riferimento all'articolo 48 *“Disposizioni per la disciplina delle terre e rocce da scavo”*. L'obiettivo è quello di semplificare le procedure in modo tale da assicurare il rispetto delle tempistiche di attuazione del P.N.R.R. Nel caso venisse emanato il decreto attuativo andrà ad abrogare il D.P.R. 120/2017.

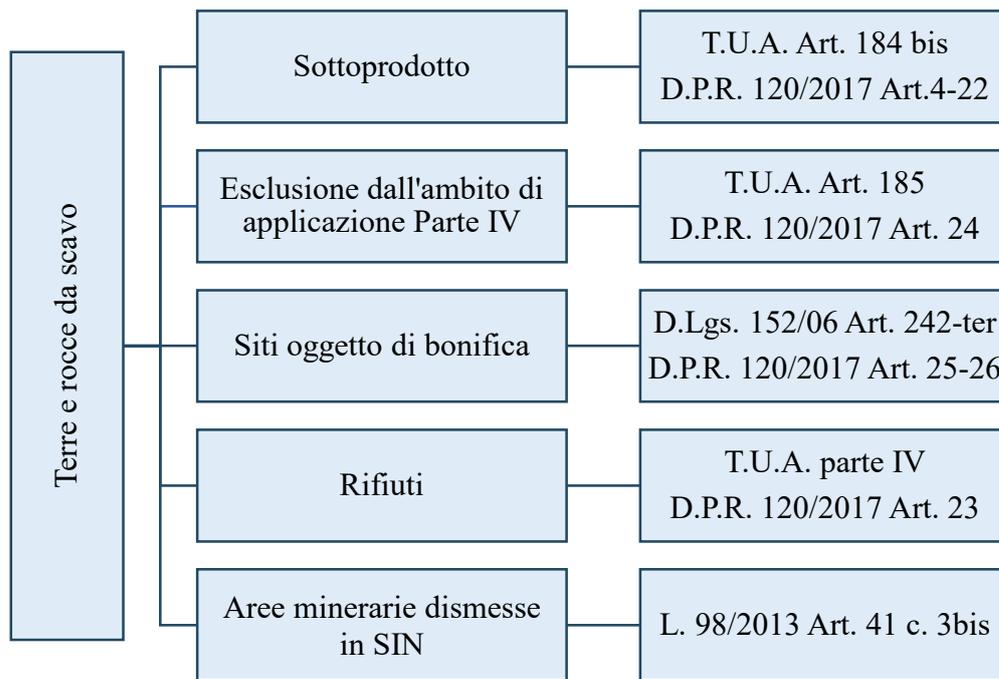


Grafico 5: Schema riferimenti normativi per la gestione di terre e rocce da scavo

Il D.P.R. 120/2017 non può essere applicato per l’immersione in mare di materiale proveniente da attività di scavo e per attività legate alla posa di cavi e di condotte in ambiente marino (in mare).

Il riferimento normativo in oggetto permette la suddivisione delle terre e rocce da scavo in varie categorie che vengono di seguito riportate:

- esclusione ai sensi dell’articolo 185 del T.U.A., si tratta del caso in cui terre e rocce da scavo vengono classificate come materiale naturale privo di contaminazione che viene riutilizzato in sito senza trattamenti;
- sottoprodotti che vengono ulteriormente suddivisi in:
 - proveniente da piccoli cantieri (compresi quelli sottoposti a VIA o AIA) oppure da grandi cantieri non sottoposti a VIA;
 - provenienti da grandi cantieri soggetti a VIA;
- rifiuti;
- terre e rocce da scavo in siti oggetto di bonifica (quindi contaminati).

Per cantiere di grandi dimensioni non soggetti a VIA o AIA si intende un: “*cantiere in cui sono prodotte terre e rocce da scavo in quantità superiori a seimila metri cubi, calcolati dalle sezioni di progetto, nel corso di attività o di opere soggette a procedure di valutazione di impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale di cui alla Parte II del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152*” (definizione riportata nell’articolo 2, comma 1, lettera u) del D.P.R. 120/17).

Per cantiere di piccole dimensioni, che sia esso soggetto o non soggetto a VIA o AIA, si intende un: “*cantiere in cui sono prodotte terre e rocce da scavo in quantità non superiori a seimila metri cubi, calcolati dalle sezioni di progetto, nel corso di attività e interventi autorizzati in base alle norme vigenti, comprese quelle prodotte nel corso di attività o opere soggette a valutazione d'impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale di cui*

alla Parte II del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152” (definizione riportata nell’articolo 2, comma 1, lettera t) del D.P.R. 120/17).

1.5.1 Requisiti di terre e rocce da scavo qualificate come sottoprodotti

Secondo quanto riportato all’articolo 184-bis del D. Lgs. 152/2006, si definisce *sottoprodotto* qualsiasi sostanza, in particolare terre e rocce da scavo, che rispetti i seguenti requisiti:

- devono essere prodotte durante la realizzazione di un’opera di cui costituiscono parte integrante; quindi, lo scopo principale dell’attività di scavo non deve essere la produzione del materiale per riutilizzarlo in un altro sito;
- il riutilizzo dei sottoprodotti deve essere effettuato in conformità con quanto dichiarato dal piano di utilizzo o dalla dichiarazione di utilizzo a seconda dei casi, inoltre il materiale può essere riutilizzato sia all’interno del sito di produzione che in un sito differente, ma anche all’interno di alcuni cicli produttivi di natura differente andando a sostituire il materiale da cava;
- al di fuori dei trattamenti previsti dalla normale pratica industriale non è consentito alcuna manipolazione;
- il materiale identificato come sottoprodotto deve rispettare tutti i requisiti di qualità ambientale al fine di non costituire una causa di contaminazione.

1.5.1.1 Terre e rocce da scavo prodotte in grandi cantieri soggetti a VIA o AIA

Escludendo dal presente paragrafo i cantieri di grandi dimensioni non sottoposti a Valutazione dell’Impatto Ambientale (VIA) o Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) ovvero qualsiasi *“cantiere in cui sono prodotte terre e rocce da scavo in quantità superiori a seimila metri cubi, calcolati dalle sezioni di progetto, nel corso di attività o di opere non soggette a procedure di valutazione di impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale di cui alla Parte II del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152”* (definizione riportata nell’articolo 2, comma 1 lettera v) del D.P.R. 120/17). Inoltre, trattandosi di un cantiere di grandi dimensioni, la quantità di terre e rocce da scavo che verrà prodotta sarà superiore a 6.000 m³.

Come tutte le procedure, anche in questo caso, l’iter di gestione dei materiali prodotti dall’attività di scavo inizia con la caratterizzazione, in questo specifico frangente si procederà secondo le disposizioni riportate negli allegati 1, 2, e 4 del D.P.R. 120/17 che riguardano rispettivamente:

- “Caratterizzazione ambientale delle terre e rocce da scavo”;
- “Procedure di campionamento in fase di progettazione”;
- “Procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e accertamento delle qualità ambientali”.

Nella prima fase di indagine delle condizioni delle terre e rocce da scavo, si deve produrre una documentazione che comprenda i verbali di campionamento e i certificati dell’attività. In particolare, i verbali servono per dimostrare che le indagini, ovvero il campionamento, è stato fatto nei numeri e nelle modalità previste dal decreto; qualora non venisse redatto il verbale non risulta possibile dimostrare che le indagini sono state svolte a regola d’arte.

Se la caratterizzazione ha avuto esito positivo, significa che non ci sono superamenti della CSC, in caso contrario si può chiedere ad ARPA di intervenire per andare a definire i valori di

fondo naturale, in alcuni casi, il superamento di CSC significa che la geologia del sito preveda che ci siano valori più elevati di sostanze, ad esempio di ferro o manganese.

Vi è anche la possibilità che il superamento sia dovuto ad una contaminazione, in tal caso i lavori non possono procedere e si deve intervenire con l'attività di bonifica.

CSC è l'acronimo che indica le *concentrazioni soglia di contaminazione* ci si riferisce ai *“livelli di contaminazione delle matrici ambientali che costituiscono valori al di sopra dei quali è necessaria la caratterizzazione del sito e l'analisi di rischio sito specifica”*.⁶

Con esito positivo della fase di caratterizzazione, il proponente redige il piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo e in seguito alla presentazione, l'autorità competente (regione o provincia) e l'ARPA hanno 90 giorni per dare un giudizio. Il tempo può essere ridotto a 45 giorni se il proponente chiede all'ARPA una valutazione preliminare del piano di utilizzo.

L'autorità competente può valutare il piano oppure far trascorrere il tempo senza valutarlo, in questo secondo caso il piano si ritiene approvato per silenzio assenso e l'esecutore può iniziare con i lavori.

Se l'autorità competente entra nel merito del piano di utilizzo di possono disegnare tre scenari:

- approvazione del piano;
- la necessità di integrazioni;
- diniego.

Quindi, nel caso in cui sia andato tutto bene e siano trascorsi i 90 giorni, il proponente deve fare una comunicazione all'autorità competente per andare a indicare chi sarà l'esecutore materiale del piano di utilizzo e si possono iniziare i lavori.

In questa fase ci sarà tutta la modulistica per i trasporti e poi la dichiarazione di avvenuto utilizzo.

In rarissimi casi, durante la fase esecutiva si può anche procedere con un campionamento in corso d'opera. Si tratta prevalentemente di casi nei quali la caratterizzazione non poteva essere fatta come primo step della procedura.

1.5.1.2 Terre e rocce da scavo in grandi o piccoli cantieri non soggetti a VIA o AIA

Come per i cantieri sottoposti a VIA o AIA (che siano essi di grandi o di piccole dimensioni), la procedura ha inizio con la caratterizzazione delle terre e rocce da scavo; per quanto riguarda i cantieri di grandi dimensioni (> 6.000 m³) è possibile seguire le indicazioni fornite dagli allegati 1 e 2 del D.P.R. 120/17, mentre per cantieri di piccole dimensioni si deve fare riferimento alle Linee Guida SNPA.

In seguito alla caratterizzazione, con la redazione dei relativi verbali di campionamento e certificati, se non vi sono problemi legati alle concentrazioni di agenti contaminanti, trascorsi 15 giorni dall'invio dell'istanza il produttore (ovvero il soggetto che materialmente effettua lo scavo o la ditta) può iniziare gli scavi.

Anche per questi cantieri è previsto un controllo a campione da parte di ARPA, il controllo può anche essere fatto in seguito alla conclusione delle operazioni di caratterizzazione.

⁶ Definizione fornita da ISPRA

La comunicazione deve essere inviata al Comune e all'ARPA, quest'ultima ha il compito di verificare che la dichiarazione sia completa in tutti i suoi campi e, eventualmente, richiede integrazioni

1.5.1.3 Caratterizzazione ambientale di terre e rocce da scavo

Prendendo in riferimento quanto riportato nel D.P.R. 120/2017 articolo 8, la caratterizzazione delle terre e delle rocce da scavo è volta all'individuazione dei requisiti di qualità ambientale minimi che devono essere rispettati indipendentemente dalle dimensioni del cantiere in oggetto.

Sebbene di dimensioni ridotte, è opportuno che anche i cantieri di piccole dimensioni svolgano accertamenti in merito alla qualità ambientale dei materiali perché rappresentano la tipologia di opera maggiormente diffusa sul territorio.

La caratterizzazione ambientale si divide in una prima fase conoscitiva deve essere svolta prima dell'esecuzione dello scavo ed è a carico del proponente, mentre una caratterizzazione più approfondita deve essere svolta durante la fase di esecuzione dello scavo.

Le procedure per il campionamento in fase di progettazione vengono illustrate nel piano di utilizzo e si eseguono mediante scavi esplorativi come pozzetti e trincee oppure mediante sondaggi a carotaggio. La densità dei punti di carotaggio e la loro ubicazione viene definita a seconda che si tratti di un campionamento ragionato, in tal caso si effettua un modello concettuale preliminare delle aree, oppure di un campionamento sistemico basato su griglia o casuale, nello specifico si fonda su considerazioni di tipo statistiche. Inoltre la scelta di uno piuttosto che dell'altro viene effettuata in funzione della conformazione del terreno soprattutto dal punto di vista altimetrico e anche in relazione a possibili ostacoli come edifici che caratterizzano la geometria in pianta del lotto.

1.5.1.4 Numerosità dei campioni

All'interno di cantieri di piccole dimensioni il numero minimo di punti di prelievo viene definito tenendo in considerazione l'estensione della superficie di scavo e il volume di terre e rocce prodotte dall'attività in esame.

Tralasciando le indicazioni per scavi lineari e scavi in galleria che non rappresentano in alcun modo il caso studio oggetto di analisi, si possono distinguere due categorie di indicazioni.

Il D.P.R. fornisce informazioni per i cantieri di grandi dimensioni sottoposti a VIA o AIA negli allegati 1 e 2, ma le Linee Guida indicano di utilizzare i medesimi allegati anche per i cantieri di grandi dimensioni non sottoposti a VIA o AIA.

Di seguito si riportano le indicazioni fornite dal D.P.R. 120/17, per ogni punto di prelievo ci saranno 2 o 3 campioni in base alla profondità dello scavo; quindi, in corrispondenza del numero minimo di prelievi pari a 3 corrispondono almeno 6 campioni e per ciascun campione deve essere redatto un verbale e un certificato.

Dimensioni dell'area di scavo	Punti di prelievo
Minore 2.500 m ²	3
Tra 2.500 m ² e 10.000 m ²	3 + 1 ogni 2.500 m ²
Oltre 10.000 m ²	7 + 1 ogni 5.000 m ²

Tabella 4: Numerosità campioni secondo D.P.R. 120/2017

Per i piccoli cantieri non è necessario lo stesso livello di controllo, per cui le Linee Guida forniscono le indicazioni di seguito riportate, si avrà un numero di campioni di molto inferiori rispetto al caso precedente.

AREA DI SCAVO	VOLUME DI SCAVO	NUMERO MINIMO DI CAMPIONI
≤ 1.000 m ²	≤ 3.000 m ³	1
≤ 1.000 m ²	3.000 m ³ ÷ 6.000 m ³	2
1.000 m ² ÷ 2.500 m ²	≤ 3.000 m ³	2
1.000 m ² ÷ 2.500 m ²	3.000 m ³ ÷ 6.000 m ³	4
> 2.500 m ²	< 6.000 m ³	Riferimento D.P.R. 120/17

Tabella 5: Numerosità campioni secondo SNPA 22/2019

Nel caso di matrici di riporto deve essere fatto un campione per il riporto e uno per l'eluato, se durante lo scavo ci accorgiamo che si può avere il sospetto allora per quei punti dovremmo disporre dei punti del campionamento. Se durante lo scavo intercettiamo anche la falda dobbiamo campionare anche quella.

Per quanto riguarda la disposizione dei punti di indagine, essa può variare in funzione del campionamento scelto:

- se si tratta di una disposizione a griglia, il lato di ogni maglia può variare da 10 a 100 metri in funzione dell'estensione dell'area oggetto di scavo;
- i punti possono essere posizionati in corrispondenza dei nodi della griglia oppure all'interno di ogni maglia secondo un'opportuna disposizione.

Sia per cantieri di grandi dimensioni che per quelli di piccola dimensione, la profondità dei punti di indagine viene definita in funzione dalla profondità di scavo prevista, ciascun campione viene sottoposto a prove di tipo chimico-fisico, si prevedono almeno 3 campioni che vengono distribuiti come segue:

- uno da 0 a 1 metro dal piano campagna;
- uno nella zona di fondo scavo;
- uno nella zona intermedia tra i due.

Mentre per scavo con profondità inferiore a 2 metri, i campioni che devono essere sottoposti ad analisi sono almeno 2, ovvero uno per ogni metro di profondità dello scavo.

Se lo scavo deve essere effettuato in una porzione satura di terreno, oltre ai campioni per l'analisi di quest'ultimo, devono anche essere acquisiti campioni di acque sotterranee mediante

campionamento dinamico⁷. Inoltre, in caso di presenza di sostanze volatili, si procede con tecniche differenti che permettano di conservare l'attendibilità del campione stesso.

Qualora si decida di effettuare uno scavo esplorativo, si hanno due casistiche:

- campione composito di fondo scavo;
- campione composito su singola parete o campioni composti su più pareti in relazione agli orizzonti individuabili e/o variazioni laterali.

Mentre nel caso di campioni a sondaggio, essi sono composti da più spezzoni di carota che permette di individuare quelli che sono gli strati considerando la rappresentatività media.

Si possono, dunque, individuare 4 casistiche di scavi esplorativi o a sondaggio:

1. si prevede la realizzazione di almeno 3 campioni di scavo che siano essi pozzetti o trincee e il prelievo dalle pareti di un numero congruo di campioni elementari, si deve porre attenzione a comporre il composito con un uguale apporto di materiale dai tre punti di saggio;
2. Si prevede l'esecuzione di almeno 3 saggi di scavo da quali verranno estrapolati 2 set di campioni elementari (con numero congruo di prelievi in funzione delle dimensioni) che andranno a comporre un campione a livello superficiale del terreno (0-1 m) e uno di terreno più profondo;
3. Si prevede di condurre almeno 6 saggi di scavo, che siano essi pozzetti o trincee, di essi saranno estratti dalle pareti un numero sufficiente di campioni elementari tale da poter comporre un unico campione rappresentativo dell'area dei 3 saggi (si deve apporre uguale materiale dai 3 saggi) e, in modo analogo, dalla seconda terna di saggi sarà ottenuto un secondo campione composito rappresentativo dell'area ad essi pertinente;
4. Nella quarta casistica saranno condotti almeno 6 saggi di scavo che si suddividono come segue: la prima terna sarà prelevata dalle pareti due set di campioni elementari, da cui estrarre un numero sufficiente e congruo di campioni elementari che andranno a costituire due prelievi rappresentativi dell'area pertinente ai 3 sondaggi che caratterizzano un livello superficiale del terreno mentre i restanti 3 rappresentano il terreno più profondo.

1.5.1.5 Procedure di caratterizzazione chimico-fisica e accertamento delle qualità ambientali

Di seguito si riportano le indicazioni presenti nell'Allegato 4 del D.P.R. 120/2017 per la formazione di campioni adeguati.

Per prima cosa si deve scartare in campo la frazione maggiore di 2 cm, effettuando le determinazioni di tipo analitico sulla frazione inferiore ai 2 mm; il risultato analitico deve essere redatto sulla totalità dei materiali secchi compreso anche lo scheletro campionato.

Nel caso si abbia evidenza di una contaminazione antropica, si devono effettuare delle determinazioni sull'intero campione, compresa la frazione granulometrica superiore ai 2 cm. Mentre nel caso di terre e rocce che provengono da scavi di sbancamento, la caratterizzazione

⁷ Si intende un campionamento in flusso, ovvero un prelievo di acqua effettuato mediante una pompa sommersa, in continuità con lo spurgo.

ambientale viene eseguite previa macinazione totale dell'intero campione fino ad ottenere una granulometria inferiore a 4-5 cm (compatibile con quella che può essere raggiunta mediante riduzione dalla maggior parte dei frantoi e dei mulini).

Il set di parametri analitici che devono essere cercati all'interno del campione dipende unicamente dalla attività antropiche svolte attualmente oppure nel passato, sia all'interno del sito che nelle vicinanze.

In tabella 6 si riporta il set minimale che deve essere considerato, ma la lista può essere modificata in funzione delle attività pregresse. In ogni caso i valori di concentrazione di ciascuna delle sostanze indicate devono essere inferiori a quelle limite.

Nel caso in cui il materiale prodotto dallo scavo sia compreso tra i 6.000 e i 150.000 metri cubi, non è previsto che le analisi chimiche dei campioni delle terre e rocce da scavo siano condotte sulla lista completa delle sostanze presenti nel set minimale, sarà il progettista a proporre nel piano di utilizzo l'elenco delle sostanze indicatrici.

Sostanza	Concentrazione soglia [mg/kg espressi come ss]	
	A – siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale	B – siti ad uso commerciale e industriale
Arsenico	20	50
Cadmio	2	15
Cobalto	20	250
Nichel	120	500
Piombo	100	1000
Rame	120	600
Zinco	150	1500
Mercurio	1	5
Idrocarburi C>12	50	750
Cromo totale	150	800
Cromo VI	2	15

Tabella 6: Concentrazioni massime del set analitico minimale

Per cantieri di piccole dimensioni e per quelli che producono una quantità di materiale da scavo compresa tra i 6.000 m³ e i 150.000 m³ (cantieri di grandi dimensioni), il set analitico minimale può essere ridotto a:

- determinazione del parametro amianto, risulta sempre necessario se il sito oggetto di scavo è nei pressi di strutture contenenti amianto oppure qualora vi siano materiali con la presenza di materiali con presenza di amianto naturale;
- determinazione del parametro legato agli idrocarburi, in particolare C>12, non è necessaria nel caso di scavi in roccia massiva in cui è esclusa la presenza di contaminazione di origine antropica.

Le analisi chimico-fisiche possono essere condotte secondo metodologie differenti che devono essere riconosciute sul territorio nazionale e devono garantire l'ottenimento di valori di concentrazione che siano almeno 10 volte inferiori rispetto alle concentrazioni limite.

Vi possono essere casi in cui le operazioni di scavo richiedano l'utilizzo di additivi contenenti sostanze inquinanti, in tali casi il proponente deve fornire all'Istituto Superiore di Sanità (I.S.S.) e all'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (I.S.P.R.A.) tutta la documentazione relativa al rispetto dei requisiti ambientali minimi.

Sulla base della concentrazione delle sostanze inquinanti è possibile avere differenti utilizzi dei materiali di risulta prodotti dall'attività di scavo:

- nel caso in cui la concentrazione di sostanze inquinanti rientri nei limiti proposti dalla colonna A, le terre e rocce da scavo possono essere utilizzate in qualsiasi sito a prescindere dalla destinazione d'uso;
- se la concentrazione di inquinanti è compresa fra i limiti di cui alle colonne A e B, i siti di destinazione possono essere quelli del settore produttivo, ovvero commerciale e industriale.

1.5.2 Normale pratica industriale

I trattamenti della normale pratica industriale comprendono tutte le attività finalizzate al miglioramento delle caratteristiche merceologiche e geotecniche del terreno per renderlo maggiormente produttivo, condizione necessaria per poter applicare tali processi riguarda la classificazione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotto.

Entrando più nel dettaglio si riporta la descrizione secondo l'articolo 2 del D.P.R. 120/2017 alla lettera o) la normale pratica industriale è definita come: *“quelle operazioni, anche condotte non singolarmente, alle quali possono essere sottoposte le terre e rocce da scavo, finalizzate al miglioramento delle loro caratteristiche merceologiche per renderne l'utilizzo maggiormente produttivo e tecnicamente efficace. Fermo restando il rispetto dei requisiti previsti per i sottoprodotti e dei requisiti di qualità ambientale, il trattamento di normale pratica industriale garantisce l'utilizzo delle terre e rocce da scavo conformemente ai criteri tecnici stabiliti dal progetto.”*

Vengono, dunque, esclusi dalla normale pratica industriale tutte le attività che portano a modificare i principi di qualità ambientale, se già in partenza le terre e le rocce da scavo non posseggono tali requisiti, non è possibile fare alcun trattamento per rendere il materiale conforme in quanto si tratterebbe di un trattamento di rifiuti e non una normale pratica industriale.

Le operazioni che vengono più comunemente utilizzate che rientrano nella normale pratica industriale sono riportate nell'allegato 3 del D.P.R. in analisi e sono:

- la selezione granulometrica per eliminare materiali antropici;
- la riduzione volumetrica mediante macinazione dei materiali;
- la stesa al suolo per permettere l'asciugatura e la maturazione del materiale con l'obiettivo di conferire alle terre e rocce da scavo migliori caratteristiche per la movimentazione, umidità ottimale e favorire la biodegradazione naturale degli additivi che potrebbero essere stati utilizzati per consentire le operazioni di scavo;
- il trattamento a calce (introdotto dalle Linee Guida SNPA 22/19).

Rientra nella normale pratica industriale anche la biodegradazione naturale degli additivi che possono essere stati utilizzati durante l'esecuzione dello scavo, si tratta in particolare di

additivi che possono agevolare le operazioni di perforazione che finiranno delle terre e rocce da scavo estratte durante tale attività.

Per la realizzazione dei trattamenti citati, è auspicabile il non utilizzo di impianti complessi con l'obiettivo di non aumentare gli impatti su salute e ambiente che non sono previsti dalle attività della normale pratica industriale, ci si dovrà, dunque, limitare ad attività molto essenziali.

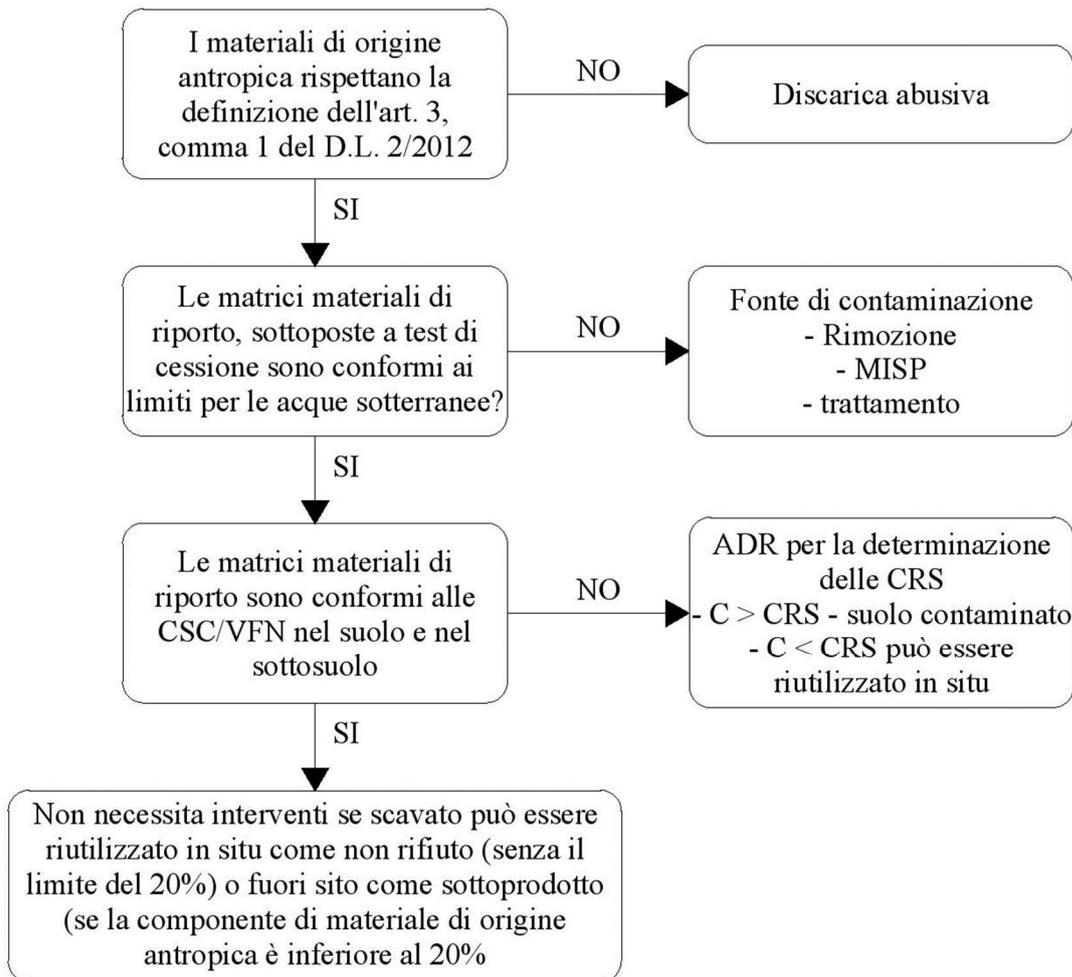


Figura 3: Schema decisionale per la valutazione della normale pratica industriale (FONTE: Linee Guida SNPA 22/19)

1.5.3 Matrici di riporto

L'articolo 2 comma 1, lettera b) del D.P.R. 120/2017, fornisce la definizione di suolo che segue: "lo strato più superficiale della crosta terrestre situato tra il substrato roccioso e la superficie. Il suolo è costituito da componenti minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi, comprese le matrici materiali di riporto ai sensi dell'articolo 3, comma 1, del decreto-legge 25 gennaio 2012, n. 2, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 28".

Il materiale matrice di riporto è un orizzonte stratigrafico caratterizzato da materiali di origine antropica che possono essere compresi al suolo e al sottosuolo. Il materiale di riporto è

composto da una miscela eterogenea di terreno naturale e di materiali inerti di origine antropica che sono stati prodotti da attività precedenti come quella edilizia.

A partire dalla definizione di matrici di riporto, è possibile identificare tre requisiti che il materiale deve soddisfare:

- la matrice materiale di riporto deve essere costituita da una miscela eterogenea di terreno e materiale antropico, quindi, se il materiale estratto durante la fase di scavo dovesse essere esclusivamente antropico, cade il primo requisito e dovrà essere gestito come rifiuto;
- dal punto di vista dell'orizzonte stratigrafico, la sezione geologica del fronte di scavo deve permettere di distinguere gli strati naturali dagli strati costituiti da materiale di riporto;
- deve essere individuata la funzione ingegneristica (realizzazione di riempimenti, rilevati o di rinterri), si vuole distinguere i casi in cui il materiale di risulta ha avuto una funzione tecnica da quelli in cui si tratta di materiale di risulta che è stato rinterrato per evitare lo smaltimento.

La nota del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica numero 13338 del 14/05/2014 chiarisce quanto il D.P.R. 120/17 lascia sottintendere, ovvero che le terre e rocce da scavo non possono contenere rifiuti o materiali pericolosi e pertanto è necessaria una valutazione dell'assenza di contaminazione del materiale in oggetto.

È possibile individuare due differenti casistiche di riutilizzo delle matrici di riporto che sono: riutilizzo nel medesimo sito di produzione e riutilizzo come sottoprodotto.

Analizzando il primo caso le condizioni di verifica da soddisfare sono suddivise in due fasi successive. In prima istanza, oltre ai tre requisiti precedentemente riportati, si deve procedere con delle analisi chimica, in particolare si deve campionare la matrice di riporto e effettuare un test di cessione per verificare il rispetto dei valori relativi alle concentrazioni soglia di contaminazione nelle acque sotterranee secondo quanto riportato nel D.Lgs. n. 152/06, allegato 5, tabella 2.

Il set analitico dei valori da controllare viene definito dal D.M. 05/02/98 allegato 3 e può essere arricchito con parametri caratteristici della matrice di riporto in esame che verranno confrontati con i valori limite. L'obiettivo è verificare che il materiale matrice di riporto non costituisca una possibile sorgente di contaminazione test, quindi, con il test dell'eluato si va a verificare se in presenza di dilavamento questo materiale ceda oppure no inquinanti alla falda. Nella seconda fase di verifica si preleva la parte solida del campione e si verificano i risultati con le CSC⁸ che riguardano i suoli in funzione della specifica destinazione d'uso (residenziale, industriale o agricola). Si precisa che deve essere valutato il materiale allo stato naturale, se così non fosse le terre e rocce da scavo in analisi devono essere classificate come rifiuto.

In seguito alle verifiche condotte, si possono configurare tre casi:

- materiali non conformi ai test di cessione, si tratta di materiali che possono essere fonte di contaminazione e quindi saranno oggetto degli interventi previsti dall'articolo

⁸ CSC: Concentrazioni Soglia di Contaminazione riportati nell'Allegato 4 del D.P.R. 120/2017 e in seguito riportate.

3 del D.L. 25 gennaio 2012 numero 2 “*Misure straordinarie e urgenti in materia ambientale*”;

- materiali conformi al test di cessione, ma non conformi alle CSC, saranno dunque classificati come siti parzialmente contaminati e saranno oggetto di quanto previsto per “bonifica dei siti contaminati” (parte IV titolo V del D. Lgs. 152/06);
- materiali conformi sia al test di cessione che alle CSC.

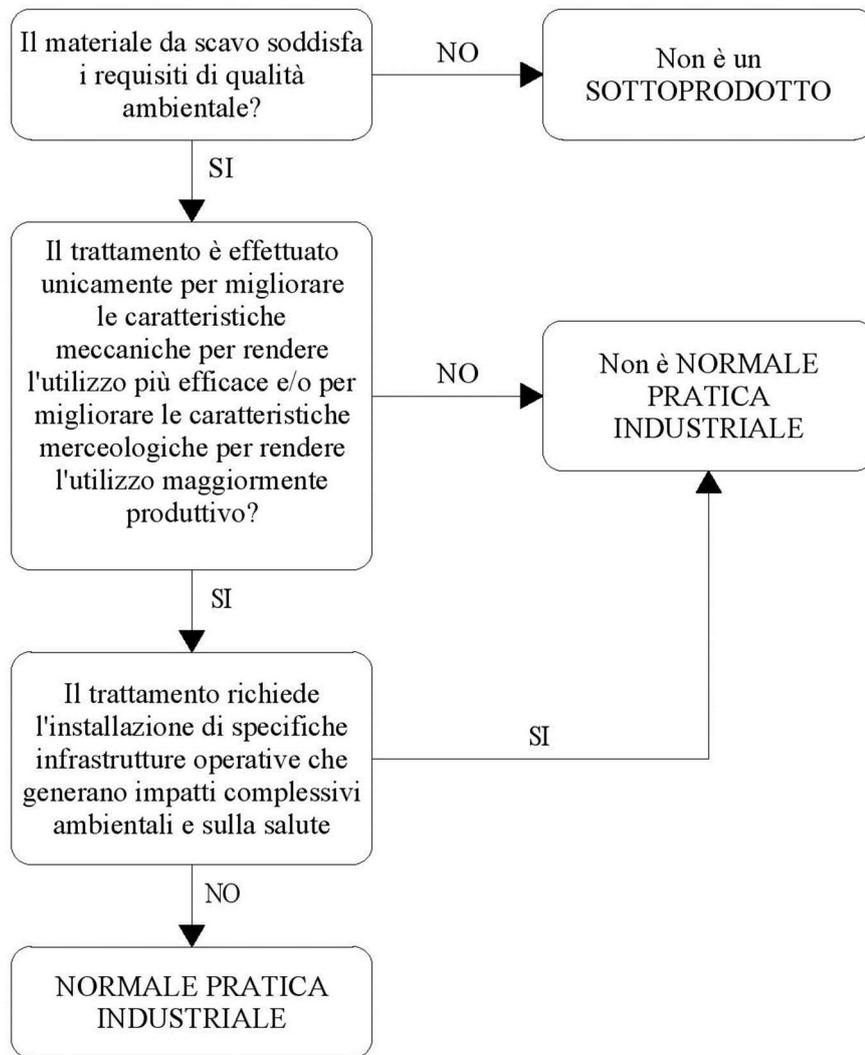


Figura 4: Schema decisionale per la valutazione delle matrici materiali di riporto assimilate al suolo ai fini (FONTE: Linee Guida SNPA 22/19)

Qualora si volesse utilizzare la matrice di riporto come sottoprodotto, si deve procedere con la verifica di un ulteriore requisito riportato nell'allegato 10 del D.P.R. 120/17, si tratta della percentuale (in peso) massima del materiale antropico nelle terre e rocce da scavo, essa non deve essere superiore al 20%.

La determinazione della percentuale di materiale non naturale che è presente all'interno delle matrici di riporto si basa su un'analisi per individuare i materiali di natura antropica che sono presenti in un numero di campioni sufficienti per essere considerati rappresentativi. Il campionamento è volto alla separazione dei materiali di origine da naturale da materiali con

provenienza differente, per svolgere tale operazione si utilizza la metodologia prevista dalla UNI 10802.

La variabilità spaziale dei materiali è in funzione della numerosità dei campioni che si devono prelevare e misurare separatamente, nella preparazione del campione non deve essere scartata la frazione superiore a 2 cm. Inoltre, il campione che ottiene deve avere una massa superiore ai 10 kg per facilitare l'operazione di pesatura.

Una volta estratto il campione si deve procedere con l'utilizzo del vaglio della misura più idonea per separare il materiale di origine antropica da quello di origine naturale. L'allegato 10 del D.P.R. 120/17 non fornisce indicazioni in merito alle dimensioni del vaglio, quindi, subentrano le linee guida affermando che bisogna fare riferimento alle caratteristiche geologiche del sito di produzione, se si ha un terreno sabbioso la granulometria da separare sarà circa pari a 2 mm, se invece sono presenti affioramenti di natura calcarea fratturata o terre miste si ha a che fare con un diametro più elevato, pari a 0,5-1 cm.

In seguito alla scelta del vaglio, si procede alla separazione del materiale, nel sopravaglio dovrebbe rimanere solo il materiale di natura antropica, ma si potrebbe trovare anche del materiale di grossa pezzatura che deve essere separato ai fini del peso del materiale non naturale.

Indipendentemente da quello che si deposita nel sopravaglio si procederà con la verifica della conformità rispetto al 20% che effettua applicando la seguente formula:

$$\%Ma = \frac{P_{Ma}}{P_{tot}} * 100 \quad (1.1)$$

dove i termini presenti nella relazione corrispondono a:

- Ma materiale di origine antropica;
- P_{Ma} è il peso totale del materiale di origine antropica rilevato nel sopravaglio;
- P_{tot} è il peso totale del campione sottoposto ad analisi (sopravaglio + sottovaglio).

In alcuni casi, il materiale antropico utilizzato per i riporti è molto fine e questo comporta l'impossibilità nell'utilizzo del vaglio, perché tutto il materiale di riporto finirebbe sottovaglio fornendo una visione sbagliata della rappresentazione. In questo caso le Linee Guida consigliano di effettuare un esame qualitativo, ad esempio si può distinguere il materiale antropico per il differente colore rispetto al terreno e quindi di può andare a stimare una percentuale del materiale antropico rispetto a quello naturale.

1.5.3.1 Test di cessione

Il test di cessione è un'analisi che deve essere effettuata quando le terre e rocce prodotte dall'attività di scavo viene qualificate come rifiuto e si procede allo smaltimento degli stessi secondo la procedura ordinaria (secondo la definizione riportata all'articolo 208 del D. Lgs. 152/06) oppure secondo quella semplificata (articolo 216 del D. Lgs. 152/06), ma il test viene eseguito anche per la valutazione di matrici di materiale escavato che vuole essere classificato come sottoprodotto.

Il test di cessione, anche definito test di lisciviazione⁹, comprende l'attività preparativa al test determinata dall'estrazione chimica e preparazione del campione per le successive analisi.

Il passaggio seguente consiste in una prova simulata del rilascio di contaminanti e si effettua ponendo un campione solido a contatto con un liquido definito lisciviante, ciò che si ottiene è una soluzione detta eluato che verrà sottoposta alle successive analisi chimiche.

Il test di cessione viene eseguito secondo metodologie che sono codificate da norme standard UNI, in Italia, in particolare, si fa riferimento alle norme UNI 10802-2004 e UNI EN 12457-2004. Rispettando i riferimenti normativi citati, la metodologia di esecuzione della prova può variare sulla base del campione iniziale.

Per ottenere risultati significativi è necessario fornire indicazioni di carattere generale sul potenziale rilascio di inquinanti e la metodologia deve essere adatta alla natura chimica e alla granulometria del campione solido. Inoltre, si devono fornire i parametri operativi per l'esecuzione del test che sono di seguito riportati:

- natura del lisciviante;
- tempo di contatto tra lisciviante e matrice solida e il rapporto in termini quantitativi tra i due;
- le condizioni in cui viene eseguita la prova, in particolare temperatura, pH e potenziale redox;
- la miscelazione tra matrice solida e liquida e la separazione degli stessi.

Il campionamento è un'operazione che prevede l'estrazione di una quantità di materiale solido o eterogeneo, occorre che esso sia rappresentativo di tutto il lotto oggetto di analisi per tale ragione non si procede mai con l'estrazione di un solo provino, ma si prevede un numero che viene definito secondo metodologie specifiche in funzione della profondità dello scavo e della sua estensione.

In linea di massima, considerando terreni limosi o fangosi, si procede con l'estrazione con una massa solida che viene essiccata e tritata sino ad ottenere una granulometria con diametro inferiore a 0.4 cm; nel caso di terreni secchi, il test viene svolto senza la fase di essiccazione. Per quanto riguarda il lisciviante, si utilizza acqua demineralizzata prevedendo 10 litri di acqua per ogni chilogrammo di campione solido e secco.

La soluzione con acqua demineralizzata viene chiusa in contenitori ermetici, si procede dunque con la miscelazione che deve proseguire ininterrottamente per un tempo definito tempo di contatto che corrisponde a 24 ore secondo quanto riportato nelle UNI 10802.

Al termine della miscelazione, si procede con separazione del residuo solido dall'eluato mediante la filtrazione con filtro da 0.45 µm.

Il prodotto che si ottiene dalla cessione è l'eluato, ovvero un liquido sul quale verranno fatte le analisi chimiche per quantificare i composti in esso disciolti o gli indici chimici per i quali si richiede di determinare il valore.

⁹ "Nella tecnologia chimica, l'operazione, detta anche estrazione solido-liquido, consistente nella separazione di uno o più componenti da una massa solida mediante un solvente." Definizione da Enciclopedia Treccani

1.5.4 Utilizzo di terre e rocce da scavo nel medesimo sito di produzione

Il riutilizzo in sito di materiale non contaminato è la procedura maggiormente utilizzata e per tale procedura non è prevista la comunicazione. È necessario acquisire un titolo abilitativo per la realizzazione dell'opera, di cui gli scavi sono parte integrante.

Per quanto riguarda l'utilizzo di terre e rocce da scavo all'interno del sito di produzione, escludendo quanto rientra nella disciplina dei rifiuti, dunque l'applicazione di tale procedura riguarda: *“il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato, le ceneri vulcaniche, laddove riutilizzate in sostituzione di materie prime all'interno di cicli produttivi, mediante processi o metodi che non danneggiano l'ambiente né mettono in pericolo la salute umana”* (riferimento articolo 185 del D. Lgs. 152/2006).

Affinché terre e rocce da scavo rientrino nella casistica in esame, devono soddisfare le seguenti caratteristiche richieste:

- la non contaminazione che viene identificata secondo quanto riportato nel capitolo “Procedure di caratterizzazione chimico-fisica e accertamento delle qualità ambientali” (la caratterizzazione è funzione della superficie e del volume da scavare);
- si deve prevedere il riutilizzo allo stato naturale, ovvero non deve essere effettuata alcuna manipolazione, lavorazione o trattamento, qualora sia necessario manipolare (attraverso delle lavorazioni) i prodotti dello scavo diventeranno rifiuti o sottoprodotti e dovranno subire la “normale pratica industriale”. L'utilizzo in sito è una deroga dalla normativa generale, quindi in ogni caso spetta al produttore o a chi si avvale della deroga di dimostrare di avere i requisiti necessari. Inoltre, in questo caso non è possibile effettuare dei trattamenti alle terre e rocce da scavo, neanche quelle relative alla normale pratica industriale altrimenti si ricade nella casistica del sottoprodotto.

1.5.5 Siti oggetto di bonifica

Nei siti oggetto di bonifica, ovvero nei siti in cui è in atto tale attività, è possibile effettuare degli scavi per la realizzazione di un'opera se il sito è già stato sottoposto ad un piano di caratterizzazione. In tal caso è concesso il riutilizzo delle terre e rocce da scavo in sito e la procedura prevede che venga concordato con ARPA un piano di dettaglio sui parametri da monitorare. ARPA si esprime entro 30 giorni e nei successivi 30 giorni il proponente deve trasmettere un piano operativo di interventi con relativo cronoprogramma.

1.5.6 Documenti per la gestione delle terre e delle rocce da scavo

La gestione delle terre e delle rocce da scavo avviene tenendo in considerazione la redazione e il successivo rispetto di quanto riportato all'interno di tre differenti documentazioni, in particolare si tratta del documento di trasporto, della dichiarazione sostitutiva di utilizzo (che in alcuni casi è incluso nel piano di utilizzo) e il piano di utilizzo da redigere solo per alcune categorie di terre e rocce da scavo.

Il *documento di trasporto*, come stabilito dall'articolo 6 del D.P.R. 120/2017, deve essere redatto ogni qualvolta le terre e rocce da scavo qualificate come sottoprodotto vengono trasferite verso il sito di destinazione oppure verso un deposito intermedio.

Il documento è suddiviso in due sezioni: la prima è dedicata all'anagrafica del sito di destinazione o del sito intermedio mentre la seconda riguarda le condizioni di trasporto fornendo indicazioni relative al mezzo, alla quantità di materiali, numero di viaggi, ora di carico e di arrivo a destinazione.

Le *dichiarazioni sostitutive* (o dichiarazioni di utilizzo) redatte ai sensi del D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120 sono relative alla disciplina delle terre e rocce da scavo qualificate come sottoprodotti e originate da attività ed interventi autorizzati in base alle norme vigenti. Nel caso di terre e rocce da scavo sottoposte a VIA o AIA tale documento deve essere inserito nel piano di utilizzo, ma deve essere redatto anche nelle altre due casistiche. In ciascun caso, rappresenta un documento che attesta il corretto riutilizzo delle terre o rocce da scavo in sito oppure come sottoprodotto.

Tale dichiarazione deve essere presentata almeno 15 giorni prima della data di inizio dei lavori da parte del produttore delle terre e rocce da scavo, in ogni caso ARPA può chiedere delle integrazioni a quelle il produttore che redige il documento in oggetto deve rispondere, altrimenti non è possibile tenere valida la dichiarazione sostitutiva.

Il *piano di utilizzo* è un documento che viene trasmesso dal proponente all'autorità competente e all'ARPA almeno 90 giorni prima dell'inizio dei lavori nel caso di cantieri di grandi dimensioni sottoposti a VIA o AIA. L'autorità competente verifica d'ufficio la completezza e la correttezza della documentazione trasmessa ed entro trenta giorni dalla presentazione della documentazione, l'autorità competente può chiedere, in un'unica soluzione, integrazioni alla documentazione ricevuta. Decorso tale termine la documentazione si intende comunque completa.

In generale, il piano di utilizzo fornisce indicazioni in merito al successivo utilizzo del materiale da parte del produttore o di terzi, nel dettaglio il piano di utilizzo deve fornire le seguenti indicazioni: ubicazione dei siti di produzione e destinazione, le operazioni di normale tecnica industriale applicate e le modalità di esecuzione della caratterizzazione ambientale delle terre e delle rocce da scavo.

Inoltre nel piano di utilizzo che deve redigere è necessario indicare la durata del piano stesso la quale, salvo eccezioni, può essere al massimo pari a due anni dalla data di presentazione. Allo scadere della durata del piano di utilizzo viene meno la possibilità di utilizzare le terre e le rocce da scavo come sottoprodotti, ma dovranno essere classificati come rifiuto.

1.6 Trasformazioni aree industriali dismesse: casi studio

Facendo seguito al precedente capitolo che contemplava una presentazione generale dei siti industriali dismessi, è stata condotta un'analisi volta alla ricerca di esempi che potessero evidenziare le opportunità di trasformazione che tali siti offrono. Alcuni siti sono stati convertiti in uffici, negozi o residenze, mentre altri sono stati destinati a campus universitari, biblioteche, parchi e così via.

L'altro aspetto che verrà contemplato riguarda la tipologia di intervento.

Come rappresentato nel grafico 1, vi possono essere casi in cui i ricavi non superano i costi e non portano dei benefici dal punto di vista economico. Pertanto si renderà necessario l'intervento di enti pubblici al fine di sviluppare la trasformazione. Al tempo stesso, vi è il caso nel quale la pubblica amministrazione non possiede le risorse economiche sufficienti per affrontare l'intervento e si "accorda" per una collaborazione, come un partenariato tra pubblico e privato, per poterla effettuare.

L'analisi dei siti è stata sviluppata considerandone alcuni presenti nella città di Torino, per poi passare ad altri casi italiani e solo in seguito europei e mondiali.

Campus Luigi Einaudi

Lungo Dora Siena 100, 10153 Torino, Italia



DATI GENERALI:

Anno di costruzione:
1856

*Anno di
riqualificazione:*
2003-2012

Tipologia intervento:
pubblico

Funzione originale:
gasometri

*Funzioni attuali o in
progetto:*
Campus universitario
con servizi per gli
studenti, internet
point e info-point



STORIA:

La società ITALGAS nacque a Torino nel 1856 e fece edificare il primo stabilimento a Vanchiglietta prevedendo locali per la produzione e la distribuzione di gas a tutti i consociati. Il complesso in particolare comprendeva uffici, spogliatoi, forni, una sala depurazione e tre gasometri.

Nel 1885 la richiesta crescente della quantità di energia portò ad estendere l'area dedicata alla produzione con la realizzazione di forni, ciminiera e del nuovo palazzo della direzione.

Nel 1903 venne edificata la "torre d'acqua" portando l'espansione dell'area tra la Dora, corso Regina Margherita e Corso Farini.

In seguito alle difficoltà che culminarono con la crisi nel 1929 e con la Seconda Guerra Mondiale i cui bombardamenti videro coinvolte una serie di tettoie, lesionandone i pilastri e facendone crollare alcuni muri (1943) venne aggravata la situazione già compromessa.

A partire dagli Cinquanta e Sessanta il complesso venne pian piano dismesso e attualmente degli edifici originali non rimane molto.

Parte dei fabbricati dell'ex ITALGAS vennero acquisiti dall'Università di Torino nel 1998 per poter realizzare oltre a 70 aule universitarie.

Attualmente delle costruzioni del complesso originale rimangono la palazzina degli uffici, la sala Minckelers e la sala macchine.

OPERA IN PROGETTO:

Il Campus sorge nell'area Vanchiglia che viene denominata "Ex-Italgas". Il bando venne indetto nel 2003 e i vincitori decisero di realizzare una struttura caratterizzata da sette blocchi disposti attorno ad una piazza circolare (richiamo ai gasometri).

I sette blocchi vanno a caratterizzare i 4 dipartimenti che accolgono le Facoltà di Giurisprudenza e di Scienze Politiche, mentre gli altri tre ospitano i locali della biblioteca.

L'intero complesso è caratterizzato da linee morbide e sinuose che seguono l'andamento del fiume, sebbene le pareti non siano lineari (sono principalmente curve) vi è un forte e continuo dialogo con il tessuto urbano che viene caratterizzato dalla presenza di finestre a nastro e ampie vetrate.

Oltre ad un forte impatto visivo, le aperture permettono l'ingresso di luce naturale che consente un risparmio energetico considerevole.

Al centro del complesso vi è un giardino verde, un luogo utilizzato dagli studenti per socializzare e sede di installazioni artistiche.

Oltre alla ristrutturazione dei corpi principali, è stato coinvolto nella riqualificazione anche l'ex edificio ospitante gli spogliatoi della Società ITALGAS che attualmente è sede di servizi per gli studenti, sportelli delle segreterie, job placement, sala studenti, punti di accoglienza, internet point e info-point. La riqualificazione dell'intero lotto si concluse con l'inaugurazione del polo universitario il 22 settembre 2012.



DATI TECNICI:

Progettisti:

MAIRE

Engineering e Foster &

Partners e Piero Cornaglia

Superficie lotto:

68.000 m²

Area edificata in progetto:

56.000 m²

Costo della trasformazione:

€ 82.000.000,00

Costo al m²:

1.053 €/m²

Sitografia immagini:

[1] earth.google.com

[2] <https://www.icis.it/portfolio/nuovo-campus-universitario-luigi-einaudi/>

[3] <https://www.quotidianopiemontese.it/2022/10/21/progettare-un-futuro-inclusivo-il-campus-einaudi-ospita-la-conferenza-dei-giovani-africani-ed-europei/>

La raffineria AGIP

Strada Statale Sempione, 28, Rho (MI)



DATI GENERALI:

Anno di costruzione:
1951

*Anno di
riqualificazione:*
1994-2004 (circa)

Tipologia intervento:
pubblico - privato

Funzione originale:
lavorazione di
idrocarburi

*Funzioni attuali o in
progetto:*
Polo fiere



STORIA:

La costruzione delle raffinerie appartenenti alla ditta Condor a Milano-Pero iniziò nel 1951 per terminare due anni dopo, l'intera opera venne sostenuta dalla società che voleva insediare il proprio stabilimento all'interno dei locali di nuova costruzione.

Nel 1959 la società cambiò proprietà passando nelle mani di Shell, la quale ampliò lo stabilimento rendendolo uno tra i più grandi d'Europa e raggiungendo la massima capacità produttiva pari a 5 milioni di tonnellate/anno. Nel 1974 avvenne un nuovo cambio di proprietà passando sotto la compagna Agip-Gruppo Eni. Grazie alla versatilità dell'azienda, in essa venivano raffinati greggi provenienti da ogni parte del mondo e producendo carburanti, oli combustibili e oli lubrificanti.

Nel 1992 lo scenario petrolifero impose un piano di razionalizzazione e, insieme all'eccessivo inquinamento che rendeva l'area irrespirabile, l'azienda si vide costretta alla chiusura.

Nel 1999 iniziarono i lavori di smantellamento e di bonifica. Due anni dopo l'area venne acquisita dalla Fondazione Nuova Fiera di Milano Spa. Venne bandito un concorso di riqualificazione del sito solo in seguito alla totale demolizione degli edifici esistenti e alla bonifica che venne ultimata nel 2003. Nel 2005 venne inaugurato il nuovo polo di Rho Fiera realizzato secondo il progetto di Massimiliano Fuksas.

OPERA IN PROGETTO:

Il progetto di conversione del lotto prevede la realizzazione di 8 padiglioni lungo la via centrale con facciate caratterizzate da vetro e acciaio, materiali che vengono utilizzati anche per la grande copertura denominata “vela” che ricopre tutta la zona centrale e gli ingressi al polo fieristico.

La struttura della copertura che è caratterizzata da variazioni della sua quota ricopre una superficie di circa 47 mila m² suddivisi in una lunghezza di 1500 m e una larghezza di 32 m.

La funzione principale è quella espositiva, ma ad essa si affiancano anche hotel e spazi di ristoro.

Dal 2009 gli spazi esterni vengono utilizzati anche per eventi espositivi, concerti e festival musicali, in quanto l’area è stata riadattata realizzando una specifica area ad arena nota come “Largo delle Nazioni”.

Vi è anche stato uno sviluppo della rete infrastrutturale a supporto della riconversione del lotto: infatti è stata realizzata la rete ferroviaria che permette il collegamento con città come Torino e Domodossola. Stessa cosa vale per l’autostrada e la tangenziale.

L’area in oggetto è stata sede anche di numerose manifestazioni a livello internazionale tra le quali l’Expo nel 2015, ma anche di eventi annuali come la Fiera dell’Artigianato e il Salone Internazionale del Mobile.



DATI TECNICI:

Progettisti:

Massimiliano Fuksas

Superficie lotto:

44 ha circa

Area edificata in progetto:

530.000 m²

Costo della trasformazione:

€ 1,13 miliardi

Costo al m²:

2.568,18 €/m²

Sitografia immagini:

[1] earth.google.com

[2] https://www.beniculturalionline.it/location-4006_Fiera-Milano-Rho%C2%A0Pero---Virtual-Tour-360%C2%B0.php

Ex cartiere

Pressi di via Fedrigoni, Verona



DATI GENERALI:

Anno di costruzione:
1894-1903 e 1935-36

*Anno di
riqualificazione:*
dal 2009

Tipologia intervento:
pubblico - privato

Funzione originale:
produzione di
materiale cartaceo

*Funzioni attuali o in
progetto:*
parco urbano, centro
direzionale, museo,
centro commerciale,
culturale e ricreativo



STORIA:

Nel 1894 l'imprenditore Albano Franchini fondò lo stabilimento delle Cartiere di Verona lungo il canale Camuzzoni, i locali vennero sin dall'inizio dedicati ad opificio per la fabbricazione di un prodotto connesso alla produzione della carta. Nell'arco di pochi anni l'attività fiorente dovette far fronte ad una battuta di arresto della produzione, che si verificò per tre motivi: la guerra in Libia, la spietata concorrenza austriaca e il rincaro delle materie prime. Arrivato agli anni '30, la modernizzazione degli impianti produttivi e l'introduzione di nuovi procedimenti di lavorazione permisero all'azienda di risollevarsi e continuare l'attività sino alla dismissione negli anni Novanta a seguito di una serie di passaggi di proprietà. Le ex Cartiere vennero lasciate in stato di abbandono sino a quando vennero incluse in un processo di riqualificazione.

Il progetto venne avviato con la Variante n.1 al P.A.Q.E. (Piano d'Area Quadrante Europa) che prevedeva la realizzazione di un parco urbano e un sistema di percorsi ciclopeditoni. Nel 2008 ad opera dell'Amministrazione Comunale venne redatto e adottato il Piano Integrato di Trasformazione e di Riconversione delle ex Cartiere, che venne promosso dalla società proprietaria dell'area Verona Porta Sud. Nel 2010 vennero aperti i cantieri per la realizzazione delle opere pubbliche a carico dei privati, in seguito alla bonifica conclusa nel 2008.

OPERA IN PROGETTO:

Il progetto promosso dalla società proprietaria interessava un'area di circa 150 mila m² con un volume edificabile pari a quello esistente. Il progetto prevedeva l'insediamento di una serie di destinazioni d'uso:

- Un parco urbano di 40000 m² con piazze, percorsi e un sistema di piste ciclabili lungo i canali attraverso un corridoio verde;
- Un museo virtuale sulla prima industrializzazione;
- Un complesso polifunzionale con spazi per attività culturali, un centro commerciale con 70 negozi su 3 livelli, una multisala cinematografica (9 sale), strutture per lo sport e per lo svago come palestre, solarium, centro fitness, sale giochi;
- Un centro direzionale con uffici ubicati in due grattacieli;
- Un parco con percorsi pedonali e ciclabili e parcheggi coperti ricavati in un piano interrato e due piani fuori terra che potessero garantire oltre a 2500 posti auto.

Il progetto di riconversione prevede che vengano abbattuti tutti i corpi fabbrica in stato di degrado che si trovano sull'area, fatta eccezione per l'edificio industriale di 2300 m² che ospitava le fornaci. Per questo edificio si prevede un recupero e la cessione al Comune per farne un museo. L'intervento pone l'attenzione anche alla sostenibilità, prevedendo pannelli fotovoltaici, schermature solari, riutilizzo delle acque meteoriche, coperture a tetto giardino e la predisposizione per un impianto geotermico con pompe di calore a bassa temperatura.



DATI TECNICI:

Progettisti:

Bruno Gabbiani, Andreas Kipar, William J. Higgins

Superficie lotto:

150.000 m²

Area edificata in progetto:

--- m²

Costo della trasformazione:

€ 200.000.000,00

Costo al m²:

1.333,33 €/m²

Sitografia immagini:

[1] earth.google.com

[2] <https://www.larena.it/territorio-veronese/citta/reportage-ex-cartiere-verona-1.10005001>

[3] <https://www.veronasera.it/cronaca/ex-cartiereverona-progetto-foto-rendering-lavori.html>

Ex stabilimento automobilistico FIAT

Via Carlo Raghianti Ludovico 16, 50127 Firenze, Italia



DATI GENERALI:

Anno di costruzione:
1939

*Anno di
riqualificazione:*
2005-2020 circa

Tipologia intervento:
privato

Funzione originale:
stabilimento di
produzione, la
centrale termica,
depositi e magazzini

*Funzioni attuali o in
progetto:*
mix funzionale



STORIA:

Lo stabilimento venne realizzato tra il 1938 ed il 1939 sul progetto redatto dall'ingegner Vittorio Bonadè Bottino che all'epoca era direttore del servizio costruzioni presso la FIAT. Il lotto ha un'estensione di 32 ettari e su di esso venne realizzato un gruppo di fabbricati che comprendeva la centrale termica, dei depositi e dei magazzini oltre allo stabilimento di produzione.

La produzione nello stabilimento fiorentino continuò fino al 1984, quando la FIAT decise di dismettere l'impianto, in quanto faceva parte di un programma di ristrutturazione dell'intera rete di impianti. L'obiettivo era quello di riqualificare l'area sfruttando gli strumenti urbanistici di notevoli dimensioni che vi erano a disposizione, infatti nel 1985 venne elaborata una variante del P.R.G. con un Piano Particolareggiato proprio relativo all'area. Ci fu una successione di proposte progettuali che portarono alla definizione di quella che sarebbe stata realizzata solo nel 2002.

Nel frattempo nel 1998 iniziarono le attività di bonifica per permettere di terminare i lavori nel 2008. Così non fu e i lavori per la trasformazione dello stabilimento terminarono più di 10 anni dopo.

OPERA IN PROGETTO:

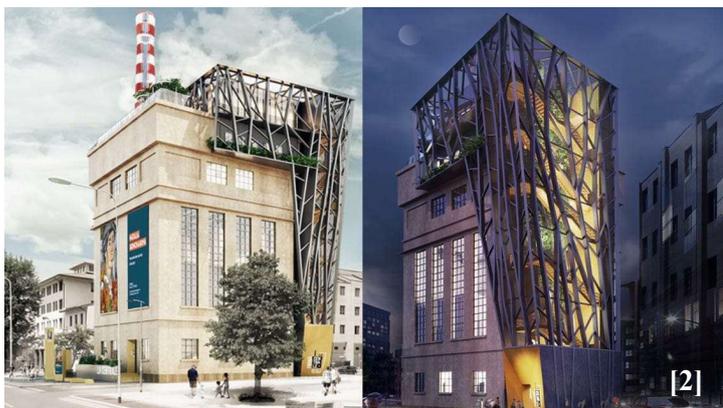
Il progetto redatto prevede il mantenimento di alcuni volumi dello stabilimento originario, in particolare viene mantenuta l'ex centrale come simbolo di archeologia industriale.

La conversione prevede la realizzazione di un sito polifunzionale caratterizzato da un'area informativa, aule studio, spazio conferenze e una terrazza con ristorazione.

Il nuovo complesso manterrà le stesse dimensioni di quello originale al quale verrà aggiunta una struttura metallica esterna (che richiama il disegno di una foglia). Inoltre, verranno installati pannelli fotovoltaici e si prediligerà l'utilizzo del verde attraverso rampicanti che potranno fornire una schermatura naturale a protezione delle alte temperature estive ed a riduzione dell'inquinamento acustico. L'edificio principale è suddiviso in 4 piani:

- Al piano terra vi sono spazi (anche all'aperto) per la collettività, informazioni, incontri e conferenze;
- Al primo piano rimarranno la sala caldaie e il sistema di passerelle e scale a testimonianza dell'archeologia dello stabilimento;
- Al secondo e terzo piano vi è uno spazio, un locale pubblico di 650 m², per eventi;
- Sempre al terzo piano vi sono cucine, spogliatoi, depositi e tutti i locali funzionali;
- Al quarto piano si trova l'area dedicata alla ristorazione con una terrazza pubblica dalla quale si ha una vista sulla città di Firenze.

Inoltre, sono stati ricavati spazi per il nuovo Palazzo di Giustizia, il Polo delle Scienze Sociali dell'Università di Firenze, un albergo, spazi commerciali, unità residenziali, uffici direzionali, un parco pubblico e parcheggi.



DATI TECNICI:

Progettisti:

Lorenzo Malavasi

Superficie lotto:

32 ha

Area edificata in progetto:

Costo della trasformazione:

€ 123 miliardi circa

Costo al m²:

384.375,00 €/m²

Si evince un valore sensibilmente diverso dagli altri pertanto si presume che vi sia un errore e il costo della trasformazione si suppone essere espresso in lire.

Sitografia immagini:

[1] earth.google.com

[2] <https://www.controradio.it/novoli-partiranno-i-lavori-per-recupero-ex-centrale-fiat/>

[3] <https://www.comune.fi.it/taxonomy/term/1713>

I 4 Gasometri

Guglgasse 6, 1110 Wien, Austria



DATI GENERALI:

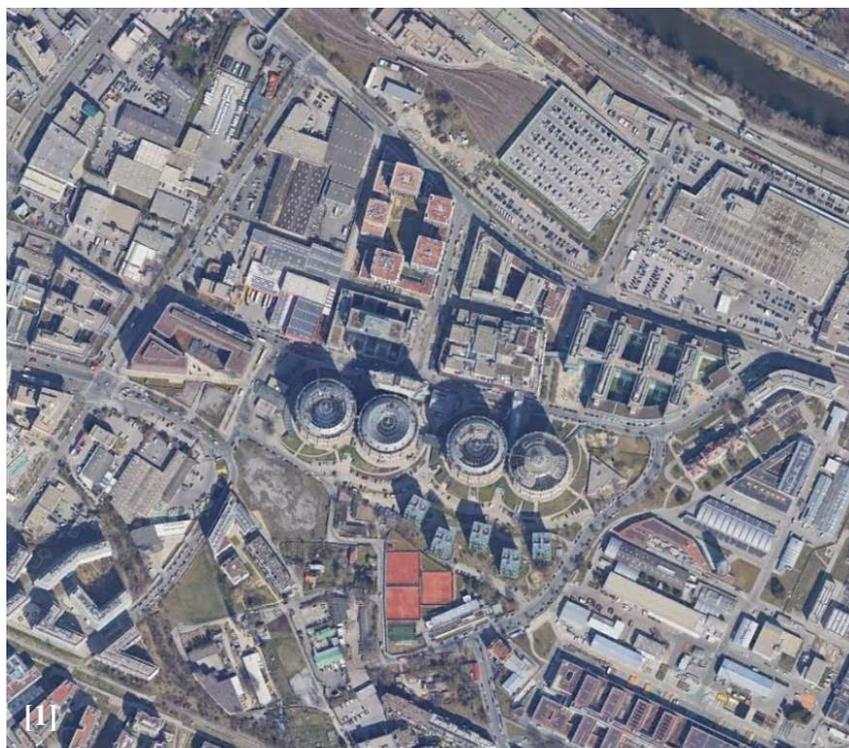
Anno di costruzione:
1896

*Anno di
riqualificazione:*
1995

Tipologia intervento:
pubblico

Funzione originale:
gasometri

*Funzioni attuali o in
progetto:*
Residenze, uffici,
negozi, sala concerti,
archivio, istituto
musicale



STORIA:

I 4 elementi architettonici chiamati gasometri vennero realizzati nell'area centralissima del quartiere di Simmering nel 1896, in seguito ad una decisione presa quattro anni prima dal Consiglio Comunale che decise di realizzare l'impianto per l'accumulo di energia. Ogni serbatoio realizzato è alto 72,5 m e ha un diametro di 64,9 m, inoltre permette di stoccare un volume pari a 90.000 m³ di gas.

All'indomani della Seconda Guerra Mondiale si verificò una graduale dismissione dell'impianto a causa della sostituzione del gas con energia elettrica o gas liquidi. Nel 1962 venne spenta l'ultima lanterna alimentata a gas e nel 1984 si ebbe la totale chiusura dell'impianto che rimase dismesso e abbandonato per 10 anni. Gli edifici vennero dichiarati monumenti di interesse nazionale perché appartenenti all'archeologia industriale, pertanto venne deciso di indire un bando di gara a livello internazionale per trovare nuove funzioni ed evitarne il degrado.

OPERA IN PROGETTO:

A seguito del concorso indetto nel 1995, vinsero i 4 progettisti che trasformarono l'area caratterizzando un mix funzionale: al piano terra vi era un centro commerciale, ai piani intermedi vi sono uffici e ai piani superiori le residenze per un totale di 220.000 m².

Ciascun progettista si occupò di un edificio:

l'architetto Jean Nouvel progettò il gasometro "A" caratterizzato da molta luminosità e dall'inserimento di materiali come vetro e acciaio, elemento caratteristico della sua idea è un oblò che separa i piani commerciali dal resto dell'edificio "come una finestra su un cortile".

Lo studio Coop Himmelbau si occupò del gasometro "B" che contiene la sala concerti; la progettazione è caratterizzata da un'estensione dell'edificio in chiave moderna, a segnare la modernizzazione del complesso.

L'Arch. Manfred Wedhorn progettò il recupero del gasometro "C", caratterizzato dalla semplicità del bianco di Vienna, è l'unico dei 4 edifici che ha mantenuto il portale originale e al suo interno è stato realizzato un giardino con copertura in vetro.

Per il gasometro "D" non è stato pensato alcun spazio centrale, ma è stato realizzato un corpo a stella, esso contiene l'archivio comunale e statale della città di Vienna e l'edificio è caratterizzato da tre cortili con giardini e gode della vista sulla città.

Gasometro "A"



Gasometro "B"



Gasometro "C"



Gasometro "D"



DATI TECNICI:

Progettista:

Jean Nouvel, Coop
Himmelbau, Manfred
Wedhorn, Wilhelm
Holzbauer

Superficie lotto:

Area edificata in progetto:

220.000 m²

Costo della trasformazione:

€ 175.000.000,00

Costo al m²:

795 €/m²

Sitografia immagini:

[1] earth.google.com

[2] <https://www.nagora.org/il-recupero-di-4-gasometri>

[3] <https://www.undertrenta.it/cultura/i-gasometri-di-vienna/>

Ex Area Portuale Industriale

Quartiere Bo01, Malmö, Svezia



DATI GENERALI:

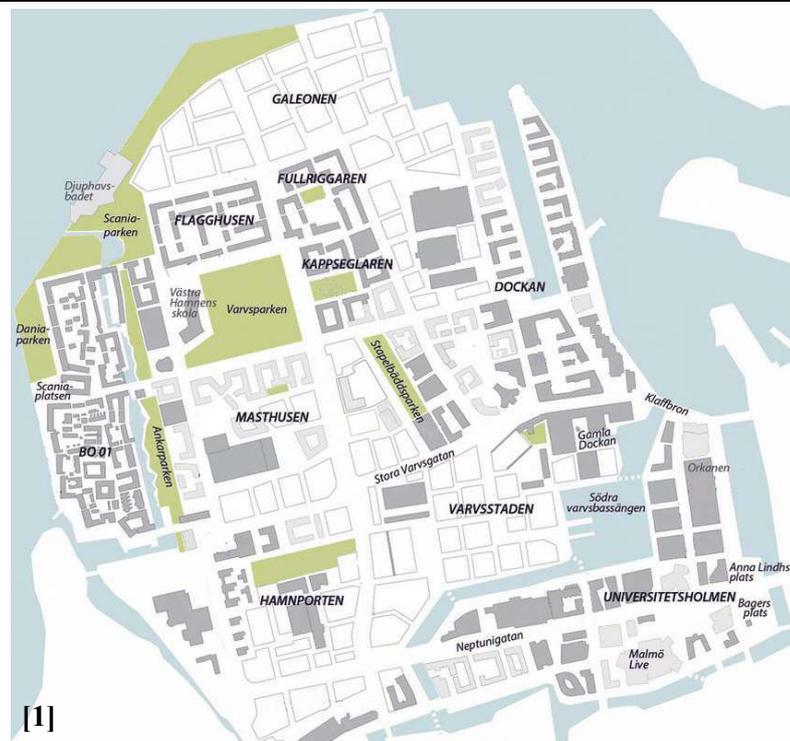
Anno di costruzione:
inizi '900

Anno di riqualificazione:
dal 2001

Tipologia intervento:
pubblico

Funzione originale:
cantieristica navale,
produzione
automobilistica

*Funzioni
attuali o in progetto:*
residenze, spazi
direzionali e
commerciali



STORIA:

L'area della città di Malmö che affaccia sullo stretto di Oresund era un sito industriale dismesso situato nella zona ovest del Porto. Si tratta di un sito che venne dismesso nel 1980 in seguito allo smantellamento dei cantieri navali di Kockum e la chiusura della fabbrica di automobili Saab. L'organizzazione della fiera Bo01 ha offerto alla città un'occasione per avviare un processo di riconversione della zona, pertanto tra il 1996 ed il 1998 venne realizzato il masterplan della Vastra Hamnen, ovvero del nuovo quartiere della città.

Il processo di riqualificazione venne inserito anche nel contesto dell'European Housing Expo, ovvero l'esposizione europea sull'edilizia sostenibile ospitata a Malmö nel 2001, e in un progetto europeo per l'utilizzo di energia rinnovabile che individua aree che si prevede di alimentare solo con energia da fonti rinnovabili.

Elemento che incentivò la trasformazione fu anche l'elaborazione di un piano ventennale da parte del governo svedese con fondi stanziati per il recupero di ex aree industriali e cantieri navali. Sfruttando le risorse economiche stanziare, l'amministrazione della città di Malmö decise di recuperare la zona e realizzarci un quartiere residenziale. Nacque così il quartiere Bo01, dove "Bo" deriva dalla parola svedese "bonollet" che in italiano corrisponde ad abitare.

OPERA IN PROGETTO:

Il progetto Bo01 ha permesso la costruzione di circa 800 abitazioni caratterizzate da un'altezza mediocre, fatta eccezione per la Turning Torso ovvero una torre alta circa 140 metri che venne realizzata tra il 2001 e il 2005 su progetto di Santiago Calatrava.

Gli edifici sono caratterizzati da ampie vetrate che permettono di catturare tutti i raggi solari, questa è solo una delle soluzioni sostenibili adottate dall'intero quartiere per ridurre l'utilizzo di climatizzazione artificiale. Seguono ampi parchi e spazi verdi che circondano le abitazioni, vi è una fitta rete di piste ciclabili in sostituzione delle auto. È inoltre disponibile un servizio di car sharing che porta alla condivisione di auto elettriche, a gas metano o ibride appartenenti alla comunità e a disposizione dei cittadini.

L'energia utilizzata dagli appartamenti e dai loro utenti è prodotta totalmente da fonti rinnovabili, in particolare l'ampio spazio ha permesso l'installazione di impianti eolici, ciascuna pala eolica è alta 80 metri e produce energia per 200 appartamenti. Ad essa si possono sommare pannelli solari e sistemi per la raccolta e lo stoccaggio di acqua in bacini naturali di roccia posti ad una notevole profondità sotto il terreno che permettono di tenere l'acqua fresca d'estate e calda di inverno.

La Comunità Europea, insieme al Dipartimento Europeo per l'Energia, ha scelto il quartiere Bo01 come "uno dei migliori esempi per l'applicazione dell'utilizzo di energia rinnovabile in Europa".



DATI TECNICI:

Progettisti:

R. Erskine, G. Wingårdh, K. Vartiainen, K. Dahlgard, Moore Ruble Yudell Architects & Planners, FFNS Architects, S. Calatrava

Superficie lotto:

250.000 m²

Area edificata in progetto:

--- m²

Costo della trasformazione:

€ 100.000.000,00 circa

Costo al m²:

400,00 €/m²

Sitografia immagini:

[1] <https://www.researchgate.net/figure/>

[2] <http://susd0001wenbinwu.blogspot.com/2017/03/a-sustainable-residential-area-bo01.html>

Kaapeli Cable Factory

Kaapeli aukio 3, 00180 Helsinki, Finlandia



DATI GENERALI:

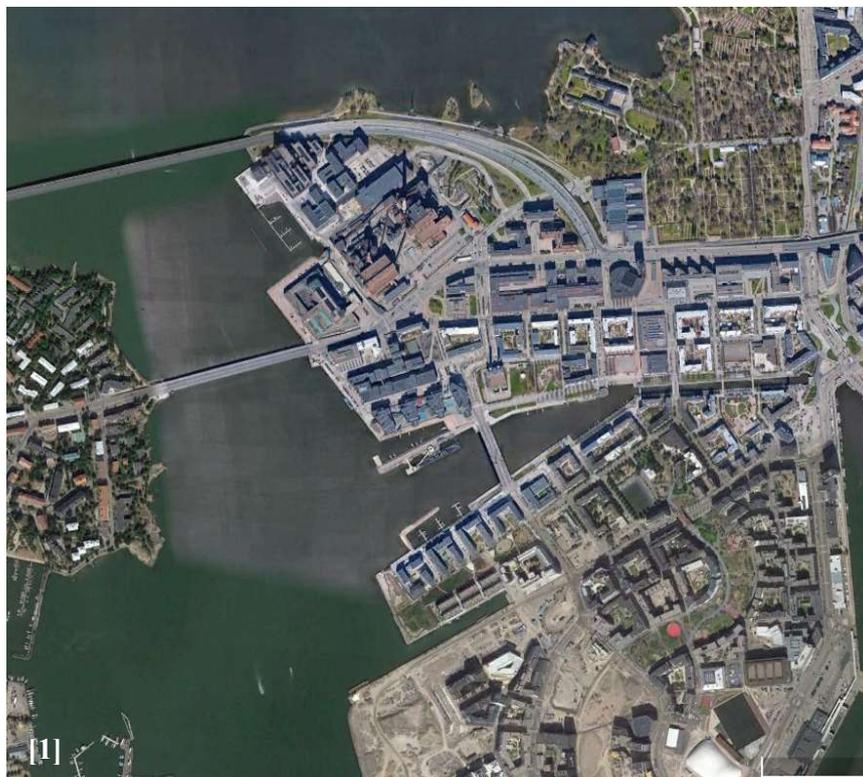
Anno di costruzione:
1939-1954

*Anno di
riqualificazione:*
1997

Tipologia intervento:
pubblico - privato

Funzione originale:
produzione cavi

*Funzioni attuali o in
progetto:*
Teatro, gallerie
espositive, spazi per
eventi, scuola d'arte,
musei, bar e
ristorante



STORIA:

Kaapelitehdas era una fabbrica finlandese che si occupava della produzione di cavi, la sua costruzione iniziò nel 1939 e terminò solo nel 1954 a causa dei ritardi provocati dalla Seconda Guerra Mondiale, nonostante ciò la produzione cominciò già nel 1943 quando la fabbrica non era ancora ultimata.

L'edificio è caratterizzato da tre blocchi: due "ali" a cinque piani e un corpo centrale che le collega con un'altezza pari a sette piani fuori terra.

Nel 1967 la società si fuse con Nokia modificando il nome dello stabilimento in Nokia Kaapeli e a metà degli anni Ottanta la fabbrica venne dismessa in seguito alla cessazione della produzione. Un accordo tra Nokia e il Municipio diede in locazione gli spazi agli artisti locali, mentre si lavorava alla produzione di un progetto che prevedeva la demolizione dell'edificio. Gli artisti-inquilini fondarono un comitato contro l'abbattimento dell'edificio in quanto non presentava problemi strutturali e faceva parte del patrimonio architettonico della città. La Municipalità si vide costretta a prendere in gestione l'edificio, evitando la sua demolizione e realizzando il centro culturale multifunzionale più grande d'Europa.

Attualmente gli spazi sono gestiti dalla Kiinteistö Oy Kaapelitalo che si occupa di affittare i vari locali all'interno dell'edificio per varie attività.

OPERA IN PROGETTO:

L'edificio si trova in una zona periferica che è stata recentemente soggetta ad un intervento di riqualificazione e sviluppo immobiliare portando nuove residenze e nuovi uffici.

L'ex fabbrica è stata adibita ad un luogo che ospita differenti forme d'arte come fotografia, pittura, teatro, danza e musica. Sono pertanto stati convertiti 57.000 m² in musei, gallerie, laboratori artistici, teatro, zone espositive, spazi per danza e teatro e ospita persino una scuola d'arte e una stazione radio. Agli spazi indicati si devono sommare tutti quelli adibiti ad eventi temporanei come workshop e sale riunioni più la Sea Caple Hall, ovvero una zona dedicata alle cene di gala, alle mostre e alle fiere.

La Municipalità insieme a Nokia contano 250 affittuari per la parte in cui si trovano gli spazi attrezzati, circa 40.000 m², mentre la restante parte (17.000 m²) viene usufruita da oltre 200.000 persone ogni anno.

La trasformazione ha permesso di dare lavoro a quasi mille persone con un fatturato pari a 3,5 milioni annui e l'intervento non si è arrestato; infatti, tra il 2019 e il 2021 è stata costruita la Dance House in un'estremità dell'edificio. In tale frangente i progettisti hanno unito il nuovo all'esistente con l'obiettivo di recuperare ulteriori 1.500 m² della fabbrica, inoltre sono stati coinvolti gli inquilini a lungo termine nelle scelte progettuali della nuova area.



DATI TECNICI:

Progettista:
Pia Llionen

Superficie lotto:

Area edificata in progetto:
Kaapeli: 57.000 m²

Dance House: 6.300 m²

Costo della trasformazione:
(sola Dance House)
€ 34,7 milioni

Costo al m²:
5.508 €/m²

Sitografia immagini:

[1] earth.google.com

[2] https://archeologiaindustriale.net/kaapelitehdas-ja-suvilahti_-kaapeli-cable-factory_merikaapelihallicheli_rekula

[3] <https://www.valokuvataiteenmuseo.fi/en/tule-ja-koe/vierailun-tueksi-kaapelitehdas>

Ex Area Portuale Industriale

Stoccolma



DATI GENERALI:

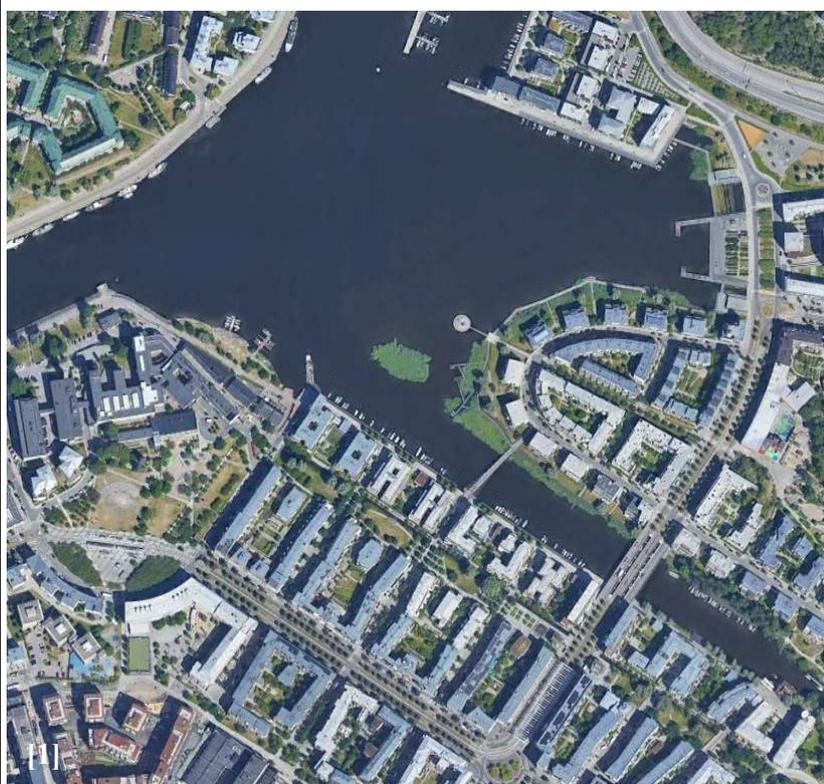
Anno di costruzione:
anni '20 e '30

Anno di riqualificazione:
1993-2013

Tipologia intervento:
pubblico

Funzione originale:
manifatturiera e attività
artigianali

*Funzioni attuali o in
progetto:* residenze,
spazi commerciali,
direzionali, produttivi,
culturali, per l'istruzione
e lo svago



STORIA:

La zona lungo la sponda meridionale del lago Hammarby Sjö è stata luogo di villeggiatura sino a quando, nel 1920, la Municipalità acquisì l'area per trasformarla in una zona industriale. In seguito alla dismissione del porto, la città dovette affrontare i costi della bonifica per poi procedere con la trasformazione. Negli anni '90 venne inserito nel Piano Regolatore di Stoccolma e si procedette con la redazione di un piano particolareggiato per la realizzazione del comparto residenziale di Norra Hammarbyhamnen, edificato tra il 1993 e il 1999. In seguito alla candidatura della città di Stoccolma per i Giochi Olimpici del 2004, si ipotizzò di trasformare l'area dell' "ex porto" in un quartiere ecologico, quello di Hammarby Sjöstad da adibire a Villaggio Olimpico. La città non ospitò i giochi e il progetto venne accantonato.

Il recupero venne poi ripreso con l'idea di dilazionare la realizzazione del nuovo quartiere e terminarla in circa 15-20 anni. Tra il 1995 e il 1996 il Dipartimento di Pianificazione Urbana e l'architetto Jan Inghe-Hagström proposero di demolire i fabbricati in lamiera e di recuperare gli edifici industriali per le nuove attività produttive e di servizio del quartiere.

Nel 1997 venne realizzato il masterplan definitivo e negli anni successivi iniziarono i lavori per la trasformazione del quartiere.

OPERA IN PROGETTO:

Il progetto prevedeva la realizzazione di 4 o 5 edifici a due piani lungo il canale e da 6 a 8 edifici di medesima volumetria lungo le principali strade con aree verdi sia pubbliche che private. Il fulcro del progetto è l'attenzione per l'ambiente.

Inoltre il quartiere è nato ed è stato sviluppato pensando ad una rete di percorsi ciclabili e pedonali che limitassero l'utilizzo delle auto private. Si è anche mirato al trasporto pubblico mediante una tramvia leggera con quattro fermate, tre linee di autobus e una linea di traghetti gratuiti. È stato introdotto il car sharing e il carpooling con veicoli a biofuel.

Per quanto riguarda la problematica di approvvigionamento idrico ed energetico all'interno del quartiere, sono state utilizzate soluzioni tecnologiche che ottimizzano l'efficienza e il risparmio. Sono infatti stati progettati tetti-giardino, sistemi di raccolta e recupero delle acque meteoriche, isolamento termico dell'involucro edilizio tramite vetri doppi e coibentazione di alta qualità.

Anche i rifiuti vengono trattati secondo un sistema innovativo che prevede la separazione all'origine e, attraverso un sistema di scivoli, vengono stoccati in cisterne sotterranee e poi attraverso una rete di tubi interrati vengono aspirati e convogliati direttamente nel centro di raccolta. I rifiuti non riciclabili vengono poi trasferiti al termovalorizzatore che alimenta la centrale di cogenerazione per la produzione di energia termica ed elettrica.



DATI TECNICI:

Progettisti:

Jan Inghe-Hagström,
Tengbom Arkitekter &
Partners

Superficie lotto:

200 ha

Area edificata in progetto:

330.000 m²

Costo della trasformazione:

€ 4,5 miliardi

Costo al m²:

2.250,00 €/m²

Sitografia immagini:

[1] earth.google.com

[2] <https://urbandesigndpoliba.files.wordpress.com/2015/03/>

Gas Work Park

2101 N Northlake Way, Seattle, WA 98103, Stati Uniti



DATI GENERALI:

Anno di costruzione:

1873

Anno di riqualificazione:

1975

Tipologia intervento:

pubblico

Funzione originale:

impianto di
gassificazione

Funzioni attuali o in

progetto: parco pubblico



STORIA:

La società Seattle Gas Light Company venne fondata nel 1873 da un consorzio formato da Seattle Arthur Denny e Dexter Horton che costruirono il primo impianto. Qualche anno dopo l'incendio di Seattle (1889), venne istituita una nuova compagnia con la quale venne contesa la fornitura del gas nella città. Nel 1906 la Seattle Gas Light Company vinse la "battaglia" e aprì il nuovo stabilimento. Nonostante le lamentele a causa dell'inquinamento dell'atmosfera, la compagnia fu la principale produttrice di energia elettrica fino a quando l'idroelettrico non ha iniziato a prendere il suo posto negli anni '30. Con le nuove tecnologie si iniziò anche a produrre gas a partire dal petrolio greggio, che risultava più economico del carbone. La posizione dell'impianto rese possibile il trasporto del petrolio per via navale e l'impianto originario venne in gran parte smantellato per adattare lo stabilimento al nuovo processo nel 1937. Inoltre, tra il 1946 ed il 1947, la crescente richiesta portò alla costruzione di altre due coppie di generatori di gasolio. Già nel 1954 l'azienda vide un calo della richiesta con una diminuzione dei clienti e, di conseguenza, delle squadre di lavoratori. La produzione del gas urbano terminò nel 1956. Nel 1962 la città di Seattle iniziò ad acquistare le fabbriche di gas abbandonate e in particolare in questa venne realizzato un parco aperto al pubblico che venne inaugurato nel 1975.

OPERA IN PROGETTO:

Il parco si estende per oltre 8 ettari di terra costeggiando il Lake Union, l'accesso viene garantito attraverso un parcheggio oppure mediante percorsi ciclabili e pedonali che lo collegano con il resto della città.

Il complesso è costituito da 7 torri, sono quelle dell'impianto del 1937, a cui sono state accostate alcune opere per caratterizzare il parco, in particolare è stato realizzato un tumulo di terra (una collina artificiale) e la prua (ovvero una piattaforma realizzata nel 1936 per scaricare il carbone).

Il locale caldaia è stato trasformato in un rifugio per i picnic, ma mantiene ancora i tubi che collegavano le due caldaie.

Vi è poi la "casa delle pompe", ovvero un locale dove tutt'oggi sono state mantenute la maggior parte delle pompe, dei compressori e delle tubazioni che vi erano in origine. All'esterno invece vi è un'area gioco caratterizzata dall'unica cappa tagliafumo che è stata mantenuta in seguito ai cambiamenti degli anni '30. Oggi è ristrutturata e viene utilizzata dai bambini come struttura per l'arrampicata. Per quanto riguarda le sette torri, in seguito ad un'attenta attività di bonifica e di risanamento dalle infiltrazioni di idrocarburi, è stata scelta la strada del riciclo funzionale. Sono state mantenute le strutture originali in acciaio che oggi risultano parzialmente coperte dalla vegetazione.



DATI TECNICI:

Progettisti:

Richard Haag

Superficie lotto:

8,3 ha

Area edificata in progetto:

--- m²

Costo della trasformazione:

€ 100.000.000,00 circa

Costo al m²:

1.204,82 €/m²

Sitografia immagini:

[1] earth.google.com

[2] <https://seattle.curbed.com/2019/4/12/18306264/gas-works-park-environmental-history>

[3] <https://www.seattleandsound.com/gas-works-park/>

[4] <https://www.cntraveler.com/activities/seattle/gas-works-park>

Siec-Tonsley Tafe

MAB Eastern Promenade, Clovelly Park SA 5042, Australia



DATI GENERALI:

Anno di costruzione:
1964

Anno di riqualificazione:
2013

Tipologia intervento:
pubblico - privato

Funzione originale:
fabbrica di automobili
Funzioni attuali o in progetto:

Biblioteche, aziende
tecnologiche,
amministrazione, negozi,
aule, bar



STORIA:

Il sito faceva parte degli impianti di produzione della società Chrysler Australia che nacque nel 1951. La costruzione dello stabilimento produttivo di Tonsley Park avvenne nel 1964, caratterizzando l'impianto di assemblaggio più grande in Australia.

Negli anni Settanta l'azienda era già attenta al riciclo di carta e di rottami.

Nel 1980 il proprietario Mitsubishi Motors acquistò lo stabilimento della Chrysler per continuare la produzione sino al 2008. Due anni dopo il Governo australiano acquistò il sito per realizzare un distretto caratterizzato da tecnologia e sostenibilità. Si prevedeva infatti la realizzazione di spazi per aziende, educazione, vendita al dettaglio e, non ultime, unità residenziali.

Nel 2012 venne presentato il primo masterplan del progetto dell'area Tonsley, esso prevedeva la realizzazione di spazi pubblici, privati e aree verdi collegati attraverso percorsi veicolari, pedonali e ciclabili con l'obiettivo di ridurre l'utilizzo delle auto e l'impatto sull'ambiente.

Nel 2013 venne aperta la sede del Tafe SA Building and Construction, la quale conteneva 5 campus per lo studio di energie rinnovabili e di costruzioni, l'iniziativa venne promossa dal governo australiano.

OPERA IN PROGETTO:

Il masterplan della riqualificazione del quartiere è concentrato su un mix funzionale composto da residenze, negozi, bar, ristoranti e spazi pubblici che lo rendono attivo tutto il giorno e ne aumentano la sicurezza. Inoltre, è stata riservata particolare attenzione alla gestione di energia e di acqua al fine di rispettare l'ambiente, a questo si aggiunge la minima generazione di rifiuti.

Il più grande edificio nel quartiere è il Main Assembly Building (MAB) che ha mantenuto il carattere industriale e ospita spazi pubblici coperti, aree verdi, imprese e attività commerciali.

Internamente gli spazi sono distribuiti su tre piani progettati in modo da permettere l'ingresso della luce naturale negli ambienti.

I percorsi interni sono suddivisi tra quello principale e quelli secondari. Questi ultimi portano agli spazi dedicati all'insegnamento e all'amministrazione. La struttura in acciaio originale è stata quasi interamente mantenuta e i nuovi piani sono stati realizzati mediante una struttura in cemento armato, gli impianti sono a vista e tutte le finiture, insieme alle aperture, richiamano il minimalismo.

Infine, è stato condotto anche uno studio dei materiali in fase progettuale prevedendo l'inserimento di finiture ed elementi che si distaccassero da quelli originali.



DATI TECNICI:

Progettisti:

Superficie lotto:

43.000 m²

Area edificata in progetto:

--- m²

Costo della trasformazione:

\$ 110 milioni

Costo al m²:

2558 \$/m²

Sitografia immagini:

[1] earth.google.com

[2] <https://www.archdaily.com/517253/siec-mph-architects>

Dalle schedature riportate è possibile evidenziare come la riconversione di aree industriali dismesse sia spesso promossa da enti pubblici. È possibile affermare che era prevedibile riscontrare ciò, perché in molti casi sono stati sostenuti i costi di bonifica.

Si è riscontrato che le società private che possedevano i siti, molto spesso hanno chiuso le loro aziende e le loro attività produttive lasciandoli in situazioni di degrado e spesso anche di pericolo per la salute. L'intervento delle pubbliche amministrazioni ha permesso di recuperare gli immobili e le aree convertendoli e offrendo alla popolazione degli spazi come parchi, aree verdi oppure degli spazi chiusi come biblioteche, aule studio o poli universitari.

Perché i soggetti privati non sono attratti da queste aree?

La spiegazione è molto semplice, come già ipotizzato nella presentazione dell'argomento, anche in questi casi si evince che il soggetto privato cerca un beneficio dal punto di vista economico. Così non è, o almeno non dovrebbe essere per quello pubblico che ricerca il beneficio per la collettività.

Si evince, inoltre, che in molti casi la pubblica amministrazione compra il sito dismesso per riconvertirlo, mentre in altri “convince” il proprietario a riconvertirlo attraverso degli aiuti economici oppure attraverso dei contratti che possano portare benefici ad entrambi i soggetti.

Si conclude affermando che l'analisi di siti presenti sul territorio italiano e confrontandoli con esempi europei e mondiali ha permesso di individuare la stessa “mentalità” dal punto di vista economico soprattutto per quanto riguarda i soggetti privati.

2. Il sito dell'Ex Cotonificio Tabasso

In seguito, ad un'analisi sui siti industriali dismessi presenti nella città metropolitana di Torino, l'attenzione è ricaduta sull'ex Area Tabasso, un sito ubicato nella Città di Chieri. A suscitare interesse è stata la centralità del sito stesso; infatti si trova all'incrocio tra Via Vittorio Emanuele e Via Fratelli Giordano, esattamente dietro alla biblioteca e all'archivio storico della città.

Chieri è un Comune di 35.842 abitanti¹⁰ situato tra il capoluogo piemontese e il Monferrato che a partire dall'Ottocento si specializzò nel campo del tessile, che impegnò quasi la metà dei suoi abitanti.



Figura 5: Inquadramento area oggetto di intervento (FONTE: google.earth.com)

2.1 Analisi storica

Il complesso del “Cotonificio Felice Tabasso” è situato ai margini del centro storico della città di Chieri, in particolare all'estremità della via maestra oggi nominata via Vittorio Emanuele. L'area circostante il sito è stata urbanizzata soprattutto lungo la via maestra durante il Cinquecento e il Seicento, l'intera trasformazione urbana venne consolidata solo tra il Settecento e l'Ottocento con la definizione dei nuovi perimetri della città.

Tra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento si verificò un'intensificazione degli opifici industriali con relative palazzine padronali e tra essi emerge anche il complesso Tabasso.

Il Cotonificio Tabasso venne fondato nel 1872 dai fratelli Felice, Giacomo e Giuseppe, figli di un agricoltore originario di Pecetto che poi si dedicò al commercio di stoffe.

Nei primi anni di attività le stoffe prodotte dai tre fratelli venivano vendute a domicilio o al mercato dalle mogli, le quali possedevano il cosiddetto “banco delle tre spose”.

¹⁰ Dato ISTAT Maggio 2023

Nel 1874 con l'arrivo della ferrovia l'azienda iniziò a vendere anche fuori dalla città di Chieri dando un forte impulso alla sua espansione.

Qualche anno dopo, nel 1880 l'azienda originaria venne suddivisa in 3 unità, una per ciascun fratello, ma sopravvisse solo quella di Felice, in quanto Giuseppe divenne medico e Giacomo non avendo eredi fu costretto a chiudere.

Tra il 1884 e il 1910 venne edificato il primo corpo fabbrica disposto perpendicolarmente all'attuale via Vittorio Emanuele. In quel periodo vennero introdotti i teli meccanici e venne costruita la ciminiera simbolo dell'avanguardia dell'impresa; infatti, vennero introdotti anche i primi motori alimentati a carbone che vennero poi sostituiti da quelli elettrici.

Alla morte di Felice gli succedette il figlio Giuseppe, il quale dovette affrontare il periodo della Prima Guerra Mondiale, durante la quale si dedicarono alla produzione di commesse per le truppe al fronte.

Nel 1926 morì Giuseppe, quindi l'azienda andò in mano ai quattro figli Mario, Luigi, Saverio e Felice (appena diciottenne) che si suddivisero le mansioni:

- Felice e Mario si occupavano dell'aspetto commerciale;
- a Saverio, che frequentò la scuola di tessitura, venne affidata la tintura;
- a Luigi spettò la parte più tecnica in seguito ai suoi studi in qualità di tecnico tessile.

La crisi del 1929 colpì soprattutto l'Europa, mentre in Italia arrivò solo 3 anni dopo e colpì anche l'azienda che trovò occasione per riprendersi solo nel 1935 con i rifornimenti per la guerra d'Africa, ma anche in quel frangente le acque non potevano dirsi tranquille. L'azienda contava solo 60 addetti che per l'epoca corrispondeva ad un numero ridotto.

Con l'occupazione tedesca i militari volevano smantellare la fabbrica, ma si raggiunse un accordo grazie al fatto che l'azienda effettuava forniture militari. Nel frattempo, nel 1941, venne ricostruito l'opificio originario a due piani caratterizzato da orizzontamenti in voltine di laterizio con relativa struttura metallica.

Non avendo mai interrotto la produzione, appena terminò la Seconda Guerra Mondiale, la Tabasso fu pronta per riprendere la produzione facendo fronte ad una massiccia richiesta di tessuti per l'abbigliamento. In quegli anni l'impresa si ampliò con:

- una nuova sala tessitura;
- l'avviamento dell'attività di finissaggio;
- l'acquisizione di nuovi spazi;
- l'apertura di una tintoria.

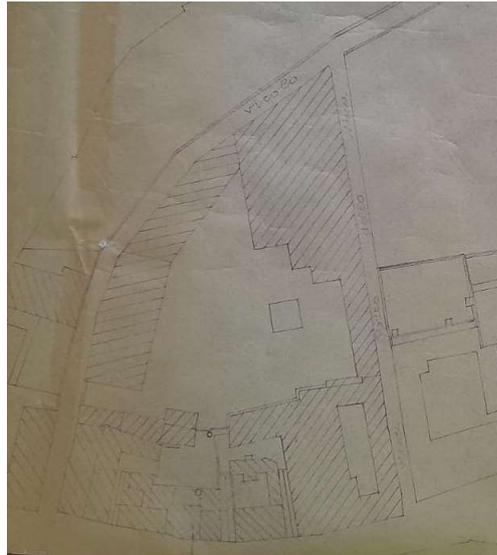


Figura 6: Lotto prima del 1955

(FONTE: Archivio Storico Comune di Chieri, Fondo Cotonificio Tabasso, A.C.T. 193)

Tra il 1947 e il 1959, si ebbe una trasformazione del tessuto edilizio, infatti venne occupato l'area retrostante l'edificato. Questa operazione avvenne secondo le indicazioni del Piano Regolatore in corso di approvazione (1954). In particolare, venne spianata la collina eliminando tutti i vicoli che conducevano al Bastione della Minaper per consentire l'edificazione di blocchi modulari con struttura in cemento armato caratterizzato da grandi luci e copertura a shed orientata in modo da consentire l'ingresso della luce, ma non di quella solare diretta. Nel periodo in cui si verificò l'ampliamento dell'azienda venne anche costruito il serbatoio idrico, ovvero la torre piezometrica (1957) che tutt'oggi è simbolo del lotto.

Negli anni del boom economico, tra il 1958 e il 1960, il cotonificio si dedicava alla produzione di copriletti con i telai jacquard che venivano esportati in tutto il mondo insieme ad altri due articoli: tessuti per abbigliamento e tendine da casa.

Nel 1961 l'azienda chierese acquisì la filatura Valvaraita a Busca in provincia di Cuneo e l'anno successivo morì Felice Tabasso (nipote del fondatore) a causa di un incidente automobilistico (secondo alcune fonti l'incidente avvenne sulla strada per Busca). Nel 1962 l'impresa contava circa 500 addetti e vendevano soprattutto sul mercato nazionale attraverso una fitta rete di rappresentanti.

19 Ottobre 1984	Disposizione	4109	Articolo Colombrà	Marche suse.
22 Ottobre 1984	Disposizione	4217	Articolo Rental lino metri 40	Marchette marroni
23 Ottobre 1984	Disposizione	R/254	Articolo Vesilia metri 80	Marche -
23 Ottobre 1984	Disposizione	4065	Articolo Polseta metri 180	Marche di saggine.
25 Ottobre 1984	Disposizione	4258	Articolo Alegre metri 160	Marche bleu.
29 Ottobre 1984	Disposizione	4078	Articolo Panarea metri 80	Marche suse da un lato.
30 Ottobre 1984	Disposizione	4250	Articolo Martimia metri 80	fascie e marcholine bleu.
30 Ottobre 1984	Disposizione	5552	Articolo Alegre metri 80	Marcholine blanc.

Figura 7: Analisi malfunzionamenti e difetti prodotti

(FONTE: Archivio Storico Comune di Chieri, Fondo Cotonificio Tabasso, A.C.T. 36)

L'azienda restò in stallo fino agli anni Settanta quando iniziò a farsi sentire la concorrenza turca, iraniana, cinese; nel 1980 variò la ragione sociale passando da S.A.S. ad una S.P.A.. Nel 1993 l'azienda entrò in crisi e chiuse due anni dopo con 120 addetti.

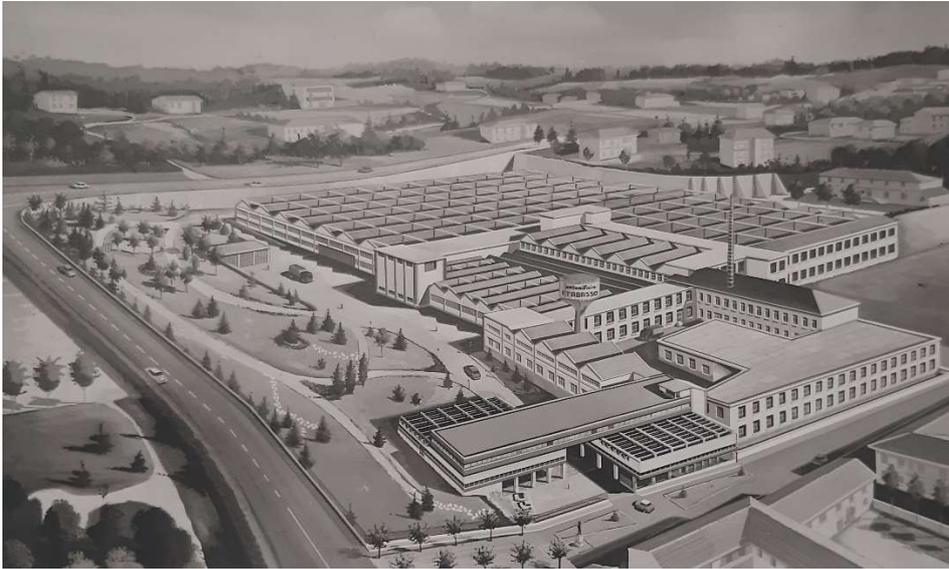


Figura 8: Vista del lotto - 1962

(FONTE: Archivio Storico Comune di Chieri, Fondo Cotonificio Tabasso, A.C.T. 195)



Figura 9: Ingresso palazzina uffici (FONTE: Archivio Storico Comune di Chieri, Fondo Cotonificio Tabasso, A.C.T. 195)



Figura 10: Fronte sud del lotto (FONTE: Archivio Storico Comune di Chieri, Fondo Cotonificio Tabasso, A.C.T. 195)

6.6-85

Costo trattamento acque di scarico.

Periodo dal 1 Gennaio 1985 al 31 Maggio 1985

Energia elettrica totale 50 Kw per lire 125 = lire 6'250 costo per ora.
 lire 6'250 per 24 = lire 150'000 costo per giorno.
 lire 150'000 per 151 giorni = lire 22'650'000

Anidride carbonica chilogrammi 52'180 = lire 4'931'360
 al mese lire 1'355'875
 totale lire 3'287'235

Urea tecnica chilogrammi 150 lire 51'450

Ammonio fosfato ammonico chilogrammi 200 lire 220'000

Ferro solfato ferroso chilogrammi 500 lire 70'000

Flocculante 173/S chilogrammi 165 lire 66'000

Costo complessivo lire 32'344'985

Metri cubi trattati complessivi 119'520

Costo per metro cubo lire 271.

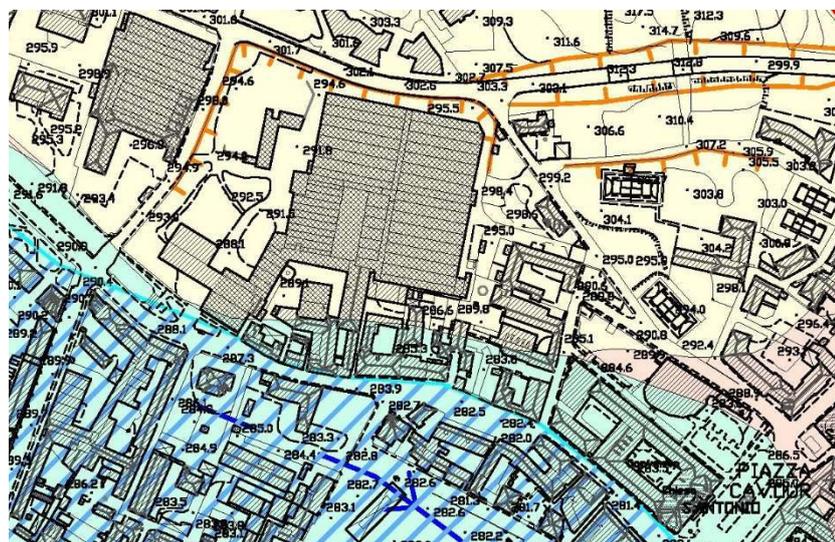
(costo annuo (valori costanti) = 47.600.000.

Figura 11: Costo del trattamento delle acque di scarico (FONTE: Archivio Storico Comune di Chieri, Fondo Cotonificio Tabasso, A.C.T. 49)

2.2 Vincoli paesaggistici

Il territorio del Comune di Chieri presenta un'estensione pari a 54 km² comprendendo un settore collinare la cui quota sul livello del mare varia tra i 400 m e i 260 m.

La carta geomorfologica della variante strutturale n°14 del P.R.G.C. riporta il dislivello presente sul lotto che risulta essere pari a 7/8 m dall'ingresso presente su Via Vittorio Emanuele II sino ai piedi del muraglione situato a nord.



COPERTURE QUATERNARIE:

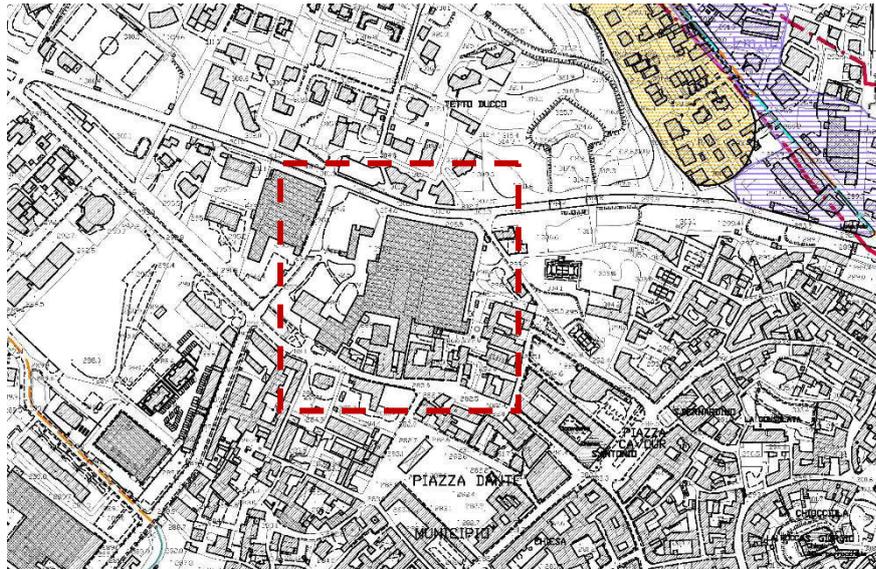
	Coltri di alterazione superficiali con spessore generalmente inferiore a 2 m.
	Coltri eluviali prevalentemente argilloso limose di alterazione del substrato lungo i versanti con spessore mediamente compreso tra 2 - 4 m.
	Coltri di copertura eluvio - colluviali prevalentemente limoso argillose lungo i fondovalle dei rii minori con potenza generalmente maggiore di 4 m.
	Depositi alluvionali recenti costituiti da limi e limi sabbiosi poco alterati con locali intercalazioni sabbioso ghiaiose.
	Depositi alluvionali antichi siltosi e siltoso sabbiosi debolmente alterati privi di stratificazione ricoperti da sedimenti loessici. Presenza alla base di livelli ghiaioso ciottolosi in matrice sabbioso limosa.

DISSESTI LEGATI ALLA DINAMICA FLUVIALE E TORRENTIZIA:

	Area di esondazione - dati storici
---	------------------------------------

Figura 12: Tavola B1-2b - Carta geomorfologica con reticolo idrografico (Progetto definitivo variante strutturale n°14 al PRGC,2019)

Circostanti all'area oggetto di interesse non sono presenti corsi d'acqua, per tale ragione è possibile affermare che il deflusso delle acque piovane risulta fortemente influenzato dalle attività antropiche. Nonostante ciò, non si possono evidenziare potenziali fenomeni legati al dissesto idrogeologico. A supportare la tesi esposta è possibile prendere in considerazione la tavola B1-7b (di seguito riportata) della variante strutturale n° 14 del P.R.G.C.



LEGENDA

PROCESSI GRAVITATIVI

Movimento	Stato	Codice	Nicchia	Accumulo/Corpo di frana
Crollo	attivo	FA1		▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	quiescente	FQ1		
	stabilizzato	FS1		
Ribaltamento	attivo	FA2		▲ ▲ ▲ ▲ ▲
	quiescente	FQ2		
	stabilizzato	FS2		
Scivolamento rotazionale	attivo	FA3		V V V V V
	quiescente	FQ3		
	stabilizzato	FS3		
Scivolamento traslativo	attivo	FA4		V V V V V
	quiescente	FQ4		
	stabilizzato	FS4		
Colamento lento	attivo	FA5		U U U U U
	quiescente	FQ5		
	stabilizzato	FS5		
Colamento veloce	attivo	FA6		U U U U U
	quiescente	FQ6		
	stabilizzato	FS6		
Sprofondamento	attivo	FA7		U U U U U
	quiescente	FQ7		
	stabilizzato	FS7		
D.G.P.V.	attivo	FA8		U U U U U
	quiescente	FQ8		
	stabilizzato	FS8		
Frane per saturazione e fluidificazione della copertura detritica	attivo	FA9		U U U U U
	quiescente	FQ9		
	stabilizzato	FS9		
Movimenti gravitativi compositi	attivo	FA10		U U U U U
	quiescente	FQ10		
	stabilizzato	FS10		

Colore attivo quiescente stabilizzato

DISSESTI LEGATI ALLA DINAMICA FLUVIALE E TORRENTIZIA

Tipi di processi prevalenti e intensità dei fenomeni da verifiche idrauliche Ingg. Visconti e Gattiglio

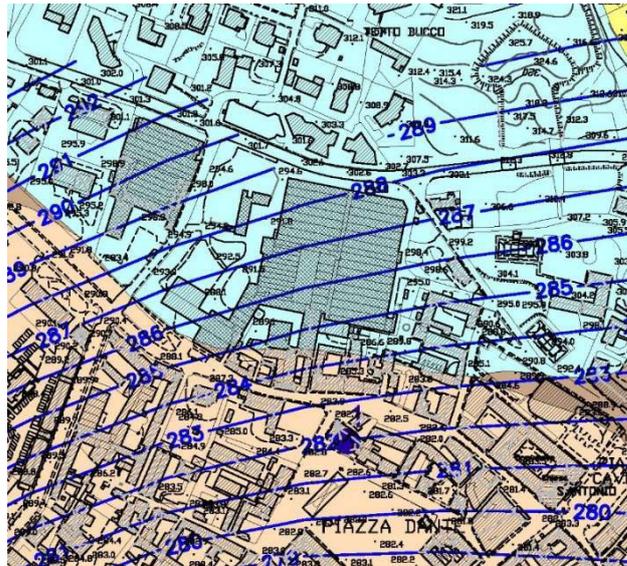
Lineari	PAI		PGRA		
	Moito elevata	Ee _L	Scenario frequente	H	
Lineari	Elevata	Eb _L	Scenario poco frequente	M	
	Media/moderata	Em _L	Scenario raro	L	
	Areali	Moito elevata	Ee _A	Scenario frequente	
Elevata		Eb _A	Scenario poco frequente	M	
Media/moderata		Em _A	Scenario raro	L	

Figura 13: Tavola B1-7b - Carta geomorfologica con reticolo idrografico (Progetto definitivo variante strutturale n°14 al PRGC, 2019)

I dati relativi agli acquiferi presenti nel sottosuolo di Chieri, di cui si riporta l'estratto della variante 14 del P.R.G.C. vigente, evidenziano la presenza di una falda superficiale esigua con valori molto bassi, indicativamente tra i 3 e 5 m sotto al piano campagna.

L'acquifero presente sul sito è caratterizzato da una debole circolazione idrica sotterranea che si sviluppa negli strati sabbiosi o debolmente limosi. A quanto affermato fanno eccezione alcune zone limitate che sono caratterizzate da un maggiore apporto idrico lungo il reticolo idrografico superficiale.

Potrebbe risultare necessaria la valutazione della falda nel progetto in esame perché, essendo superficiale, si evidenzia la possibile interferenza sul comportamento geotecnico del terreno in corrispondenza delle fondazioni e del parcheggio interrato.



Depositi pliocenici costituiti da sabbie quarzose da fini a medie, con frequenti intercalazioni limoso-argillose e lenti calcarenitiche. $k = 10^{-8} - 10^{-4}$ m/s.

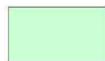
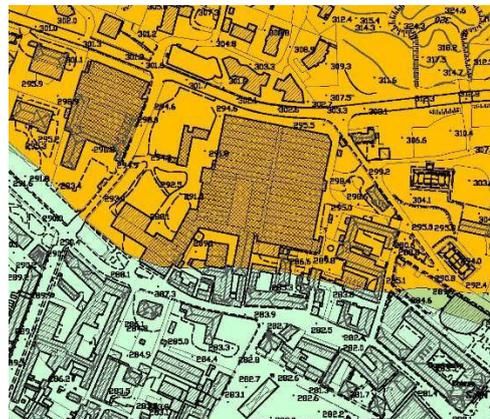


Depositi alluvionali recenti costituiti da sedimenti sabbioso-limosi, con livelli sabbioso-ghiaiosi, mediamente permeabili. $k = 10^{-6} - 10^{-3}$ m/s.



Piezometria dell'acquifero superficiale (rilievo Settembre 2012)

Figura 14: Tavola B1-3b - Carta geoidrologica (Progetto definitivo variante strutturale n°14 al PRGC,2019)



Coperture alluvionali recenti costituite superiormente da sedimenti prevalentemente sabbioso-limosi e argilloso-limosi.

Ai livelli prevalentemente coesivi possono essere attribuiti i seguenti parametri in condizioni non drenate: $C_u = 15-50$ kPa, $\varphi_u = 24-30^\circ$, $\gamma = 19$ kN/m³.

Ai depositi granulari: $C' = 0$ kPa, $\varphi' = 24-30^\circ$, $\gamma = 16-18$ kN/m³.

Alla base del deposito si osservano sedimenti granulari costituiti da ghiaie sabbioso-argillose: $C' = 0$ kPa, $\varphi' = 29-35^\circ$, $\gamma = 19-20$ kN/m³.



Substrato pliocenico costituito da sabbie da fini a medie, con intercalazioni limoso-argillose. In funzione del grado di alterazione e cementazione possono essere attribuiti i seguenti parametri: $C' = 0$ kPa, $\varphi' = 30-38^\circ$, $\gamma = 19-21$ kN/m³.

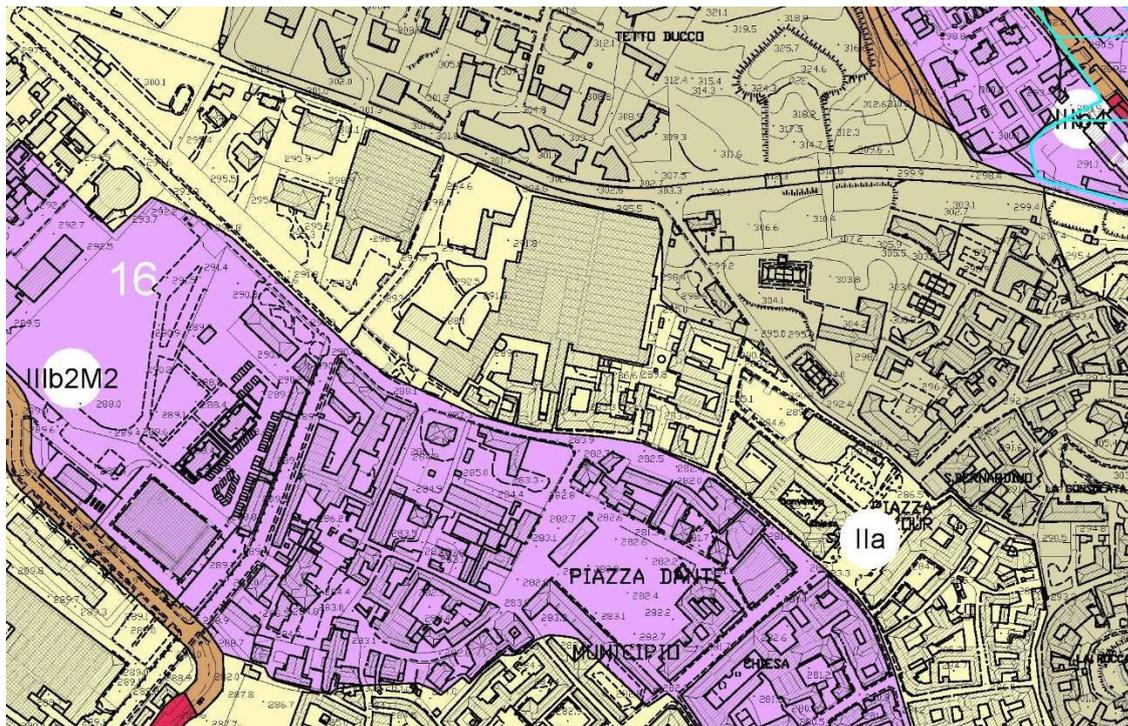
Figura 15: Tavola B1-6b - Carta caratterizzazione litotecnica (Progetto definitivo variante strutturale n°14 al PRGC,2019)

Sulla base della documentazione consultata, di seguito si riportano alcune informazioni estratte in merito ai vincoli e all'inquadramento urbanistico.

- Secondo quanto riportato nella tavola per l'assetto idrogeologico risulta che l'area Tabasso è situata esternamente alle aree perimetrate PAI (Piano di Assetto Idrogeologico), ovvero aree caratterizzate da elementi che comportano pericolosità dal punto di vista idrogeologico.
- L'Estratto cartografico scenari di probabilità e rischio alluvioni PGRA - Piano Gestione Rischio Alluvioni evidenzia che l'intervento in analisi ricade in una zona "a probabilità di alluvioni scarsa".

L'area oggetto di intervento è situata in un'area normativa Bpr8 che ricade in classe IIa.

“Nella classe II la realizzazione degli interventi edilizi è subordinata all'effettuazione di accurate indagini in ottemperanza al D.M. 17.01.18. Tali indagini dovranno caratterizzare adeguatamente l'area di intervento in rapporto alle opere in progetto. La relazione geologica-geotecnica a corredo delle indagini e la relazione ideologico-idraulica, ove richiesta, dovranno illustrare le metodologie adottate, i risultati ottenuti e la loro affidabilità, indicare eventuali interventi di sistemazione idrogeologica locale, tipologie e caratteristiche fondazionali, verificare la compatibilità dei cedimenti, definire le condizioni di stabilità a breve ed a lungo termine, ed indicare eventuali prescrizioni (monitoraggi, manutenzioni), o limitazioni cui dovrà sottostare il progetto. Nella sottoclasse IIa la realizzazione degli interventi edilizi dovrà essere subordinata a indagini ai sensi del D.M. 17.01.18 mirate alla caratterizzazione di dettaglio del terreno di fondazione, natura delle coperture e del substrato e loro parametri geotecnici-geomeccanici, in rapporto alle condizioni di falda idrica (piezometria, soggiacenza) nelle varie fasi di intervento (scavo, costruzione, sistemazione finale). Nella valutazione della capacità portante del terreno di fondazione e relativi cedimenti occorrerà tenere presente il livello di falda idrica e le sue possibili escursioni. Qualora gli scavi dovessero interferire con il livello di falda occorrerà predisporre adeguate opere di drenaggio per assicurare una corretta esecuzione dei lavori. Non sono ammessi piani interrati sottofalda; la realizzazione di vani tecnici in parziale sottofalda (con piano inferiore nell'ambito della fascia di escursione della falda) può essere ammessa solo subordinatamente alla realizzazione di interventi strutturali di protezione attiva e passiva (impermeabilizzazioni, pozzetti di drenaggio con annesso impianto di smaltimento acque). Per gli interventi ammessi in area Bpr si rimanda all'art.31.7 bis delle Norme tecniche di attuazione del PRGC.”
(estratto Relazione Generale del P.F.T.E. redatto)



IIa

IIb

CLASSE II - Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici, derivanti da indagini geognostiche, studi geologici e geotecnici, da eseguire nelle aree di intervento in fase di progetto esecutivo, in ottemperanza al D.M. 17/01/2018.

Tale classe viene suddivisa in due sottoclassi in funzione della natura dei fattori penalizzanti:

2a) Porzioni di territorio subpianeggianti, interessate da uno o più fattori penalizzanti quali acque di esondazione a bassa energia, prolungato ristagno delle acque meteoriche, scendenti caratteristiche geotecniche dei terreni di copertura ed eterogeneità dei terreni di fondazione.

2b) Porzioni di territorio da moderatamente a mediamente acclivi, dove la limitata idoneità e la moderata pericolosità derivano principalmente da problemi di carattere geostatico e di versante connessi alle scendenti caratteristiche geotecniche dei terreni di copertura e/o sfavorevole giacitura del substrato.

Figura 16: Tavola B1-8b - Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'utilizzazione urbanistica (Progetto definitivo variante strutturale n°14 al PRGC,2019)

2.3 Il progetto di recupero

In seguito al fallimento del cotonificio Tabasso nel novembre 1996, l'intero complesso, la cui estensione è pari a 30 mila metri quadrati, è stato acquisito dal Comune di Chieri nel 1999 con un investimento pari a 7 miliardi di lire.

Sin dall'acquisizione del sito, si volle puntare su un utilizzo totalmente pubblico ponendo come obiettivi la realizzazione dei seguenti spazi:

- la biblioteca civica che al momento dell'acquisizione del lotto si trovava nei locali in Via Demaria;
- magazzini comunali;
- il museo archeologico;
- un teatro;
- un'area di parcheggio.

L'anno successivo all'acquisizione, venne proposto il primo studio di fattibilità, ma i lavori partirono soltanto nel 2002 con una spesa pari a 2.586.000 euro; la prima parte dei lavori terminò nel 2004, ma vide realizzati solo una degli obiettivi posti. Infatti, i servizi che traslocarono nell'area furono:

- la biblioteca civica, che già durante i lavori aveva occupato provvisoriamente la palazzina degli uffici dell'ex cotonificio;
- gli uffici dell'assessorato alla cultura;
- le Poste;
- Informagiovani (attualmente chiuso);
- Un bar nominato "Caffè Letterario";
- Un parcheggio interno e provvisorio con circa 60 posti auto.



Figura 17: Biblioteca e Archivio Storico (FONTE: www.comune.chieri.to.it)

Il 18 ottobre 2004 venne inaugurata la nuova sede della "Biblioteca Nicolò e Paola Francone" e dell'Archivio Storico nell'Area dell'ex Cotonificio Tabasso. Si tratta di un corpo centrale realizzato come uno spazio aperto per rispondere alle esigenze di flessibilità che una biblioteca richiede. Tutti gli spazi sono caratterizzati da molta luce grazie agli ampi lucernari e alle finestre presenti.



Figura 18: Interno Biblioteca Civica (FONTE: www.abacoforniture.com)

Infine, l'arredamento rispetta le scelte stilistiche tipiche degli anni '50 per richiamare le caratteristiche dell'ex cotonificio.

Nel 2007 venne avviato un project financing con l'obiettivo istituire una collaborazione tra il Comune della Città di Chieri e alcune società costruttrici, in tale frangente l'ente pubblico enuncia quelle che sono le esigenze di mercato e come retribuzione offre l'opportunità di costruire e/o gestire immobili o servizi.

In tale frangente, il comune ha richiesto di realizzare:

- Parcheggi;
- Aree verdi;
- Un auditorium;
- Il museo del territorio;
- La scuola di cinema che verrà trasferita dal Bonafous (sito in Strada Pecetto 34).

Ma durante la prima fase di progettazione, il Municipio ha deliberato un aumento di cubatura sulla suddetta area per la realizzazione di edifici residenziali.

Due anni dopo l'avvio del project financing vennero chieste integrazioni con migliorie ai progetti presentati, ma poco dopo i lavori vennero bloccati.

Attualmente il progetto di recupero dell'ex area Tabasso è oggetto di sviluppo. Il Comune di Chieri è in possesso di uno Studio Unitario d'Ambito che ha permesso di proporre due scenari alternativi, il comune ha privilegiato il recupero dei volumi industriali secondo quanto riportato nel Piano Regolatore e nella Variante parziale numero 35.

2.3.1 Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica

Secondo la relazione illustrativa che è stata pubblicata sul sito del Comune di Chieri, l'intervento di rigenerazione urbana che vede coinvolta l'ex area Tabasso verrà sviluppato in due fasi successive. Si possono dunque distinguere due differenti lotti, A e B. Nel primo lotto si prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- risanamento degli edifici storici e demolizione di quelli che versano in pessime condizioni;
- riqualificazione energetica della biblioteca con installazione di pannelli per la produzione di energia elettrica sulla copertura;
- la realizzazione di tre nuove piazze collegate con percorsi pedonali;
- manutenzione della Torre Belvedere;
- la realizzazione di un parcheggio interrato¹¹.

Le lavorazioni che permettono il risanamento del lotto B prevedono la realizzazione di un parcheggio interrato e di un parco attrezzato a più livelli.

¹¹ Il parcheggio interrato potrebbe interferire con la falda presente sul lotto dato che quest'ultima si trova ad una profondità che varia tra i 3 e i 5 metri dal piano campagna.

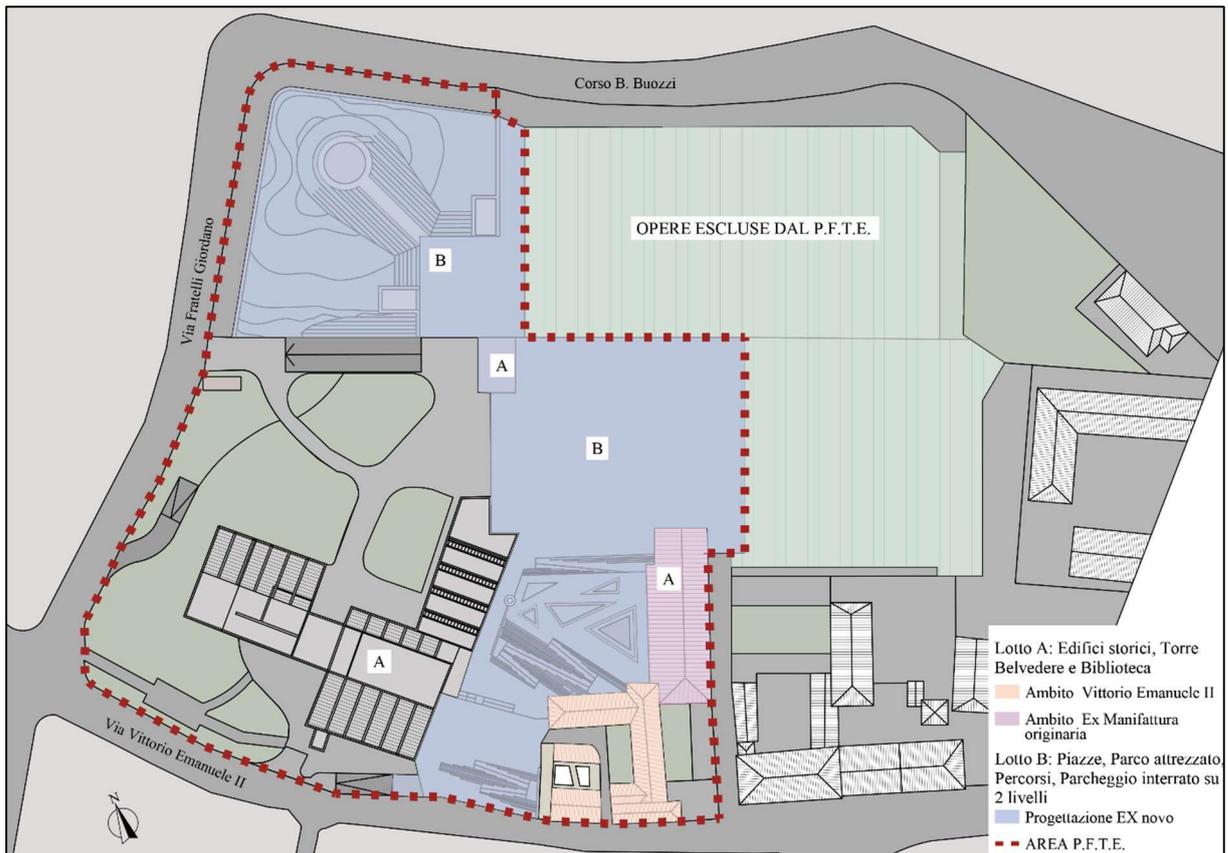


Figura 19: Individuazione dei lotti e dell'area di intervento (FONTE: www.comune.chieri.to.it)

La risposta alla relazione illustrativa e alle richieste effettuate dal Comune di Chieri è stata proposta nel mese di marzo del 2022 quando è stato presentato il Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica alla Città Metropolitana di Torino per ottenere i finanziamenti del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (P.N.R.R.).

La prima fase prevede la realizzazione delle opere contemplate dal lotto A per le quali sono stati messi a disposizione 2,10 milioni di euro provenienti dalle risorse comunali e 8,95 milioni di euro sono stati finanziati dal P.N.R.R. Dunque per la parziale riqualificazione del lotto, sono stati adibiti 11,05 milioni di euro. Inoltre, nel mese di giugno del 2023, il Comune ha messo a base di gara un appalto integrato che prevede la redazione delle successive fasi di progettazione (redazione del progetto definitivo ed esecutivo) e la realizzazione dei lavori.

La strategia progettuale che è stata seguita durante la redazione del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica si basa su una lettura storica del contesto e del sito, caratterizzato da una pluralità di storie e di memorie urbane.

Il progetto vuole mantenere l'impianto originario degli edifici presenti, andando ad intervenire con la demolizione solo qualora i volumi siano in stato di degrado e non presentano l'integrità strutturale.

Al tempo stesso, si cerca di favorire il mix funzionale accentuandolo anche per valorizzare la posizione strategica del sito. In particolare si pone come obiettivo il potenziamento del polo culturale presente andando a insediare nuovi servizi nel sito.

Come già illustrato in precedenza, il progetto di riqualificazione e rigenerazione urbana dell'Ex area Tabasso è caratterizzato da due differenti lotti che permettono di individuare le due fasi successive. Attualmente a base di gara si ha il lotto A che comprende gli interventi di seguito descritti.

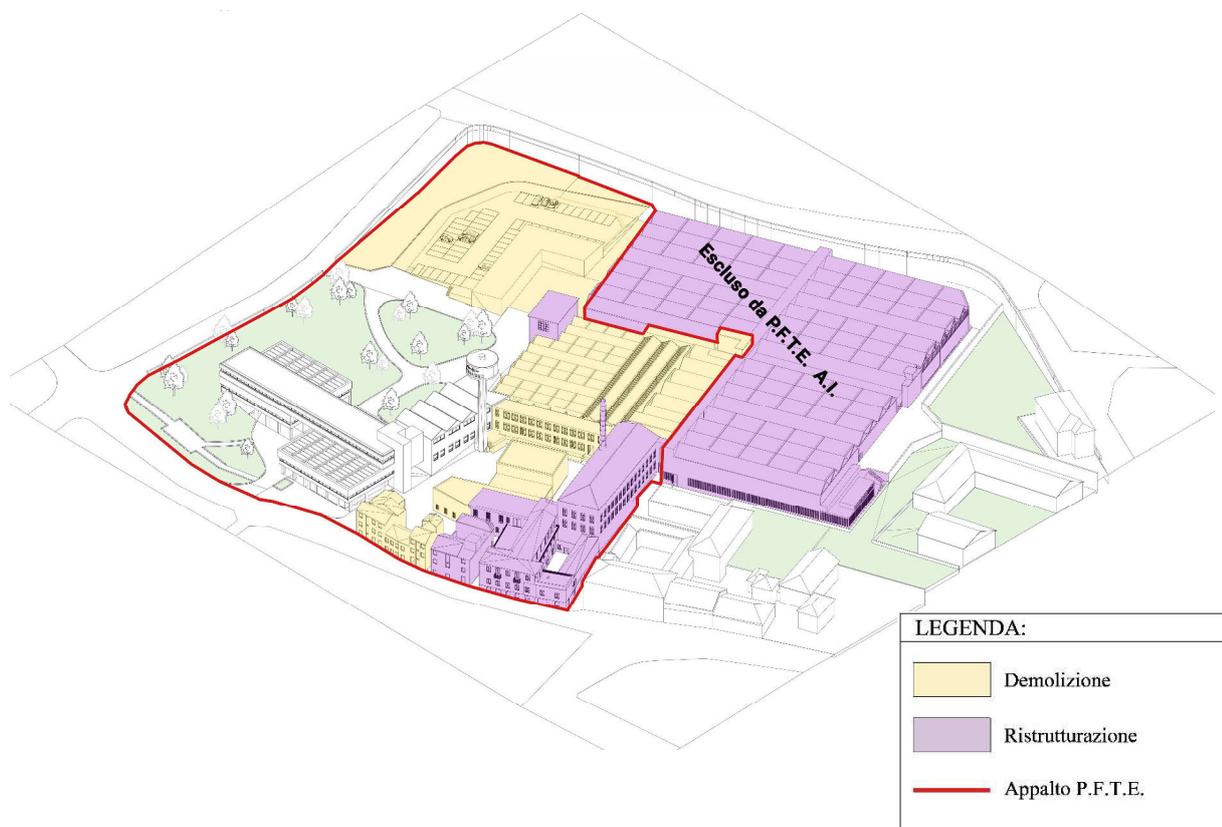


Figura 20: Edifici oggetto di intervento (FONTE: www.comune.chieri.to.it)

Nell'ambito di Via Vittorio Emanuele II si prevede di mantenere gli edifici contigui al centro storico preservando anche i relativi fronti e di mantenere il vicolo Pozzo della Mina e le corti interne presenti nell'area. Su tale zona dell'area oggetto di intervento sono presenti alcuni edifici che, secondo il parere della soprintendenza, risultano pericolanti. Le suddette demolizioni permettono la realizzazione di un sistema di piazze e percorsi pedonali che collegano la pubblica via con il cuore del lotto.

Il quadrante a sud-ovest, denominato petalo, risulta diverso dagli altri tre in quanto è stato realizzato durante l'ampliamento negli anni '50 e si considera non facente parte dell'archeologia industriale presente sul sito. Inoltre, secondo quanto riportato dall'assessore Flavia Bianchi (assessore all'urbanistica e ai lavori pubblici del Comune di Chieri) durante un colloquio, il petalo oggetto di demolizione è stato realizzato con minore cura rispetto agli altri che presentano particolari accortezze come la realizzazione di pilastri con gli angoli arrotondati per evitare che vengano sbeccati durante il corso della loro vita.

Sono previste ulteriori demolizioni che prevedono la rimozione della manica di collegamento dove vi era il controllo delle pezze, dei volumi adiacenti e la demolizione della centrale elettrica presente sul lotto e attualmente dismessa.

Per i restanti volumi si prevede il risanamento e la ristrutturazione oltre alla realizzazione di un giardino pensile, a ciò si accosta anche il recupero della corte interna esistente. Tra le varie opere di sistemazione si prevede la realizzazione della Piazza intermedia e quella Inferiore che risultano collegate tra loro attraverso un sistema di percorsi e gradinate che uniscono le varie aree del lotto.

L'aggiudicazione dell'appalto integrato inerente la progettazione e l'esecuzione dei lavori inclusi nel lotto A del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica era prevista entro il 30/07/2023. Il raggiungimento del 30% del totale dei lavori deve essere svolto entro il 30/09/2024 per raggiungere il completamento entro il mese di luglio 2025, fatta eccezione per lo smantellamento del cantiere. Il collaudo delle opere deve essere effettuato entro il 30/06/2026.

Infine dal punto di vista economico è possibile desumere il costo di trasformazione dal computo metrico estimativo pari a € 7.045.710,90 e valutando tutti i costi connessi alla trasformazione si evince il costo di realizzazione pari a € 10.000.000,00.



Figura 21: Render 1 nuova piazza (FONTE: www.comune.chieri.to.it)



Figura 22: Render 2 nuova piazza (FONTE: www.comune.chieri.to.it)

3. Ipotesi di riqualificazione ambientale

L'obiettivo del presente l'elaborato riguarda l'apporto di alcune migliorie dal punto di vista della gestione delle acque meteoriche al progetto di fattibilità tecnica ed economica che è stato presentato nel mese di marzo 2022.

Sarà proposta una soluzione progettuale che permetta di andare a soddisfare alcuni dei Criteri Ambientali Minimi che non sono stati presi in considerazione negli elaborati già presentati. Il soddisfacimento di tali requisiti potrebbe essere elemento premiale in fase di gara.

3.1 Criteri ambientali minimi

I Criteri Ambientali Minimi (C.A.M.) sono dei requisiti ambientali che vengono definiti per le varie fasi della realizzazione di un intervento pubblico, sono volti all'individuazione delle soluzioni progettuali, dei prodotti o dei servizi che risultano essere i migliori dal punto di vista ambientale lungo l'intero ciclo di vita. Ovviamente è da tenere in considerazione la disponibilità di mercato dei materiali che sono stati selezionati.

In Italia l'applicazione dei CAM e la loro efficacia viene garantita ai sensi dell'articolo recante "Criteri di sostenibilità energetica e ambientale" del D. Lgs. 50/2016 "Codice degli appalti" (modificato dal D. Lgs. 56/2017), che ne hanno reso obbligatoria l'applicazione da parte di tutte le stazioni appaltanti.

Per l'intervento oggetto di analisi è stato esaminato il D.M. 23 giugno 2022 (G.U. n. 183 del 6 agosto 2022) stabilisce i Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento del servizio di progettazione ed esecuzione dei lavori di interventi edilizi.

I C.A.M. sono già stati presi in considerazione per la redazione del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica contenente il documento intitolato "Relazione C.A.M." nel quale sono riportate le aspettative in merito a tale ambito e l'applicabilità al caso in esame. In alcuni casi, come specificato dal progettista nel suddetto documento, il livello di approfondimento non risultava sufficiente per una valutazione in tale ambito.

Valutando la sezione "*SPECIFICHE TECNICHE PROGETTUALI DI LIVELLO TERRITORIALE-URBANISTICO*" dalla relazione citata si evince che non sono stati applicati i criteri riguardanti le categorie che seguono:

Permeabilità della superficie territoriale
In questa categoria i C.A.M. riportano che per "superficie permeabile si intendono, ai fini del presente documento, le superfici con un coefficiente di deflusso inferiore a 0,50. Tutte le superfici non edificate permeabili ma che non permettano alle precipitazioni meteoriche di giungere in falda perché confinate da tutti i lati da manufatti impermeabili non possono essere considerate nel calcolo."
Rete, depurazione e riuso delle acque meteoriche
Di seguito si riportano in maniera riassuntiva i C.A.M. relativi alla presente categoria: <ul style="list-style-type: none">- la raccolta delle acque meteoriche tramite sistemi di drenaggio;- l'accumulo avviene in vasche di raccolta per essere riutilizzate a scopo irriguo ovvero per alimentare le cassette di accumulo dei servizi igienici;- le acque devono essere preventivamente convogliate in sistemi di depurazione e disoleazione.

Risparmio idrico
I C.A.M. relativi alla presente categoria richiedono l'impiego di sistemi di riduzione di flusso e controllo di portata e della temperatura dell'acqua. Tale C.A.M. riguarda principalmente consumi di acqua interni all'edificio, pertanto risulta non applicabile nel seguente elaborato.

Tabella 7: Riassunto specifiche tecniche progettuali di livello territoriale-urbanistico

Seguono le “SPECIFICHE TECNICHE PER I PRODOTTI DA COSTRUZIONE” (tabella 8), saranno riportate solo quelle riguardanti i materiali che si prevede di utilizzare nella progettazione delle migliori:

Calcestruzzi confezionati in cantiere e preconfezionati
Di seguito si riportano in maniera riassuntiva i C.A.M. relativi alla presente categoria:
<ul style="list-style-type: none"> - il calcestruzzo deve avere un contenuto pari almeno al 5% sul peso prodotto di materie riciclate (sottoprodotti); - la percentuale in peso viene calcolata come rapporto tra il peso secco delle materie riciclate e il peso del calcestruzzo al netto dell'acqua (considerato a maturazione terminata).
Acciaio
Per usi non strutturali deve essere utilizzato acciaio prodotto con un contenuto minimo di materie riciclate:
<ul style="list-style-type: none"> - acciaio da forno elettrico non legato, contenuto minimo pari al 65%; - acciaio da forno elettrico legato (“acciai inossidabili”, “altri acciai legati”, “acciai alto legati da EAF”) contenuto minimo pari al 60%; - acciaio da ciclo integrale, contenuto minimo pari al 12%.
Prodotti legnosi
<ul style="list-style-type: none"> - Per la prova di origine sostenibile: Una certificazione di catena di custodia rilasciata da organismi di valutazione della conformità che garantisca il controllo della «catena di custodia»; - Per il legno riciclato, una certificazione di catena di custodia rilasciata da organismi di valutazione della conformità che attesti almeno il 70% di materiale riciclato.
Pavimenti
Per le pavimentazioni in legno si fa riferimento al criterio “2.5.6-Prodotti legnosi”.
Tubazioni in PVC e Polipropilene
Le tubazioni in PVC e polipropilene sono prodotte con un contenuto di materie riciclate pari almeno al 20% del peso del prodotto.

Tabella 8: Riassunto specifiche tecniche per i prodotti da costruzione

Per quanto riguarda questa seconda categoria di C.A.M., essi sono stati totalmente recepiti nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica secondo quanto riportato nella “Relazione CAM” redatta dal progettista.

3.2 Descrizione delle ipotesi progettuali

Le “migliorie” proposte nel presente elaborato riguardano la gestione delle acque meteoriche con l’obiettivo di stoccare l’acqua piovana per evitare l’utilizzo di quella potabile e migliorare la gestione della stessa in caso di evento meteorico di forte intensità. Si prevede dunque l’installazione di serbatoi, fontane e la realizzazione di bacini di ritenzione. Per la conformazione del lotto si prevede la suddivisione dello stesso in tre differenti superficie di captazione sulle quali verrà raccolta l’acqua piovana tenendo conto dello scorrimento della stessa dall’angolo nord-ovest all’angolo sud-est.

La suddivisione in tre differenti aree porta all’installazione di 3 serbatoi, uno per ciascuna di esse, che verranno posizionati nel punto altimetricamente più basso della zona in modo da evitare l’installazione di pompe.

Si prevede inoltre la realizzazione di due differenti vasche che riguarderanno solo due delle tre zone individuate, la terza vasca non verrà realizzata perché l’intervento riguarderà solo l’area retrostante la biblioteca in quanto verrà “toccata” per la realizzazione della rampa di accesso al parcheggio interrato. La parte antistante l’edificio su cui potrebbe essere realizzato il bacino di ritenzione non è soggetta ad alcun intervento pertanto non sarà interessata da alcun elemento progettuale.

Ciascuna delle due aree precedentemente indicate ospiteranno bacini di laminazione che permetteranno di scaricare il troppo pieno dei serbatoi e avranno la funzione di “polmone” per evitare il sovraccarico della rete fognaria esistente.

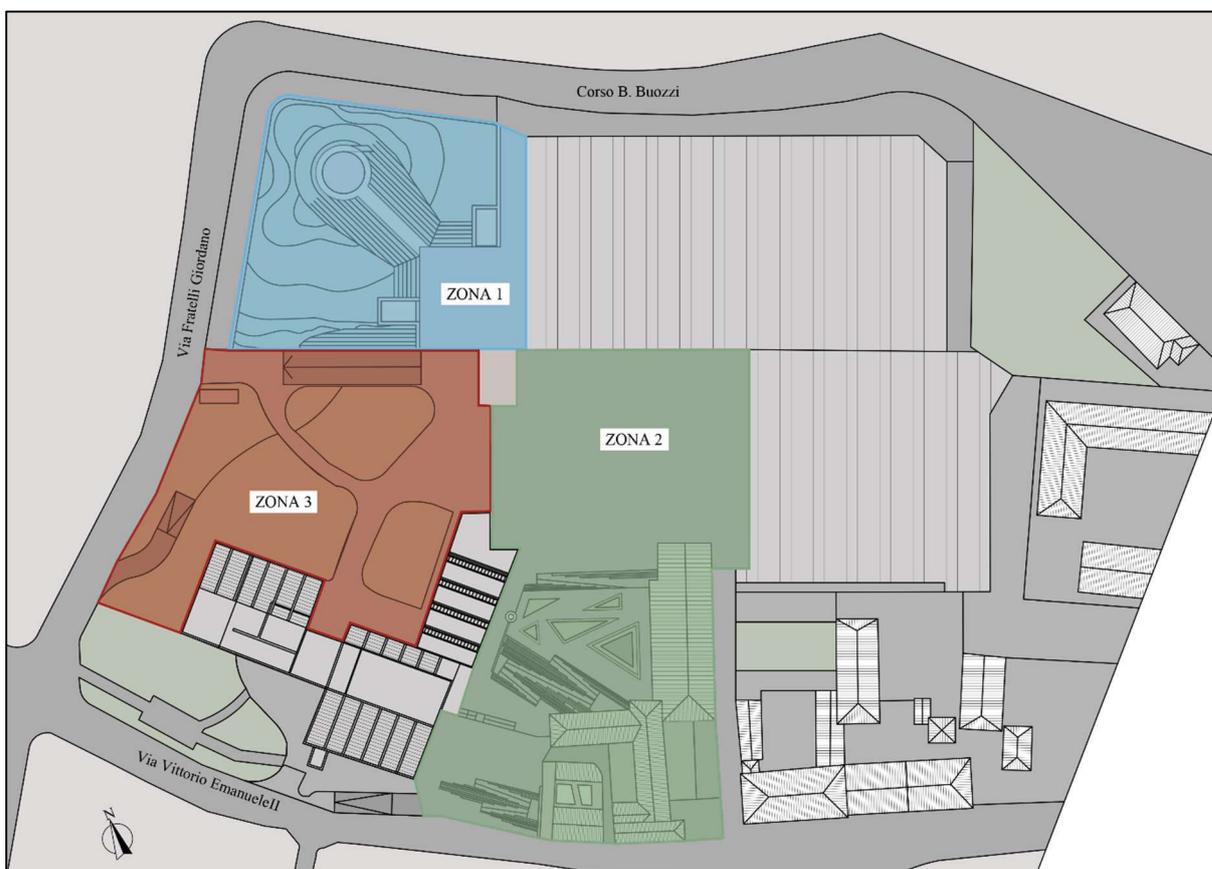


Figura 23: Suddivisione delle tre aree (FONTE: www.comune.chieri.to.it)

Oggetto del dimensionamento saranno anche tutti i sistemi di collegamento che si prevedono tra i serbatoi e i bacini di ritenzione e tra questi ultimi e la rete fognaria.

L'acqua stoccata sarà utilizzata per l'irrigazione delle aree verdi nei mesi estivi come sarà specificato e descritto nel capitolo seguente.

Oltre agli aspetti funzionali si è posta l'attenzione anche all'estetica ipotizzando l'installazione di una fontana sulla piazza inferiore (zona 2, riferimento figura 23), così definita nel Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica. Per evitare l'utilizzo di acqua potabile si prevede il collegamento della fontana con il serbatoio ad essa adiacente dimensionando la pompa che effettuerebbe il "rabbocco" ogni qualvolta il livello dell'acqua nella fontana scenda oltre un certo limite. Un'ulteriore pompa sarà posizionata e dimensionata per il funzionamento della fontana prelevando l'acqua dalla vasca.

Il primo sistema oggetto di dimensionamento è composto da un'area di captazione dove si raccoglie l'acqua piovana per convogliarla all'interno del primo serbatoio. Questo primo tratto di tubazione non è stato oggetto considerato nei seguenti capitoli in quanto si prevede che esso sia già incluso nelle opere della rete di scarico previste dal P.F.T.E., mentre da un punto di vista dimensionale il diametro minimo deve essere quello ottenuto dai calcoli svolti per la relativa zona nel seguente capitolo in modo la portata di acqua di caso di pioggia intensa possa essere smaltita evitando allagamenti.

La tubazione collega la zona di raccolta con il primo serbatoio di stoccaggio dell'acqua piovana che potrà successivamente essere riutilizzata per innaffiare le aree verdi. Qualora la cisterna fosse troppo piena l'acqua piovana viene convogliata all'interno di un primo bacino di laminazione che in questo caso è caratterizzato da un rain garden opportunamente dimensionato. Il tubo di collegamento tra il serbatoio e il bacino avrà lo stesso diametro della parte precedente ottenuto valutando lo smaltimento della portata di acqua che si potrebbe dover gestire in caso di evento meteorico intenso, mentre la tubazione di collegamento con la fognatura sarà dimensionata in modo da non scaricare in fognatura una portata superiore a quella prevista dal regolamento che sarà preso come riferimento nel successivo capitolo.

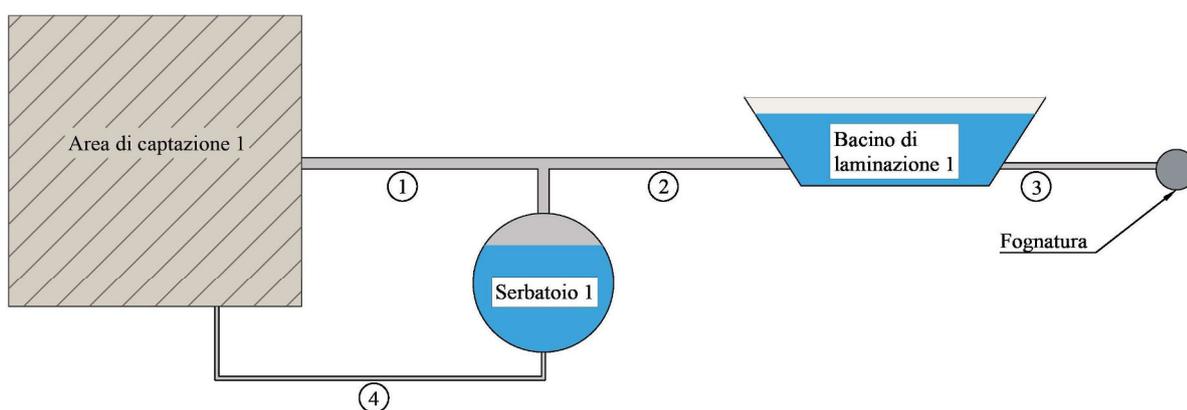


Figura 24: Schema sistema 1¹²

Il secondo sistema ipotizzato, posizionato nella zona 2, risulta analogo al primo, ma come si evince dalla figura 25 di seguito riportata, si prevede l'installazione di una fontana sulla

¹² La presente figura e le successive, ove non diversamente specificato, sono da ritenersi un'elaborazione a cura dell'autrice.

piazza inferiore della medesima zona che attinge acqua piovana. Per il suo funzionamento si prevedono due differenti pompe: la prima per l'erogazione del getto e la seconda per il prelievo di acqua dal serbatoio.

Nel presente caso si prevede la realizzazione di una piazza d'acqua in sostituzione del rain garden seguendo l'esempio realizzato nella città di Rotterdam con Benthemplein water square. Inoltre, in modo analogo al sistema precedente il principale prelievo di acqua dal serbatoio è legato all'irrigazione delle aree verdi, mentre l'alimentazione della fontana risulta essere un prelievo irrisorio se posto a confronto.

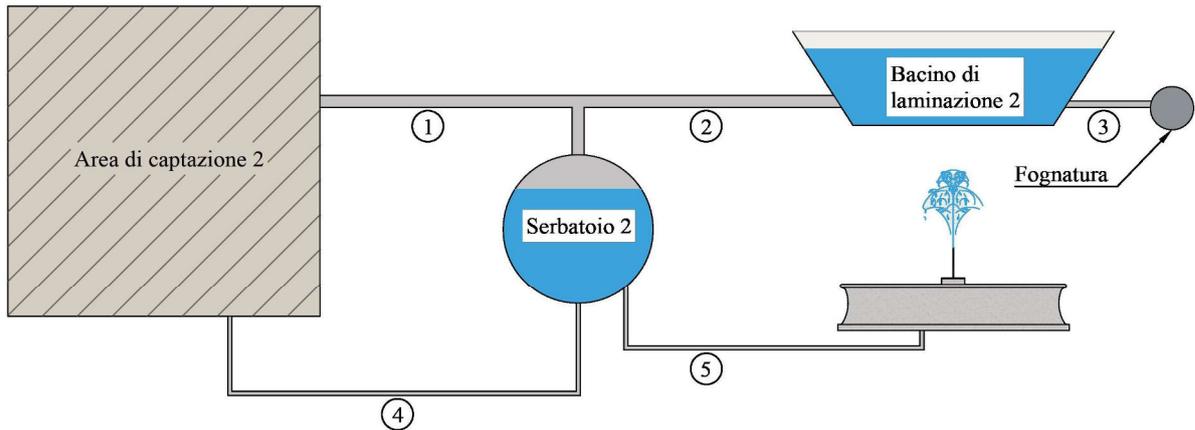


Figura 25: Schema sistema 2

Il terzo sistema, posto nella relativa zona di intervento, risulta differente dai precedenti in quanto per ragioni unicamente altimetriche non è possibile realizzare il bacino di laminazione perché la zona antistante la biblioteca non è oggetto di interventi e nella restante area non vi è la pendenza per poter far defluire l'acqua dal serbatoio al bacino di ritenzione e successivamente alla fognatura.

Posta la presente premessa, in questo caso il sistema è composto da un serbatoio che raccoglie l'acqua piovana della relativa area e attraverso un tubo opportunamente dimensionato sulla portata in caso di pioggia intensa permetterà lo scarico dell'acqua stessa nel tratto di fognatura esistente.

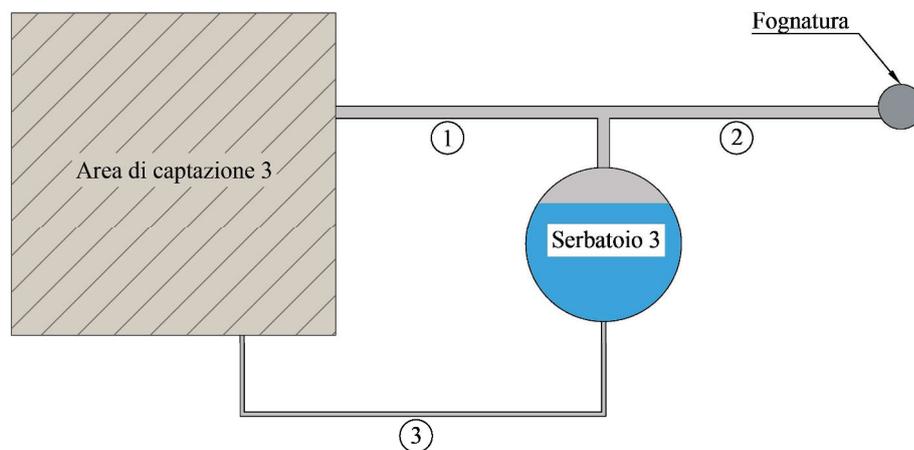


Figura 26: Schema sistema 3

Nei successivi paragrafi e capitoli si procederà con il dimensionamento di tutti gli elementi quali serbatoi, tubazioni e bacini che compongono ciascun sistema.

L'obiettivo principale rimane la gestione delle acque piovane, soprattutto in caso di eventi di breve durata, evitando il sovraccarico delle reti fognarie esistenti.

Infine, le soluzioni ipotizzate saranno soggette a un computo metrico estimativo redatto con l'obiettivo di conoscere i costi parametrici e poter utilizzare la presente analisi economica anche in casi differenti da quello in oggetto.

3.3 Dimensionamento pompe

Si procede al dimensionamento di due pompe di aspirazione per il funzionamento della fontana, la prima permetterà l'uscita del getto, mentre la seconda permetterà di riempire il bacino della fontana qualora il livello scendesse troppo. Sarà, dunque necessario effettuare un dimensionamento delle due pompe indicate tenendo in considerazione che l'altezza di aspirazione massima è pari a 7 m.

Al fine di effettuare una valutazione del sistema di distribuzione si deve procedere con un bilancio dal punto di vista energetico. Vale il teorema di Bernoulli che si basa sulle seguenti 5 ipotesi:

1. fluido ideale o perfetto;
2. fluido incomprimibile;
3. fluido nel campo di gravità;
4. fluido in condizioni di moto permanente;
5. si applica lungo una traiettoria.

Su tali supposizioni il carico totale si mantiene costante ($H = cost$) in ogni sezione considerata. Al fine di ampliare il campo di applicabilità del teorema si passa dal considerare una traiettoria ad una corrente, ovvero un insieme di traiettorie che hanno circa la stessa direzione.

Prendendo in considerazione la corrente come una serie di linee gradualmente variate (non sono perfettamente parallele tra loro), il carico totale in una sezione è dato dalla relazione:

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \alpha \frac{v^2}{2g} \quad (3.01)$$

Dove α corrisponde al coefficiente di Coriolis.

Trattandosi di un caso applicativo reale, non si considera il fluido ideale e, di conseguenza, è necessario definire la cadente dei carichi totali (J) come l'abbassamento della linea dei carichi totali per unità di percorso della corrente.

$$J = -\frac{\partial H}{\partial s} = -\frac{\partial}{\partial s} \left(z + \frac{p}{\gamma} + \alpha \frac{v^2}{2g} \right) = -\frac{\partial}{\partial s} \left(z + \frac{p}{\gamma} \right) - \frac{\partial}{\partial s} \left(\alpha \frac{v^2}{2g} \right) \quad (3.02)$$

Nella relazione (3.2) il primo termine corrisponde alla cadente piezometrica e integrando la relazione si ottiene quanto segue:

$$dH = -J ds \quad (3.03)$$

$$\int_0^s dH = - \int_0^s J ds$$

$$H(s) - H(0) = - \int_0^s J ds \quad (3.04)$$

Nelle precedenti relazioni il termine s corrisponde al percorso eseguito mentre $H(0)$ corrisponde al carico totale nella sezione di partenza.

Oltre alle perdite di carico distribuite lungo il percorso vi sono anche le perdite di carico concentrate che si verificano in alcuni punti dell'impianto causando un brusco abbassamento della linea dei carichi totali con relativa diminuzione dell'energia.

3.3.1 Potenza della pompa 1

Si procede con il dimensionamento della pompa atta a permettere il funzionamento della fontana prevista per la piazza inferiore.

In primo luogo, si procede con il dimensionamento della pompa che permette il funzionamento della fontana prelevando l'acqua dalla vasca della stessa.

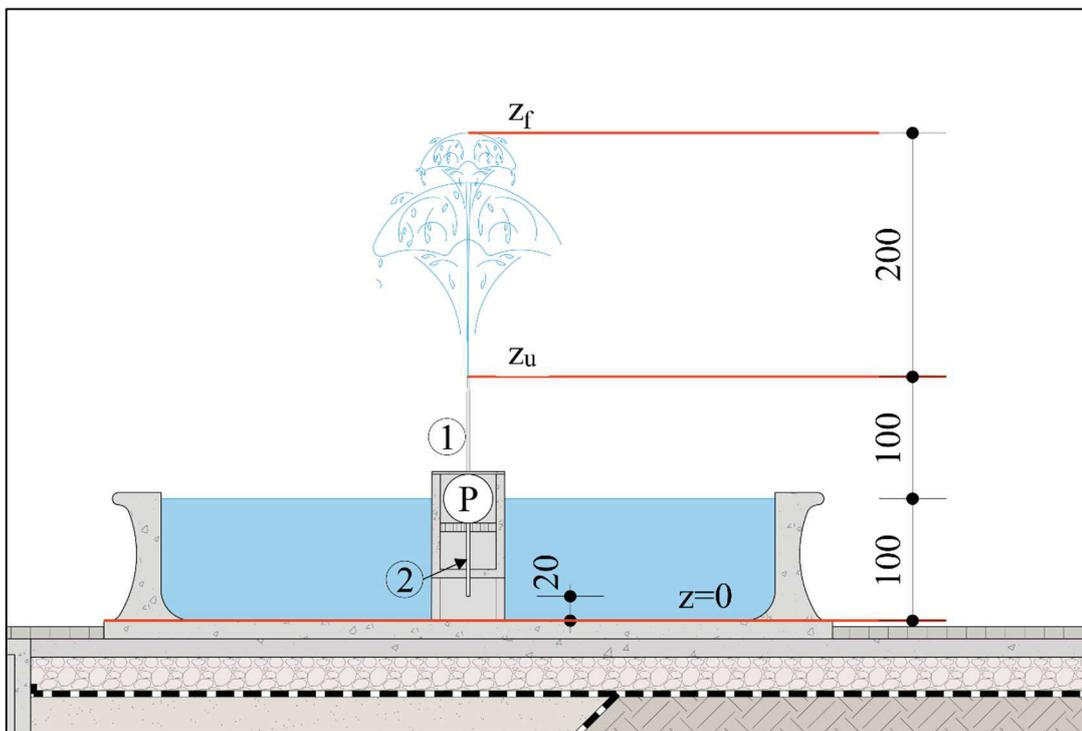
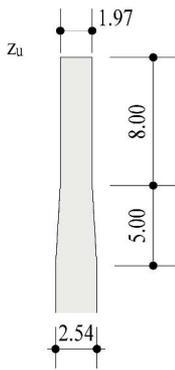


Figura 27: Schema pompa 1



La prima ipotesi che è stata sviluppata riguarda il restringimento della tubazione di uscita del getto passando da un diametro pari a 1 pollice ($D_v = 0,0254 \text{ m}$) a un diametro pari a 3/4 di pollice ($D_u = 0,0191 \text{ m}$).

Figura 28: Particolare " Brusco restringimento "

In tutti i successivi calcoli è stato considerato il peso specifico dell'acqua γ pari a 9806 N/m^3 . Sotto le ipotesi del teorema di Bernoulli precedentemente riportate si procede affermando che il carico totale nella sezione di uscita del getto (u) e nella sezione in corrispondenza del punto massimo della fontana (f), quindi $H_u = H_f$.

Il carico totale nella sezione u H_u si trasforma totalmente in energia potenziale per raggiungere la quota massima del getto, inoltre all'uscita del getto stesso si hanno traiettorie rettilinee parallele tra loro. Segue che:

$$z_u + \frac{p_u}{\gamma} + \alpha \frac{v_u^2}{2g} = z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \alpha \frac{v_f^2}{2g} \quad (3.05)$$

dove $p_u/\gamma = 0$ e $p_f/\gamma = 0$ perché l'acqua è pressione atmosferica, $\alpha = 1$ sotto l'ipotesi di moto turbolento e $v_f = 0$ perché nel punto più alto del getto (nella sezione f) si ha l'inversione di moto.

$$z_u + \frac{v_u^2}{2g} = z_f \quad (3.06)$$

ipotizzando l'altezza del getto pari a $z_f - z_u = 2 \text{ m}$ si ottiene

$$v_u = \sqrt{2g * (z_f - z_u)} = 6,26 \text{ m/s}$$

Considerando la portata della tubazione a valle della pompa 1 costante ($Q = \text{cost}$), la corrispondente portata è pari a:

$$Q = v_u * A_u = v_u * \frac{\pi D_u^2}{4} = 1,79 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 1,79 \text{ l/s} \quad (3.07)$$

Analizzando il tratto 1 del sistema in esame: se non ci fossero perdite di carico; quindi, se si trattasse del caso ideale, potremmo affermare che $H_v = H_u$, nel caso reale si hanno perdite di carico concentrate e distribuite che si calcolano come segue:

$$H_v - \sum \Delta H_{d1} - \sum \Delta H_{c1} = H_u \quad (3.08)$$

Nel tratto compreso tra la pompa e l'uscita del getto si hanno due differenti perdite di carico concentrate: la perdita di altezza cinetica nella sezione di uscita del getto e una perdita di carico per brusco restringimento. Nel primo caso si calcola con la formula che segue considerando il coefficiente k pari a 1.

$$\Delta H_{c1,a} = k \frac{v_u^2}{2g} = 2,00 \text{ m} \quad (3.09)$$

Per quantificare la successiva perdita di carico, si deve prima calcolare la velocità nella sezione v a partire dalla portata che è considerata costante.

$$Q = v_v * A_v = v_v * \frac{\pi * D_v^2}{4} \quad (3.10)$$

$$v_v = \frac{4Q}{\pi * D_v^2} = 3,53 \text{ m/s}$$

A partire dalla velocità nella sezione v , si procede con il calcolo della perdita di carico causata dal brusco restringimento:

$$\Delta H_{c1,b} = \frac{(v_v - v_u)^2}{2g} = 0,38 \text{ m} \quad (3.11)$$

In funzione della lunghezza del tratto di sistema compreso tra la pompa e l'uscita del getto dividendo le considerazioni tra il tratto con diametro $D_v = 0,0254 \text{ m}$ e $D_u = 0,0191 \text{ m}$. Analizzando il tratto in prossimità dell'uscita del getto, di lunghezza pari a $L_{1a} = 0,08 \text{ m}$ e scabrezza nulla, si procede con il calcolo del numero di Reynolds come segue:

$$Re_{1a} = \frac{v_u * D_u}{\nu} = 118.382,18[-] \quad (3.12)$$

con viscosità cinematica dell'acqua pari a $\nu = 1,01 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Ottenendo un valore superiore a 4000, secondo l'abaco di Moody, si tratta di moto turbolento di transizione per tale ragione si procede utilizzando la formula di Blasius.

$$\lambda_{1a} = 0,316 * Re_{1a}^{-0,25} = 0,0170[-] \quad (3.13)$$

Si giunge dunque alla definizione del valore corrispondente alle perdite di carico distribuite per il tratto in esame:

$$\Delta H_{d1a} = J_{1a} * L_{1a} = \lambda_{1a} \frac{v_u^2}{2gD_u} * L_{1a} = 0,14 \text{ m} \quad (3.14).$$

Ripetendo il ragionamento per il tratto corrispondente all'uscita della pompa, di lunghezza pari a $L_{1b} = 87 \text{ cm}$ e scabrezza nulla, si vuole determinare la perdita di carico distribuita in tale tratto.

$$Re_{1b} = \frac{v_v * D_v}{\nu} = 88.774,26[-] \quad (3.15)$$

con viscosità cinematica dell'acqua pari a $\nu = 1,01 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

$$\lambda_{1b} = 0,316 * Re_{1b}^{-0,25} = 0,0183[-] \quad (3.16)$$

$$\Delta H_{d1b} = J_{1b} * L_{1b} = \lambda_{1b} \frac{v_v^2}{2gD_v} * L_{1b} = 0,46 \text{ m} \quad (3.17).$$

Si desume che il carico a valle della pompa sia pari a quanto segue considerando che il valore di z_u sia pari a 1,25 m.

$$H_v = H_u + \sum \Delta H_{d1} + \sum \Delta H_{c1} = z_u + \frac{p_u}{\gamma} + \alpha \frac{v_u^2}{2g} + \sum \Delta H_{d1} + \sum \Delta H_{c1} \quad (3.18)$$

$$H_v = 6,98 \text{ m} \text{ con } H_u = z_f = 4 \text{ m}.$$

Proseguendo con l'analisi del tratto di aspirazione del sistema (identificato come tratto 2 nella figura 27), vengono utilizzate le ipotesi esposte per l'analisi del tratto precedente.

Ipotizzando la portata in ingresso nella pompa e in uscita dalla stessa costante e che le sezioni del tubo sia pari ad un pollice e mezzo pertanto $D_2 = 0,0381 \text{ m}$ e la velocità risulta pari a

$$v_2 = \frac{4Q}{\pi * D_2^2} = 1,57 \frac{m}{s} \quad (3.19).$$

La perdita di carico concentrata che si verifica nel tratto in esame è caratterizzata da una “perdita a buco di sifone” che viene calcolata considerando il coefficiente $k = 1,16$:

$$\Delta H_{c2} = k \frac{v_2^2}{2g} = 0,15 \text{ m} \quad (3.20).$$

Segue il calcolo dell’energia che viene “persa” lungo il tratto in analisi, di lunghezza pari a $L_2 = 0,80 \text{ m}$ e scabrezza nulla, andando a quantificare la perdita di carico distribuita utilizzando le formule e le ipotesi esposte per il tratto di mandata:

$$Re_2 = \frac{v_2 * D_2}{\nu} = 59.226,75[-] \quad (3.21)$$

con viscosità cinematica dell’acqua pari a $\nu = 1,01 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

$$\lambda_2 = 0,316 * Re_2^{-0,25} = 0,020[-] \quad (3.22)$$

$$\Delta H_{d2} = J_2 * L_2 = \lambda_2 \frac{v_2^2}{2gD_2} * L_2 = 0,053 \text{ m} \quad (3.23).$$

Il carico a monte della pompa risulta dunque essere pari al carico totale all’interno del serbatoio al quale si sottraggono le perdite di carico concentrate e distribuite che sono state quantificate:

$$H_m = H_{serb} - \sum \Delta H_{d2} - \sum \Delta H_{c2} = 0,80 \text{ m} \quad (3.24)$$

Considerando che H_{serb} sia costante in ogni punto e che la velocità all’interno del serbatoio sia nulla, quindi si ha che il carico totale sia pari all’altezza geodetica rispetto a $z = 0$.

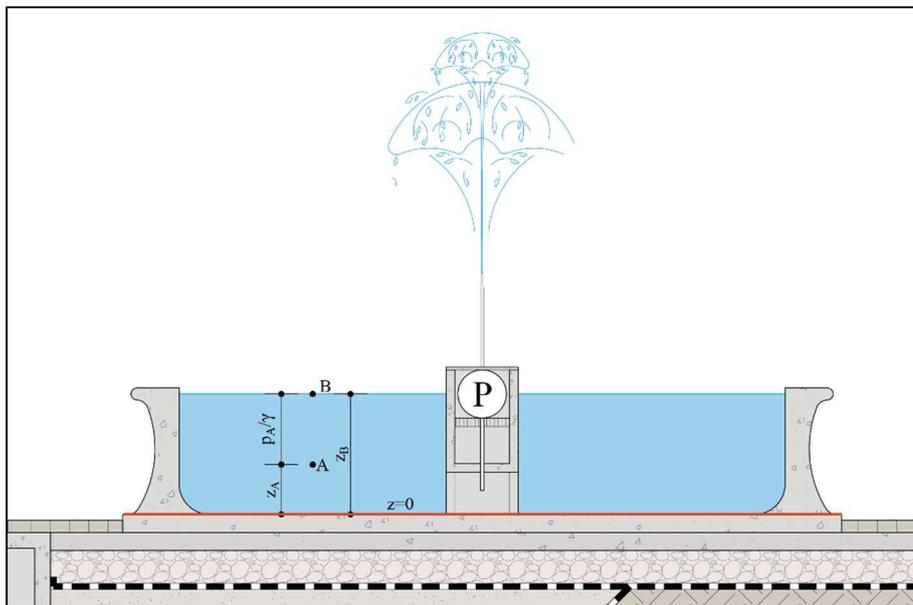


Figura 29: Carico totale nella vasca della fontana

Il valore negativo ottenuto è dovuto al sistema di riferimento che è stato adottato.

Considerando un rendimento della pompa pari a $\eta = 0,75$ e la prevalenza della pompa pari a $H_v - H_m = 6,18 \text{ m}$, la minima potenza della pompa è pari a:

$$W = \gamma * Q * \frac{(H_v - H_m)}{\eta} = 144,63 \text{ W} \quad (3.24).$$

Si ipotizza che la fontana non sia in funzione nelle ore notturne, quindi si prevede che “sia in funzione” tra le ore 7:00 e la mezzanotte, 17 ore al giorno.

3.3.2 Potenza della pompa 2

Si procede con il dimensionamento della seconda pompa che permette rabboccare la vasca della fontana ogni qualvolta il livello dell’acqua scenda “troppo” rispetto ad un range prestabilito. Per capire quando deve entrare in funzione tale pompa si prevede un pressostato che faccia scattare il meccanismo (e quindi entrare in funzione la pompa) quando il livello dell’acqua scende di 10 cm e quindi la pompa della fontana non è più in grado di pescare l’acqua.

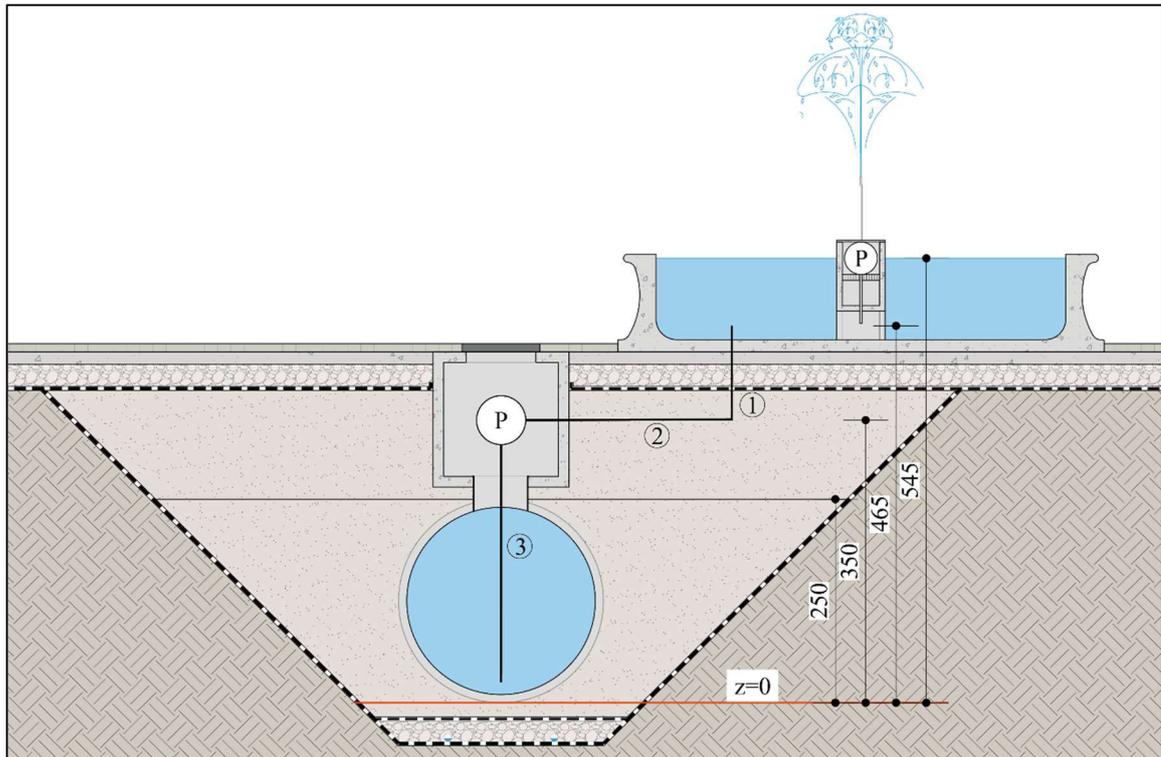


Figura 30: Schema pompa 2

Ipotizzando di mantenere costanti la portata all’interno dei tubi $Q = 1,79 \text{ l/s}$ e di avere un diametro pari a $D_u = 0,0254 \text{ m}$, la velocità dell’acqua in tale tratto sarà pari a $v_u = 3,53 \text{ m/s}$.

In tutti i successivi calcoli è stato considerato il peso specifico dell’acqua γ pari a 9806 N/m^3 . Sotto le ipotesi del teorema di Bernoulli precedentemente riportate si procede affermando che il carico totale nella sezione di uscita del getto (u) sia pari al carico totale a valle della pompa al quale vengono sottratte le perdite di carico concentrate e distribuite che si verificano in suddetto tratto.

$$H_u = H_v - \sum \Delta H_{d1} - \sum \Delta H_{c1} \quad (3.25)$$

Nel tratto compreso tra la pompa e l’uscita del getto si ha la perdita di carico concentrata caratterizzata da una perdita di altezza cinetica che viene quantificata come segue, considerando il coefficiente k pari a 1.

$$\Delta H_{c1,a} = k \frac{v_u^2}{2g} = 0,63 \text{ m} \quad (3.26)$$

Nel tratto in oggetto di ha una seconda perdita di carico concentrata dovuta ad una curva a 90° tra il tratto 1 e il tratto 2 che determina un coefficiente k pari a 0,6 e una perdita di carico totale pari a:

$$\Delta H_{c1,b} = k \frac{v_u^2}{2g} = 0,38 \text{ m} \quad (3.27).$$

In funzione della lunghezza del tratto 1, ovvero di parte del tratto compreso tra la pompa e l'uscita del getto, di lunghezza pari a $L_1 = 1,15 \text{ m}$ e scabrezza nulla, si procede con il calcolo del numero di Reynolds come segue:

$$Re_1 = \frac{v_u * D_u}{\nu} = \frac{3,53 * 0.0254}{1.01 * 10^{-6}} = 88.774,25[-] \quad (3.28)$$

con viscosità cinematica dell'acqua pari a $\nu = 1.01 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Ottenendo un valore superiore a 4000, secondo l'abaco di Moody, si tratta di moto turbolento di transizione per tale ragione si procede utilizzando la formula di Blasius.

$$\lambda_1 = 0.316 Re^{-0.25} = 0,0183 [-] \quad (3.29)$$

Si giunge dunque alla definizione del valore corrispondente alle perdite di carico distribuite per il tratto in esame

$$\Delta H_{d1} = J_1 * L_1 = \lambda_1 \frac{v_u^2}{2gD_u} * L_1 = 0,53 \text{ m} \quad (3.30).$$

Si ripete lo stesso procedimento per il calcolo della perdita di carico distribuito per quanto riguarda il tratto 2 mantenendo inalterate le ipotesi precedentemente esposte: $Re_2 = Re_1$, $\lambda_2 = \lambda_1$ e $L_2 = 2,80 \text{ m}$, dunque la perdita è pari a:

$$\Delta H_{d2} = J_2 * L_2 = \lambda_2 \frac{v_u^2}{2gD_u} * L_2 = 0,05 \text{ m} \quad (3.31).$$

Si desume che il carico a valle della pompa sia pari a:

$$H_v = H_u + \Delta H_{d1} + \Delta H_{c1} = z_u + \frac{p_u}{\gamma} + \alpha \frac{v_u^2}{2g} + \Delta H_{d1} + \Delta H_{c1} \quad (3.32)$$

considerando l'uguaglianza tra il carico totale della sezione di uscita del getto si assume pari al carico totale nella vasca della fontana, quest'ultima viene assunta al pari di un serbatoio a cielo aperto, pertanto $H_u = H_f$ dove H_f a sua volta è pari all'altezza geodetica $z_f = 4,65 \text{ m}$ in quel punto che avrà pressione nulla perché a contatto con aria e velocità nulla per l'ipotesi sopra citata.

$$H_v = z_f + \Delta H_{d1} + \Delta H_{c1} = 6,24 \text{ m} \quad (3.33).$$

Prima di proseguire con l'analisi del tratto di aspirazione del sistema, per il quale verranno mantenute le ipotesi esposte per l'analisi del tratto precedente, si procede con la

quantificazione del carico totale all'interno del serbatoio dove la velocità dell'acqua sarà nulla.

$$H_{serb} = z_{serb} + \frac{p_{serb}}{\gamma} + \alpha \frac{v_{serb}^2}{2g} = 2,50 \text{ m} \quad (3.34)$$

Per il tratto oggetto di analisi è stato ipotizzato un diametro della tubazione pari a 1 pollice, dunque $D = 0,0254 \text{ m}$; mantenendo costante la portata (che risulta pari in ogni tubazione dell'impianto) si ottiene una velocità pari a $3,53 \text{ m/s}$. Inoltre, si vuole precisare che nella tubazione in oggetto il diametro è stato ingrandito per ridurre la potenza richiesta dalla pompa e, di conseguenza, l'energia elettrica che essa richiede.

La perdita di carico concentrata che si verifica nel tratto in esame è caratterizzata da una "perdita a buco di sifone" che viene calcolata considerando il coefficiente $k = 1,16$:

$$\Delta H_{c3} = k \frac{v_u^2}{2g} = 0,74 \text{ m} \quad (3.35).$$

Segue il calcolo dell'energia che viene "persa" lungo il tratto in analisi, di lunghezza pari a $L_3 = 3,25 \text{ m}$ e scabrezza nulla, andando a quantificare la perdita di carico distribuita utilizzando le formule e le ipotesi esposte per il tratto di mandata:

$$Re_3 = \frac{v_u * D_u}{\nu} = \frac{3,53 * 0,0254}{1,01 * 10^{-6}} = 88.774,5 \text{ [-]} \quad (3.36)$$

con viscosità cinematica dell'acqua pari a $\nu = 1,01 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

$$\lambda_3 = 0,316 Re^{-0,25} = 0,0183 \text{ [-]} \quad (3.37)$$

$$\Delta H_{d3} = J_3 * L_3 = \lambda_3 \frac{v_u^2}{2gD_u} * L_3 = 1,49 \text{ m} \quad (3.38)$$

Il carico a monte della pompa risulta dunque essere pari al carico totale all'interno del serbatoio al quale si sottraggono le perdite di carico concentrate e distribuite che sono state quantificate:

$$H_m = H_{serb} - \Delta H_{d2} - \Delta H_{c2} = 0,27 \text{ m} \quad (3.39)$$

Il valore negativo ottenuto è dovuto al sistema di riferimento che è stato adottato.

Considerando un rendimento della pompa pari a $\eta = 0,75$ e la prevalenza della pompa pari a $H_v - H_m = 5,97 \text{ m}$, la minima potenza della pompa è pari a:

$$W = \gamma * Q * \frac{(H_v - H_m)}{\eta} = 139,72 \text{ W} \quad (3.40).$$

3.4 Consumo di acqua della fontana

Al fine di calcolare l'acqua della fontana che viene dispersa si considera la quantità che evapora quotidianamente dalla superficie del "serbatoio" della fontana stessa e dal getto che viene considerato pari ad un cilindro.

Si tratta di sistemi che indicano il passaggio dell'acqua sottoforma di vapore dal sistema suolo o dalla vegetazione all'atmosfera. È possibile distinguere due differenti fenomeni: l'evaporazione che riguarda le superfici d'acqua libera e l'evapotraspirazione che considera il suolo coperto da vegetazione.

Nel presente elaborato per il calcolo dell'evaporazione verrà utilizzato metodo di Tombesi Lauciani, ovvero una formula che si basa sulle ricerche condotte da due italiani che hanno dimostrato come la loro relazione empirica avesse sufficiente aderenza alla realtà italiana. Secondo tale relazione, l'evapotraspirazione (o evaporazione, nel caso in esame) è molto prossima all'evaporazione di un evaporimetro di classe A.



Figura 31: Evaporimetro di classe A (FONTE: GEOVES, *Monitoring Systems for environmental and renewable energy*)

Gli evaporimetri sono strumenti utilizzati per la misurazione dell'evaporazione, si tratta di vasche di dimensioni standard con acqua al loro interno il cui livello viene misurato quotidianamente.

Lo strumento più diffuso è la "vasca evaporimetrica di classe A", sono caratterizzati da forma cilindrica di diametro pari a 122 cm e altezza idrica pari a 25,4 cm, inoltre viene posizionato a 10 cm da terra.

La relazione utilizzata dal metodo Tombesi Lauciani è quella di seguito riportata:

$$EV = \alpha * t^{0,91} * 10^{-0,8*UR} * F \quad (3.41)$$

dove i termini corrispondono a:

EV [mm/giorno] corrisponde all'evaporazione;

α è una costante ambientale adimensionale caratteristico per ciascuna località;

t [°C] è la temperatura media giornaliera;

UR [%] corrisponde all'umidità relativa media giornaliera;

F è il fattore astronomico di Thronthwaite, parametro che dipende dal numero medio di ore di insolazione giornaliera e dal numero di giorni nel mese i -esimo.

Latitudine	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
0°	1,04	0,95	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
10°	1,00	0,91	1,03	1,03	1,08	1,06	1,08	1,07	1,02	1,02	0,98	0,99
20°	0,95	0,90	1,03	1,05	1,13	1,11	1,14	1,11	1,02	1,00	0,93	0,94
30°	0,90	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,20	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
35°	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85
40°	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
45°	0,80	0,81	1,02	1,13	1,28	1,29	1,31	1,21	1,04	0,94	0,79	0,75
50°	0,74	0,78	1,02	1,15	1,33	1,36	1,37	1,25	1,06	0,92	0,76	0,70

Tabella 9: Fattore astronomico di Thornthwaite
(FONTE: Gray [1973]. Reproduced by permission of the National Research Council of Canada)

Prendendo come riferimento i valori del fattore F corrispondenti ad una latitudine pari a 45° si procede con il calcolo dell'evaporazione media giornaliera in funzione del mese di riferimento.

Mese	Temperatura media [°C]	F [-]	Umidità relativa ¹³ [%]	α^{14} [-]	EV [mm/giorno]
Gennaio	2,0	0,80	0,77	0,68	0,25
Febbraio	4,0	0,81	0,66	0,95	0,81
Marzo	8,0	1,02	0,58	1,23	2,86
Aprile	12,0	1,13	0,63	1,33	4,52
Maggio	16,0	1,28	0,64	1,14	5,60
Giugno	20,0	1,28	0,62	1,11	6,93
Luglio	22,0	1,31	0,59	1,00	7,36
Agosto	21,0	1,21	0,64	0,98	5,82
Settembre	18,0	1,04	0,69	1,00	4,05
Ottobre	12,0	0,94	0,79	1,00	2,10
Novembre	7,0	0,79	0,80	0,84	0,89
Dicembre	3,0	0,75	0,77	0,75	0,37

Tabella 10: Evaporazione media giornaliera

Di seguito si riporta il calcolo delle superfici che risultano essere soggette all'evaporazione (tabella 11 e 12), per poi procedere con il calcolo dell'evaporazione totale, data dalla somma dei due parziali, e ottenere il consumo dell'acqua della fontana in funzione dei mesi (nelle relazioni si tiene conto dell'equivalenza $1\text{mm} = 1\text{l}/\text{m}^2$).

Superficie fontana	
Diametro fontana [m]	5,00
Superficie fontana [m ²]	19,63

Tabella 11: Superficie di evaporazione dell'acqua dalla fontana

¹³ Dati riferiti alla stazione meteorologica di Torino-Caselle, periodo di riferimento 1981-2000.

¹⁴ Valori utilizzati estratti da "Rainwater harvesting for home-garden irrigation: a case study in Italy" redatto da Prof.ssa Iliara Butera, Ing. Matteo Carollo, Prof. Roberto Revelli, Ing. Gianmarco Vitagliani; DIATI Politecnico di Torino.

Superficie getto	
Diametro foro getto [m]	0,0191
Altezza getto [m]	4,00
Superficie getto [m ²]	0,24

Tabella 12: Superficie di evaporazione dell'acqua dal getto della fontana

Mese	Evaporazione in funzione del mese [l/gg]		
	Superficie fontana	Superficie getto	Superficie fontana e getto
Gennaio	4,86	0,06	4,92
Febbraio	15,82	0,19	16,01
Marzo	56,15	0,68	56,83
Aprile	88,72	1,08	89,80
Maggio	109,87	1,34	111,21
Giugno	135,99	1,66	137,65
Luglio	144,51	1,76	146,27
Agosto	114,36	1,39	115,75
Settembre	79,50	0,97	80,47
Ottobre	41,32	0,50	41,83
Novembre	17,54	0,21	17,75
Dicembre	7,27	0,09	7,36

Tabella 13: Evaporazione giornaliera in funzione del mese

4. Dimensionamento del sistema di gestione dell'acqua piovana

L'acqua è all'origine di ogni forma di vita sul pianeta Terra ed è in assoluto la risorsa naturale più importante per il mantenimento e lo sviluppo di ogni specie.

Con la crescente urbanizzazione, si prevede che nei prossimi anni la richiesta di acqua nelle città possa incrementare, risulta quindi necessario adottare politiche di sostenibilità idrica prevedendo una gestione intelligente. In tale ottica, si possono porre due obiettivi:

- la riduzione del consumo di acqua potabile prevedendo l'utilizzo di acqua non potabile per tutti i consumi che lo permettono, alcuni esempi potrebbero essere i consumi per l'irrigazione e gli scarichi dei wc;
- la riduzione di problemi legati alla gestione urbana delle piogge, si può intervenire riducendo l'impermeabilizzazione delle superfici di captazione oppure andando ad aumentare la capacità dei bacini di laminazione; questi interventi sono atti alla riduzione di acque grigie nella rete fognaria e di allagamenti.

Già nel Novecento la raccolta delle acque piovane era ampiamente diffusa nel Sud Italia dove le risorse idriche scarseggiavano e scarseggiano tuttora, soprattutto nei mesi estivi; si provvedeva quindi alla raccolta dell'acqua piovana che veniva stoccata in cisterne per poi essere riutilizzata per l'irrigazione.

Con l'arrivo degli acquedotti, tale metodo di raccolta delle acque è stato lentamente abbandonato, ma sta progressivamente tornando in auge con l'obiettivo di trovare fonti alternative di acqua per usi non domestici.

Oltre ai sistemi di raccolta delle acque per utilizzi outdoor come l'irrigazione oppure indoor come alimentazione delle cassette di risciacquo dei WC, alimentazione di lavatrici e usi tecnologici relativi, vi sono anche dei sistemi a scala urbana per ridurre lo spreco delle acque meteoriche come l'aumento di superfici permeabili che portano un aumento dell'infiltrazione.

In generale si tratta di soluzioni per la gestione sostenibile delle piogge in ambito urbano volte alla riduzione del prelievo di risorse idriche e delle alterazioni dei naturali cicli idrologici, elementi necessari per cambiamenti profondi.

Non si deve dimenticare che l'acqua è un elemento di connessione essenziale per il conseguimento degli Obiettivi di Sviluppo nell'ambito dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite per lo Sviluppo Sostenibile. L'agenda si fonda su 17 obiettivi denominati Sustainable Development Goals (SDGs) che si incardinano sull'equilibrio di tre dimensioni di sviluppo sostenibile, ovvero economico, sociale e ambientale.

Sono svariati gli obiettivi che sono stati posti, tra essi vi è anche il tema dell'acqua: la sua disponibilità e la sua gestione (in modo sostenibile); dedicati a ciò vi sono due Goals:

- Goal 6 - Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico sanitarie;
- Goal 14 - Conservare e utilizzare in modo sostenibile gli oceani, i mari e le risorse marine per uno sviluppo sostenibile.

4.1 Inquadramento normativo

Dal punto di vista prescrittivo, in Italia vige una normativa nazionale che riguarda l'accumulo di acque piovane in invasi e cisterne, opportunamente dimensionate, al servizio di fondi agricoli o di singoli edifici ad uso civile od industriale.

Il Decreto Legislativo del 3 Aprile 2006, n.152 aggiornato al terzo correttivo d.Lg.vo 128/10 rappresenta l'unico riferimento normativo a livello nazionale che riporta alcune indicazioni in merito alle acque meteoriche. Tra gli articoli in esso contenuti, è possibile trovare informazioni in merito a:

- acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile;
- riutilizzo dell'acqua;
- scarichi di acque termali;
- acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia.

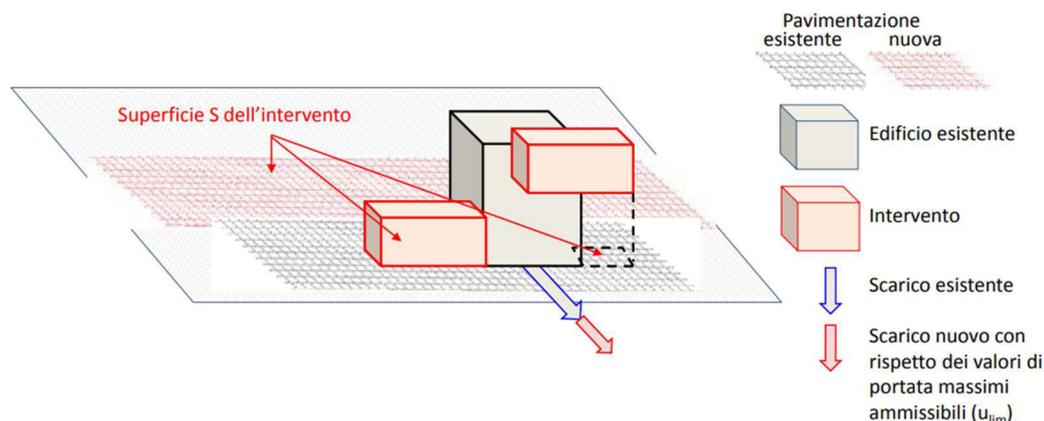
Con la legge 244/2007, articolo 1, comma 288, è stato disposto che a partire dal 2009 per le nuove costruzioni, il permesso di costruire venisse rilasciato previa certificazione energetica dell'edificio e previa caratteristiche strutturali dell'immobile finalizzate al risparmio idrico e al riutilizzo delle acque meteoriche. Sebbene vi siano tali disposizioni, a livello nazionale non sono state emesse leggi più precise, nonostante ciò, alcune regioni si sono mosse in tale direzione e hanno emesso alcune disposizioni a livello regionale. Queste regioni che potrebbero essere definite più virtuose sono:

- Emilia-Romagna con la Direttiva idraulica PAI-PGRA DGR 2112/2016;
- Friuli con la Deliberazione della Giunta Regionale n.800/2018;
- Lombardia con la Legge Regionale n.7 del 23/11/2017 e n.8 del 19/4/2019;
- Marche con la Legge Regionale 22/2011;
- Veneto con la Deliberazione della Giunta Regionale 2948 del 6/10/2009, allegato A.

Come già indicato nei paragrafi precedenti, per il caso studio oggetto di analisi si prevede di installare dei serbatoi per la raccolta dell'acqua piovana e di realizzare vasche di laminazione con l'obiettivo limitare gli scarichi in fognatura andando a favorire anche un risparmio di acqua.

Nei seguenti paragrafi, si farà riferimento al Regolamento della Regione Lombardia sopra citato per il dimensionamento dei bacini di laminazione, nonché i limiti che riguardano la portata di acqua che può essere scaricata in fognatura.

Si riporta lo schema relativo alla casistica che è stata presa come riferimento per la verifica del campo di applicazione del riferimento normativo, le disposizioni riguarderanno l'intera superficie oggetto di intervento andando a fare delle valutazioni sulla base della massima portata scaricabile.



1. Sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie interessata dall'intervento (S) (ampliamento dell'edificio, calcolata sulla sua proiezione sul suolo, e della pavimentazione)
2. Alla portata di scarico esistente si aggiunge la portata relativa alla superficie ampliata (superficie S interessata dall'intervento), portata vincolata al limite massimo ammissibile da regolamento

Figura 32: Ristrutturazione parziale con modifica della superficie
(FONTE: Legge Regionale Regione Lombardia n.7 del 23/11/2017)

4.2 Portata di acqua che confluisce in fognatura

Per il caso studio in oggetto, ovvero l'area Tabasso, ci si pone l'obiettivo di raccogliere l'acqua piovana e convogliarla in serbatoi opportunamente dimensionati per la riduzione dell'acqua che viene scaricata in fognatura, ma anche in un'ottica di sostenibilità seguendo gli obiettivi sopra citati.

Per perseguire tali scopi è necessario conoscere la portata di scarico del lotto, ovvero quella che sarebbe la portata delle acque grigie che in assenza di invasi di raccolta andrebbe persa.

Effettuando un processo per gradi, si procede con il calcolo della portata di affluente, ovvero la quantità che è unicamente legata al fenomeno piovoso. Tale portata viene calcolata tenendo in considerazione i è l'intensità media delle precipitazioni con la formula che segue.

$$i = \frac{\text{altezza della precipitazione [mm]}}{\text{durata della precipitazione [s]}} \quad (4.1)$$

Non avendo riferimenti specifici forniti dalla letteratura da poter prendere in considerazione, per ipotizzare la durata e l'altezza della precipitazione sono stati presi i dati forniti dalla distribuzione GEV presente sul sito di Arpa Piemonte. In particolari i dati forniti si riferiscono a differenti tempi di ritorno; sono stati presi in considerazione tutti quelli inferiori a $T_R = 50$ anni, ovvero "il tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani" secondo quanto riportato nell'Articolo 11, comma 2,a del Regolamento della regione Lombardia.

Le durate delle precipitazioni prese in considerazione per i successivi calcoli sono pari a 10, 20 e 30 minuti e corrispondono ai tempi che mettono in crisi il sistema fognario, ottenuti considerando la somma dei tempi di ingresso e di corrivazione.

La *durata critica della precipitazione*, indicata con d_c , può essere espressa secondo la relazione proposta da Becciu e Paoletti che segue:

$$d_c = T_e + \frac{T_r}{1.5} \quad (4.2)$$

dove T_e è il tempo di ingresso in rete e T_r è tempo di corrivazione della rete. Quest'ultimo può essere definito come il tempo che ogni goccia di acqua impiega per raggiungere la sezione di chiusura del bacino (corrispondente al punto B indicato in figura 33) partendo dal punto idraulicamente più lontano (corrispondente al punto A indicato in figura 33).



Figura 33: Inquadramento lotto per calcolo della durata critica (FONTE: google earth)

Nella formula per la durata critica il tempo di corrivazione viene diviso per un fattore 1.5 che tiene conto del fatto che i reali tempi di concentrazione delle portate di piena son ben minori del tempo di corrivazione $T_e + T_r$.

Il *tempo di ruscellamento o di ingresso in rete* si può assumere pari a 5-15 minuti, esso può variare in funzione del grado di urbanizzazione e della pendenza delle superfici. Per quanto riguarda il tempo di corrivazione T_r ovvero il tempo necessario per percorrere una lunghezza L considerata come la distanza tra il punto idraulicamente più lontano e la sezione di chiusura. Tale percorso avviene in condizioni di moto uniforme con portata Q_r e velocità a massimo riempimento v_r ; di conseguenza il tempo viene calcolato come $T_r = L/v_r$ (4.3).

Per il caso in esame si ipotizza una lunghezza del lotto (considerando la diagonale dello stesso tra i punti A e B) pari a $L = 200m$ e che la velocità di percorrenza v_r sia pari a 0,5 m/s, si desume quindi quanto segue: $T_r = L/v_r = 200/0,5 = 400s$ che corrisponde a circa 6,5-7 minuti.

La durata critica risulta quindi compreso tra $d_{c1} = 5 + 7/1,5 = 9,7 \text{ min}$ quindi circa 10 minuti e $d_{c2} = 15 + 7/1,5 = 19,7 \text{ min}$ che si approssima a 20 minuti.

Si precisa inoltre, che eventi di breve durata sono generalmente caratterizzati da una forte intensità, si fa riferimento soprattutto ad acquazzoni e bombe d'acqua.

Si procede con il calcolo della portata di pioggia che non si infiltra nel terreno o nella pavimentazione/copertura su cui cade, si tratta dunque della portata di acqua che potrebbe causare fenomeni quali allagamenti, essa viene quantificata come segue:

$$Q = \sum_{k=1}^M A_k * \varphi_k * i \quad (4.4)$$

I fattori presenti nella sommatoria sono:

- i è l'intensità media della precipitazione precedentemente calcolata;
- A_k è la k-esima superficie su cui cade la pioggia;
- φ_k è il coefficiente di deflusso della k-esima superficie;
- $A_k * \varphi_k = A_{imp}$ è l'area impermeabile;
- $Q = A * i$ è la portata affluente.

Tale portata calcolata secondo la relazione (4.4) corrisponde alla portata in volume che nell'unità di tempo potrebbe confluire nel sistema fognario, anche al verificarsi di fenomeni intensi.

Per il calcolo delle aree impermeabili sono state prese in considerazione tutte le superfici esposte alla pioggia fatta eccezione per le aree escluse dal P.F.T.E., non verranno analizzate la copertura della biblioteca e l'area sulla quale sono situati i 3 petali non oggetto di intervento. È necessario specificare che le superfici considerate sono state desunte da elaborati grafici privi di quote oppure, dove era possibile, sono state ricavate a partire dalle superfici indicate su disegni e relazioni presenti sul sito del Comune di Chieri; per tali ragioni i valori riportati non hanno elevata accuratezza e sono dunque da considerarsi valori incerti.

Non è stata considerata la superficie della copertura della biblioteca, in quanto in progetto non vi è nessuna modifica della superficie insediata e non vi sono interventi fatta eccezione per la riqualificazione energetica, per la quale si prevede l'installazione di pannelli per la produzione di energia elettrica.

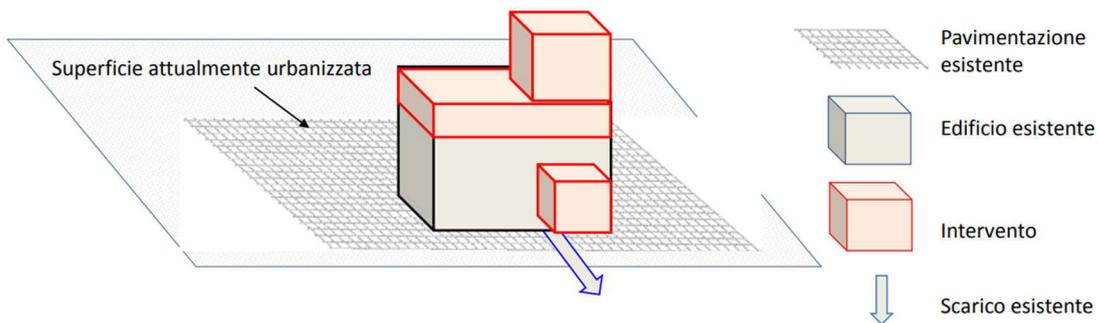
La realizzazione del parcheggio interrato ha portato a prendere in considerazione nei successivi calcoli anche l'area retrostante la biblioteca perché, da quanto si evince dalla figura 34, la zona sarà interessata da attività di scavo per la realizzazione della rampa di accesso.



Figura 34: Immagine lotto con rampa di accesso al parcheggio interrato

Per ciascuna superficie considerata è stato attribuito il relativo coefficiente di deflusso facendo riferimento ai valori proposti dall'Articolo 11, comma 2, lettera d) del Regolamento della regione Lombardia di seguito riportati:

- pari a 1 per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture, tetti verdi e giardini pensili sovrapposti a solette comunque costituite e pavimentazioni continue quali strade, vialetti, parcheggi;
- pari a 0,7 per le pavimentazioni drenanti o semipermeabili quali strade, vialetti, parcheggi;
- pari a 0,3 per le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo.



1. Non sono richieste, ma sono auspicabili, misure di invarianza idraulica o idrologica
2. La portata di scarico resta quella esistente

Figura 35: Ristrutturazione parziale senza modifica della superficie insediata (FONTE: Legge Regionale Regione Lombardia n.7 del 23/11/2017)



Figura 36: Planimetria del lotto in progetto (FONTE: www.comune.chieri.to.it)

Di seguito si riportano i valori ottenuti applicando la reazione (6.4):

Spazi:	Superficie [m ²]	Coefficiente di deflusso [-]	Area impermeabile [m ²]
Spazi museali	545,00	1,0	545,00
Giardino pensile	113,30	0,3	33,99
Terrazzi	222,00	1,0	222,00
Ostello e spazi comuni	493,00	1,0	493,00
Servizi sociali	150	1,0	150,00
Corte interna	186,40	1,0	186,40
Piazza intermedia - Aree verdi	16,88	0,3	5,06
	7,40	0,3	2,22
	5,62	0,3	1,69
	31,00	0,3	9,30
	31,64	0,3	9,49
Piazza intermedia - Copertura in grigliato	33,25	0,0	0,00
Piazza intermedia - Pavimentazione piazzale (in ciottoli)	636,01	0,7	445,21
Piazza inferiore	570,50	0,7	399,35
Percorsi (rampe e vicoli)	476,80	0,7	333,76
Piazza superiore - aree verdi	2493,44	0,3	748,03
Piazza superiore - Pavimentazione	989,123	0,7	692,39
Aree verdi attorno biblioteca	532,57	0,3	720,63
	335,03		
	1534,50		
Aree pavimentate attorno biblioteca	133,43	0,7	1216,64
	1604,63		

Tabella 14: Attribuzione coefficienti di deflusso situazione in progetto

Quindi, effettuando la sommatoria dei dati riportati nella tabella 14 e moltiplicando per il valore indicante l'intensità di precipitazione, si può calcolare la portata di acqua che non si infila.

Con deflusso superficiale, si intende quel volume d'acqua che scorre sulla superficie del suolo prima di raggiungere il recettore finale attraverso il sistema di drenaggio urbano, ovvero quella portata di acqua piovana che va gestita e smaltita in modo opportuno al fine di evitare allagamenti ed esondazioni.

Diventa così possibile calcolare il coefficiente udometrico, inteso come la portata massima che defluisce dall'unità di superficie di un comprensorio generalmente espressa in $l/(s * ha_{imp})$. Tale grandezza derivata è funzione del coefficiente di deflusso dell'area colante, per cui è possibile distinguere un coefficiente udometrico ante e post trasformazione d'uso del suolo.

$$q = \frac{\sum_{k=1}^M A_k * \varphi_k}{A_{imp,TOT}} * i \left[\frac{l}{s * ha_{imp}} \right] \quad (4.5)$$

Dove $A_{imp,TOT}$ è la superficie dell'impermeabile dell'intero lotto¹⁵.

Per ottenere dati confrontabili con quanto riportato nel Regolamento della regione Lombardia, si considera l'area impermeabile dell'intero lotto a denominatore e questo ha portato ad avere il coefficiente udometrico pari all'intensità della precipitazione.

Durata [min]		Tempo di ritorno [anni]				
		2	5	10	20	50
10	Altezza precipitazione [mm]	17,7	24,1	28,5	32,7	38,4
	Intensità precipitazione [mm/s]	0,030	0,040	0,048	0,055	0,064
	Portata che non si infiltra [l/s]	183,32	249,60	295,17	338,67	397,71
	Coefficiente udometrico [l/(s*ha _{imp})]	295,00	401,67	475,00	545,00	640,00
20	Altezza precipitazione [mm]	21	28,6	33,7	38,8	45,4
	Intensità precipitazione [mm/s]	0,035	0,048	0,056	0,065	0,076
	Portata che non si infiltra [l/s]	217,50	296,21	349,03	401,85	470,20
	Coefficiente udometrico [l/(s*ha _{imp})]	350,00	476,67	561,67	646,67	756,67
30	Altezza precipitazione [mm]	23,1	31,4	37,1	42,6	49,9
	Intensità precipitazione [mm/s]	0,039	0,052	0,062	0,071	0,083
	Portata che non si infiltra [l/s]	239,25	325,21	384,24	441,21	516,81
	Coefficiente udometrico [l/(s*ha _{imp})]	385,00	523,33	618,33	710,00	831,67

Tabella 15: Calcolo di portate e intensità situazione in progetto

Facendo riferimento all'Articolo 7, comma 3 del Regolamento della regione Lombardia e considerando che l'area ricada nella categoria a media criticità idraulica "aree B": si tratta di un'ipotesi basata sul fatto che la città di Chieri non è segnata tra le "aree a rischio idraulico particolarmente elevato".¹⁶

L'articolo 8 del suddetto Regolamento ci fornisce indicazioni in merito ai valori limite di acqua che può essere scaricata nei ricettori presenti:

"Gli scarichi nel ricettore sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e comunque entro i seguenti valori massimi ammissibili (u_{lim}):

*per le aree B di cui al comma 3 dell'articolo 7: **20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento**".*

¹⁵ Utilizziamo l'area impermeabile per ottenere dati confrontabili con i valori massimi da normativa

¹⁶ Dato estratto da "Tavola delle principali criticità idrogeologiche delle opere di difesa idraulica censite e delle RIPE (aree a rischio idraulico particolarmente elevato" redatta dalla Città Metropolitana di Torino.

Quindi considerando che la superficie scolante (ovvero l'area impermeabile ottenuta dalla sommatoria delle aree scolanti presenti nella tabella 15) risulta essere pari a: $6.214,16 \text{ m}^2 = 0,621 \text{ ha}$, la portata di acqua che può essere scaricata in fognatura risulta quindi essere pari a: $Q_{u,lim} = S_{imp} * u_{lim} = 0,621 * 20 = 12,42 \text{ l/s}$.

Dai calcoli effettuati si può evidenziare che per ogni durata e per ciascun tempo di ritorno, i valori ottenuti della portata che non si infila e del coefficiente udometrico sono molto superiori rispetto ai valori limite forniti dal Regolamento della Regione Lombardia, vi è una differenza di almeno un ordine di grandezza.

La successiva verifica che si propone riguarda lo stato di fatto, ovvero si valuta la situazione attuale del lotto per poter constatare eventuali peggioramenti in seguito agli interventi in progetto. Per tale ragione si procede nuovamente con i calcoli effettuati nei passaggi precedenti:

Spazi:	Superficie [m ²]	Coefficiente di deflusso [-]	Area impermeabile [m ²]
Spazi museali	545,00	1,0	545,00
Giardino pensile	113,30	1,0	113,30
Terrazzi	222,00	1,0	222,00
Ostello e spazi comuni	493,00	1,0	493,00
Servizi sociali	150,00	1,0	150,00
Corte interna	186,40	1,0	186,40
Piazza intermedia - Aree verdi	16,88	1,0	16,88
	7,40	1,0	7,40
	5,62	1,0	5,62
	31,00	1,0	31,00
	31,64	1,0	31,64
Piazza intermedia - Copertura in grigliato	33,25	1,0	33,25
Piazza intermedia - Pavimentazione piazzale (in ciottoli)	636,01	1,0	636,01
Piazza inferiore	570,50	1,0	570,50
Percorsi (rampe e vicoli)	476,80	1,0	476,80
Piazza superiore - aree verdi	2493,44	1,0	2493,44
Piazza superiore - Pavimentazione	989,12	1,0	989,12
Aree verdi attorno biblioteca	532,57	0,3	720,63
	335,03		
	1534,50		
Aree pavimentate attorno biblioteca	133,43	0,7	1216,64
	1604,63		

Tabella 16: Attribuzione coefficienti di deflusso situazione attuale (stato di fatto)

Durata [min]		Tempo di ritorno [anni]				
		2	5	10	20	50
10	Altezza precipitazione [mm]	17,7	24,1	28,5	32,7	38,4
	Intensità precipitazione [mm/s]	0,030	0,040	0,048	0,055	0,064
	Portata che non si infiltra [l/s]	263,69	359,04	424,59	487,16	572,07
	Coefficiente udometrico [l/(s*ha _{imp})]	295,00	401,67	475,00	545,00	640,00
20	Altezza precipitazione [mm]	21,0	28,6	33,7	38,8	45,4
	Intensità precipitazione [mm/s]	0,035	0,048	0,056	0,065	0,076
	Portata che non si infiltra [l/s]	312,85	426,07	502,05	578,03	676,36
	Coefficiente udometrico [l/(s*ha _{imp})]	350,00	476,67	561,67	646,67	756,67
30	Altezza precipitazione [mm]	23,1	31,4	37,1	42,6	49,9
	Intensità precipitazione [mm/s]	0,039	0,052	0,062	0,071	0,083
	Portata che non si infiltra [l/s]	344,14	467,79	552,71	634,64	743,40
	Coefficiente udometrico [l/(s*ha _{imp})]	385,00	523,33	618,33	710,00	831,67

Tabella 17: Calcolo di portate e intensità situazione attuale (stato di fatto)

Da un confronto tra le tabelle 15 e 17 che riportano la situazione in progetto e lo stato di fatto, come primo obiettivo si vuole verificare che quanto in progetto non porti ad un peggioramento, ovvero con le nuove pavimentazioni e le nuove aree verdi non si deve andare ad incrementare la portata che attualmente è scaricata in fognatura. Per ottenere tale risultato devono essere ridotte le superfici impermeabili, per premettere all'acqua di infiltrarsi nel terreno. In secondo luogo, è possibile notare che sebbene la portata che defluisce (e che finirà in fognatura) abbia valori maggiori nella situazione attuale rispetto a quella di progetto, condizione che ci si augurava, il coefficiente udometrico rimane invece lo stesso come spiegato di seguito.

Il fenomeno riportato può essere motivato andando a considerare la relazione analitica del calcolo del coefficiente udometrico (4.5) che a denominatore riporta la superficie impermeabile. Considerando i valori per la situazione attuale, pari a 0,894 ha, e quello della situazione in progetto, pari a 0,621 ha, si può riscontrare un andamento costante dei coefficienti udometrici.

$$q = \frac{\sum_{k=1}^M A_k * \varphi_k}{A_{imp,TOT}} * i \left[\frac{l}{s * ha} \right] \quad (4.5)$$

4.3 Portate che la fognatura può ricevere

Prima di procedere con il dimensionamento delle cisterne che si ipotizza di installare per il recupero dell'acqua piovana, si procede con una verifica della portata di acqua che (senza considerare il Regolamento regionale della Lombardia) potrebbe essere scaricato in fognatura in funzione della sola dimensione della stessa.

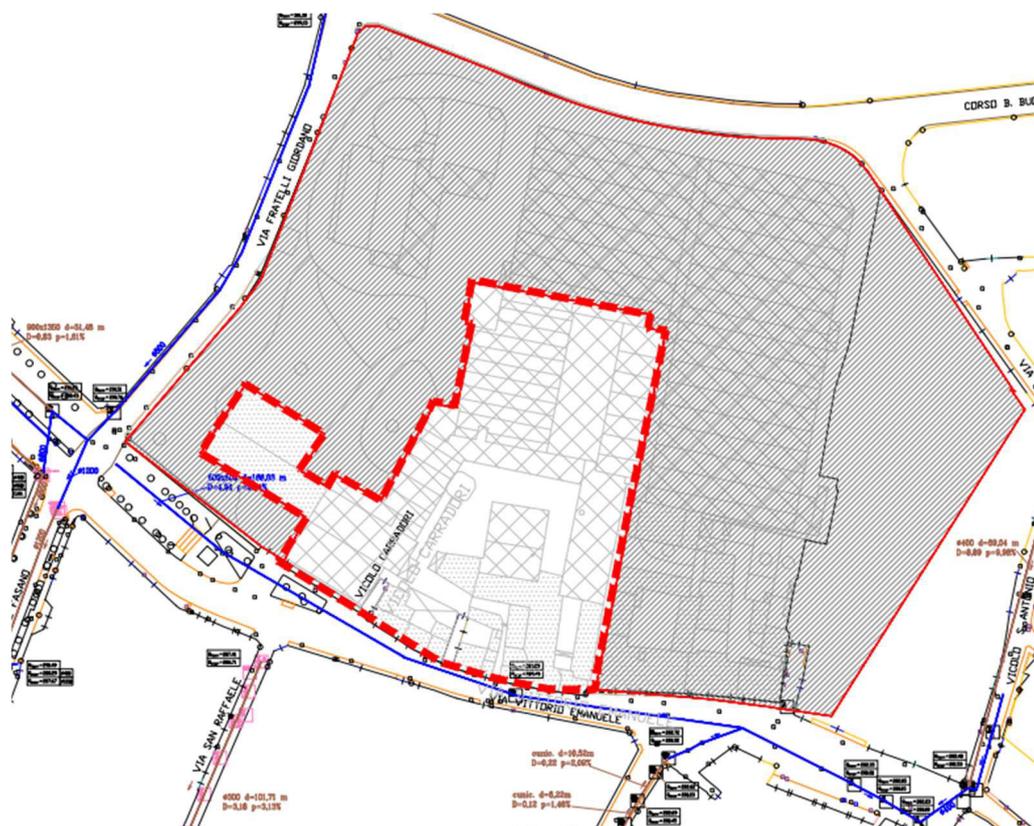


Figura 37: Estratto tavola con posizione delle fognature (FONTE: www.servizi.comune.chieri.to.it/)

Si procede con la valutazione del diametro della fognatura a cui il sito potrebbe allacciarsi, secondo quanto riportato nella figura 37, vi sono due possibilità (indicate con linee blu):

- Via Fratelli Giordano $\varnothing 500 \text{ mm}$;
- Via Vittorio Emanuele II $\varnothing 630 \text{ mm}$.

Per la posizione degli allacci è noto che l'angolo a nord-ovest è il punto altimetricamente più alto, l'intero lotto può essere collegato con le tubazioni presenti in Via Vittorio Emanuele II; nonostante ciò in via preliminare si verificano le portate anche per la fognatura presente in Via Fratelli Giordano.

Su via Fratelli Giordano il diametro presente è pari a 500mm ovvero 50 cm. Trattandosi di una fognatura si ipotizza un grado di riempimento pari a $h/D = 0,8$, un coefficiente di Glauckler-Strickler che per le tubazioni in cemento è pari a $K_S = 75 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ e pendenza pari a 1% (ipotizzata a favore di sicurezza).

Si procede con il calcolo di:

- raggio idraulico: si utilizza la relazione $R_H/D = 0,3042$, quindi il raggio idraulico è pari a $R_H = 0,3042 * D = 0,3042 * 0,5 = 0,1521 \text{ m}$

- sezione idraulica: si utilizza la relazione $A_H/D^2 = 0,6736$, quindi la sezione idraulica è pari a $A_H = 0,6736 * D^2 = 0,6736 * 0,5^2 = 0,1684 m^2$.

La portata della fognatura in esame è pari a:

$$Q = A_H * K_S * R^{\frac{1}{6}} * \sqrt{R * i} \quad (6.6)$$

$$Q = 0,1684 * 75 * 0,1521^{\frac{1}{6}} * \sqrt{0,1521 * 0,01} = 0,3599 m^3/s = 359,88 l/s.$$

La portata pari a 359,88 l/s è quella che la fognatura su Via Fratelli Giordano potrebbe ricevere (al massimo), questo valore deve essere confrontato con la portata limite in uscita perché è necessario capire se la fognatura presente può “smaltire” il valore imposto dal Regolamento della regione Lombardia.

I calcoli vengono ripetuti anche per il secondo tratto di fognatura, quello su Via Vittorio Emanuele II. Per ragioni strettamente legate all’andamento altimetrico del lotto, è molto probabile che gli scarichi saranno allacciati a questo tratto, per cui utilizzando la relazione (6.6) si procede con il calcolo della portata massima che potrebbe ricevere considerando che i reflui dovranno confluire in una tubazione del diametro pari a 630 mm.

- $D = 630 mm = 0,63 m$
- $h/D = 0,8$
- $K_S = 75 m^{\frac{1}{3}}/s$
- pendenza pari a 1%
- raggio idraulico: $R_H = 0,3042 * D = 0,3042 * 0,63 = 0,1916 m$
- sezione idraulica: $A_H = 0,6736 * D^2 = 0,6736 * 0,63^2 = 0,2674 m^2$

La portata che può confluire in fognatura sarà dunque pari a:

$$Q = 0,2674 * 75 * 0,1916^{\frac{1}{6}} * \sqrt{0,1916 * 0,01} = 0,669 m^3/s = 669,05 l/s.$$

Dai calcoli riportati nel suddetto paragrafo si evince che la portata che può confluire in fognatura sia nettamente superiore rispetto alla portata che potrebbe essere scaricata imponendo un limite massimo pari a $20 l/s * h_{imp}$. Secondo tale imposizione la portata massima che si può scaricare dall’intero lotto è pari a 12,42 l/s.

4.4 L'invarianza idraulica e idrogeologica

L'incremento del consumo di suolo causa un aumento del grado di impermeabilizzazione del terreno e dei bacini, come conseguenza si verifica una diminuzione della superficie permeabile, e quindi si riduce il volume di acqua che può infiltrarsi nel terreno.

I fenomeni che conseguono all'aumento della superficie cementificata riguardano la riduzione dei volumi di invaso naturali e dei tempi di corrivazione, ovvero del tempo che ogni singola particella d'acqua piovana caduta nel punto idraulicamente più lontano impiega per raggiungere la sezione di chiusura, con aumento delle portate defluenti.

La problematica presentata viene accentuata dall'aumento dei fenomeni di pioggia intensa con conseguente incremento dei fenomeni di allagamento. Questi fenomeni intensi, infatti, causano sollecitazioni eccessive alle opere di drenaggio e di raccolta delle acque già esistenti, non permettendo all'acqua di defluire correttamente e provocando fenomeni di allagamento.

Attualmente i soggetti preposti alla gestione del territorio e il mondo tecnico-scientifico sono alla ricerca di soluzioni innovative che possano mitigare gli effetti di tali eventi che risultano eccezionali rispetto ai parametri di progettazione dei sistemi in essere.

In tema di gestione delle acque non esiste di un regolamento a livello nazionale che permetta di gestire il principio dell'invarianza idraulica e idrogeologica (le cui definizioni sono di seguito riportate), tuttavia alcune regioni si sono attivate effettuando dei tentativi di applicazione di tali principi per una gestione virtuosa e sostenibile dei deflussi delle acque meteoriche.

Un esempio di tali regolamenti è quello emanato dalla regione Lombardia: "Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7" con successivo aggiornamento "Regolamento Regionale 19 aprile 2019 - n. 8" che verranno presi come riferimento per l'elaborato in oggetto.

Si procede con la definizione dell'invarianza idraulica e idrologica secondo quanto riportato nell'articolo 58 bis, comma 1, lettera a) e b) della Legge Regionale 12/2005 della Regione Lombardia.

L'invarianza idraulica è il principio in base al quale le portate massime di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori¹⁷ naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.

Questo permette di effettuare delle trasformazioni urbane senza compromettere o modificare il grado di sicurezza delle opere esistenti che sono state dimensionate sulle preesistenze e i relativi picchi di piena.

L'invarianza idrologica è il principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione.

L'invarianza idrologica permette di mantenere il grado di sicurezza dei recettori di valle correlato sia ai picchi di piena (dovuti a piogge intense) sia ai volumi di piena; anche in

¹⁷ Il ricettore è un corpo idrico naturale o artificiale o rete di fognatura, nel quale si immettono le acque meteoriche della relativa area di captazione.

questo caso non risulta necessario incrementare le opere per l'allontanamento delle acque che sono già in essere.

In seguito alla realizzazione di interventi, è opportuno verificare che le portate defluenti non risultino superiori a quelle pre-intervento. Si avrà una distribuzione differente di tali portate, ovvero il picco di piena sarà inferiore rispetto al picco prima della trasformazione e per un certo periodo, in seguito alla precipitazione, le portate saranno maggiori. Si verificherà, dunque, una distribuzione temporale del volume di acqua che si deve smaltire per evitare di mandare in crisi i sistemi di fognatura.

L'invarianza idraulica può essere ottenuta attraverso la combinazione di processi differenti che assolvono funzioni differenti, ma al tempo stesso, se combinati, permettono l'ottenimento di risultati migliori. I processi citati sono:

- *evapotraspirazione*, ovvero l'incremento dei fenomeni di evaporazione e traspirazione conseguibili mediante l'aumento di superfici verdi oppure con la piantagione di specie vegetative più idroesigenti (le due soluzioni possono coesistere), ciò che si ottiene è la diminuzione del deflusso superficiale;
- *recupero*, si tratta della raccolta e dell'accumulo in invasi opportunamente dimensionati del volume di acqua di deflusso superficiale;
- *infiltrazione*, ovvero l'incremento del deflusso attraverso l'estensione delle superfici permeabili o l'aumento della permeabilità;
- *laminazione*, si tratta del temporaneo accumulo e stoccaggio in invasi opportunamente dimensionati dell'acqua meteorica con successivo rilascio graduale in funzione delle portate che possono essere scaricate in fognatura.

Al fine di conseguire l'invarianza idraulica è possibile intervenire con opere che coinvolgano il processo di laminazione o di recupero, ma non si può raggiungere l'invarianza idrologica con il solo processo di laminazione perché il sistema permette di trattenere solo temporaneamente una parte del volume di piena.

4.4.1 Recupero dell'acqua piovana

Per la raccolta delle acque meteoriche con successivo utilizzo in loco, si possono utilizzare sistemi di recupero. Il deflusso immagazzinato può provenire da aree verdi, coperture e pavimentazioni, per tale ragione si deve porre attenzione agli agenti inquinanti che potrebbero limitare l'utilizzo dell'acqua immagazzinata. In generale, le acque raccolte e immagazzinate non vengono utilizzate per il consumo umano per evitare rischi di contaminazione e problematiche legate alla salute, bensì possono essere utilizzate per il flussaggio dei WC, come riserva antincendio, per l'irrigazione di spazi verdi e per il lavaggio ad esempio di pavimenti.

Per il sito oggetto di analisi, come già anticipato, si ipotizza l'installazione di due serbatoi con due differenti aree di captazione per la raccolta dell'acqua piovana proveniente dalle coperture degli edifici oggetto di intervento (quindi non si considera la copertura della biblioteca), di tutte le aree verdi presenti sul lotto, di tutte le pavimentazioni delle tre nuove piazze e della zona che circonda la biblioteca.

In relazione alle considerazioni riguardanti la portata di acqua che può essere scaricata in fognatura, risulta necessario installare delle cisterne per limitare tale deflusso di acqua. Risulta quindi necessario procedere con il dimensionamento di tutti gli impianti per il recupero e il successivo riutilizzo dell'acqua piovana secondo le UNI 13:2019 che rimandano alla UNI/TS 11445 che riguarda "Impianti per la raccolta e utilizzo dell'acqua piovana per usi diversi dal consumo umano – progettazione, installazione e manutenzione".

Per il dimensionamento di tali cisterne viene utilizzato il metodo analitico che valuta le prestazioni dei serbatoi simulando il suo comportamento a scala giornaliera. Il volume al t-esimo giorno si calcola utilizzando la seguente formula:

$V_t = V_{t-1} + Q_t - Y_t - O_t - E_t$ (4.7), dove i termini presenti corrispondono a:

V_t volume del giorno preso in considerazione;

V_{t-1} volume del giorno precedente a quello preso in considerazione;

Q_t volume di pioggia caduta sulla superficie di captazione;

Y_t volume di acqua erogato;

E_t volume evaporato.

L'obiettivo è quello di massimizzare il risparmio di acqua e, di conseguenza, minimizzare la portata di acqua che viene scaricata in fognatura. Per tale ragione si considera un valore pari al risparmio idrico nel seguito chiamato water saving in conformità alla letteratura esistente:

$$WS = \frac{\text{acqua piovana effettivamente usata}}{\text{acqua piovana richiesta (domanda)}} \quad (4.8).$$

Per il calcolo dell'afflusso giornaliero Q_t si devono considerare: l'area di captazione, il coefficiente di deflusso, l'altezza di prima pioggia e altezza di precipitazione; per quest'ultima dovranno essere utilizzati i dati delle piogge di almeno 30 anni (perché si tratta di dati climatici).

Non essendo presente una stazione pluviometrica nella città di Chieri, i dati utilizzati sono relativi alla stazione più vicina al sito che risulta essere quella di Pino Torinese. I dati delle piogge giornaliere utilizzate per i calcoli sono stati rilevati tra il 1988 e il 2022¹⁸ e sono state considerate le precipitazioni dalle ore 0 alle ore 0 espresse in [mm].

Il volume di acqua erogato varia in funzione dei consumi di acqua e delle destinazioni d'uso degli edifici.

La relazione $V_t = V_{t-1} + Q_t - Y_t - O_t - E_t$ è un bilancio di massa che dipende dalla dimensione del serbatoio. Inoltre nel singolo giorno, lo sfioro O_t può avvenire prima del prelievo oppure dopo lo stesso e risulta necessario ipotizzare in quale delle due situazioni ci troviamo in base a:

- prelievo prima del raggiungimento del volume massimo, denominato Yield Before Spillage;

¹⁸ Dati estratti in data 13/06/2023 dal sito

https://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/accesso-ai-dati/annali_meteoidrologici/annali-meteo-idro/banca-dati-idrologica.html

- prelievo in seguito al raggiungimento del valore massimo, denominato Yield After Spillage.

Per il caso oggetto di analisi verrà utilizzato il metodo YAS, in quanto esso risulta il metodo più cautelativo verranno considerati gli sfiori.

Per il calcolo della capacità del serbatoio si deve procedere con un metodo iterativo che prevede l'inserimento di dati costanti quali:

- area di captazione [m^2];
- coefficiente di deflusso (verrà utilizzato un coefficiente di deflusso medio adimensionale);
- altezza di prima pioggia che si suppone pari a 1 mm;
- volume iniziale del serbatoio che si ipotizza pari a $0 m^3$, si considera il serbatoio vuoto perché riempirlo comporterebbe un elevato consumo di acqua potabile;
- capienza del serbatoio S espressa in [m^3], essa verrà iterativamente modificata fino al raggiungimento di una percentuale WS soddisfacente.

Si procede con l'inserimento dei dati relativi all'altezza della pioggia espressa in mm e al consumo d_t [m^3]. Per quanto riguarda i consumi irrigui e per il funzionamento della fontana, essi sono valutati sottraendo la quantità di acqua che si infila in caso di precipitazioni meteoriche.

Si procede con il calcolo dell'infiltrazione come la quantità di acqua che si infila nel terreno, segue la relazione utilizzata per effettuare il calcolo:

$$V_{infiltrazione} = (1 - \varphi_k) * A_{verde} * h [m^3]. \quad (4.8)$$

Nell'equazione (6.8), il coefficiente di deflusso da considerare φ_k è pari a 0,3 [-], in quanto si tratta dell'area verde; seguono i termini A_{verde} ovvero superficie destinata a prato e l'altezza della pioggia h .

Si considera l'infiltrazione sulla sola area verde, in quanto essa comporta l'esigenza di una minore quantità di acqua necessaria per l'irrigazione.

Si desume quindi che il consumo venga calcolato come segue:

- se il volume di infiltrazione è maggiore del fabbisogno idrico allora il consumo è nullo;
- in caso contrario il consumo è pari al fabbisogno meno il volume di pioggia che si infila.

Il calcolatore del bilancio idrico, secondo il metodo Yield After Spillage, che coinvolge le seguenti variabili:

- pioggia netta [mm], ottenuta come differenza tra altezza della pioggia e altezza di prima pioggia;
- afflusso Q_t [m^3] dato dal prodotto tra la pioggia netta e la superficie di captazione;
- prelievo $Y_t = \min \{d_t, V_{t-1}\}$ [m^3];
- volume finale $V_t = \min \{Q_t - V_{t-1} - Y_t; S - Y_t\}$ [m^3];
- sfiori $O_t = Q_t + V_{t-1} - Y_t - V_t$ [m^3];
- accumulo dato da $Y_t + V_t - V_{t-1}$ [m^3];

- in tale relazione viene considerata l'evaporazione E_t nulla, in quanto si ipotizza di utilizzare dei serbatoi chiusi.

A partire dai dati sopra riportati è possibile andare a calcolare e successivamente a valutare il grado di sostituzione.

4.4.1.1 Dimensionamento serbatoio 1- piazza superiore

Come riportato in precedenza si prevede l'installazione di tre serbatoi ciascuno dei quali su una differente area di captazione, in particolare uno verrà installato nella piazza superiore, uno in quella inferiore e il terzo nella zona retrostante la biblioteca.

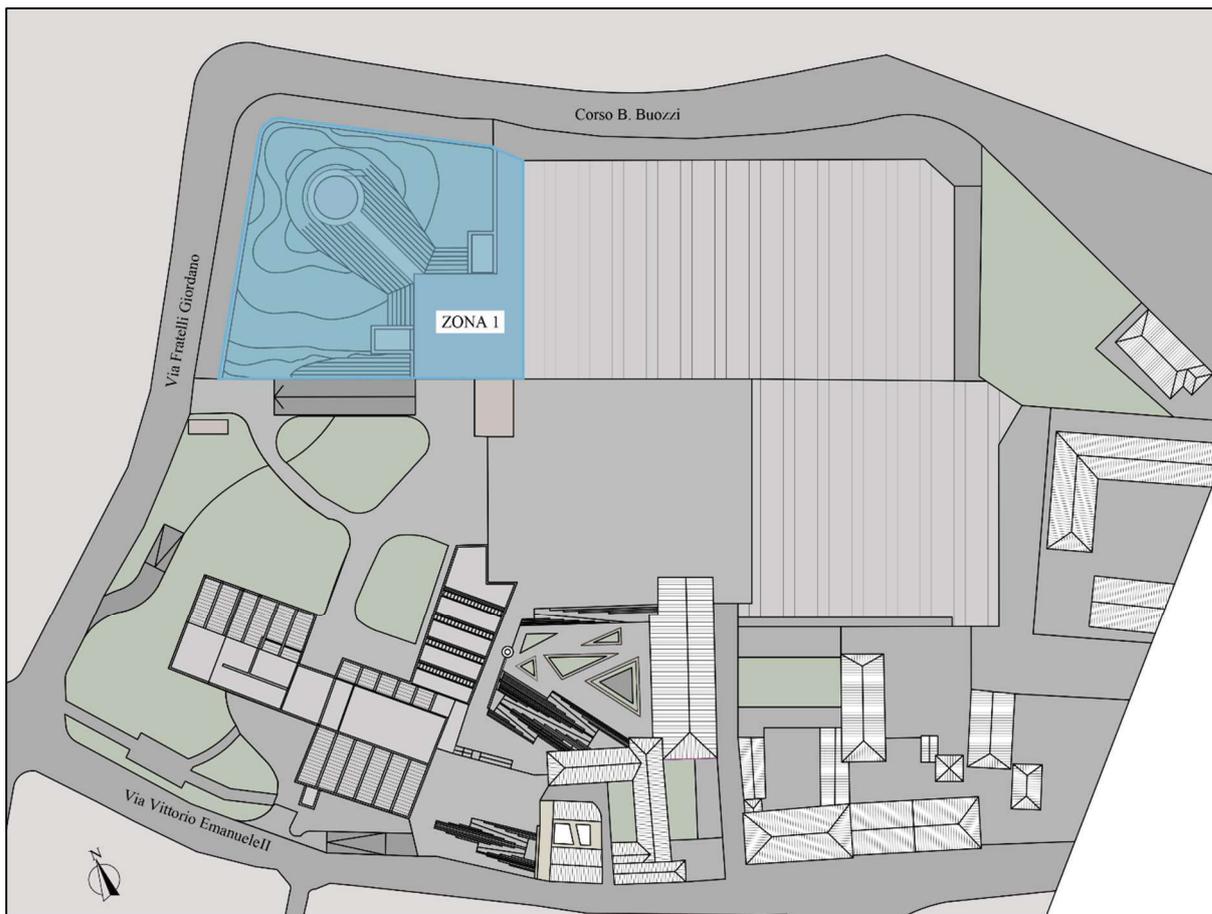


Figura 38: Superficie di captazione del serbatoio 1(FONTE: www.comune.chieri.to.it)

Per quanto riguarda il serbatoio posizionato nella piazza superiore (figura 38), esso raccoglierà l'acqua di suddetta area, sia per la superficie verde sia per quella cementificata, per un successivo utilizzo per la sola irrigazione delle aree verdi. Si ipotizza che l'irrigazione sia effettuata in un periodo di 180 giorni che va dal 01/04 al 30/09 di ciascun anno considerato. Per la definizione del volume di acqua quotidianamente necessario nel periodo considerato si procede con l'individuazione del fabbisogno idrico standard¹⁹ pari a $0.3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{anno})$ dal quale si può desumere il fabbisogno giornaliero per l'irrigazione dell'area verde presente.

¹⁹ Valore fornito da UNI 13:2009 che può essere ridotto se si prevede piantumazioni a basso fabbisogno idrico.

Piazza superiore		
Fabbisogno per irrigazione	0,3	m ³ / (m ² *anno)
Superficie verde piazza superiore	2493,44	m ²
Fabbisogno anno totale	748,03	m ³ /anno
Durata del periodo	180	gg
Fabbisogno giornaliero	4,16	m ³ /(gg*anno)

Tabella 18: Calcolo fabbisogno giornaliero per irrigazione serbatoio 1

In seguito alla determinazione dei consumi giornalieri sono stati determinati i consumi irrigui mensili medi per il periodo compreso tra il 1989 e il 2022, per raggiungere tale obiettivo sono stati sommati i consumi mensili di ciascun anno e sono stati mediati ottenendo il grafico che segue. Come si può riscontrare vi sono dei mesi in cui il consumo medio è nullo perché si tratta dei mesi invernali nei quali non vi è richiesta di acqua per l'irrigazione.

Consumi acqua medi mensili per irrigazione	
MESE	CONSUMO [m ³]
Gennaio	0,00
Febbraio	0,00
Marzo	0,00
Aprile	90,51
Maggio	91,91
Giugno	99,58
Luglio	108,57
Agosto	107,42
Settembre	103,39
Ottobre	0,00
Novembre	0,00
Dicembre	0,00

Tabella 19: Consumi medio mensile anno tipo serbatoio 1

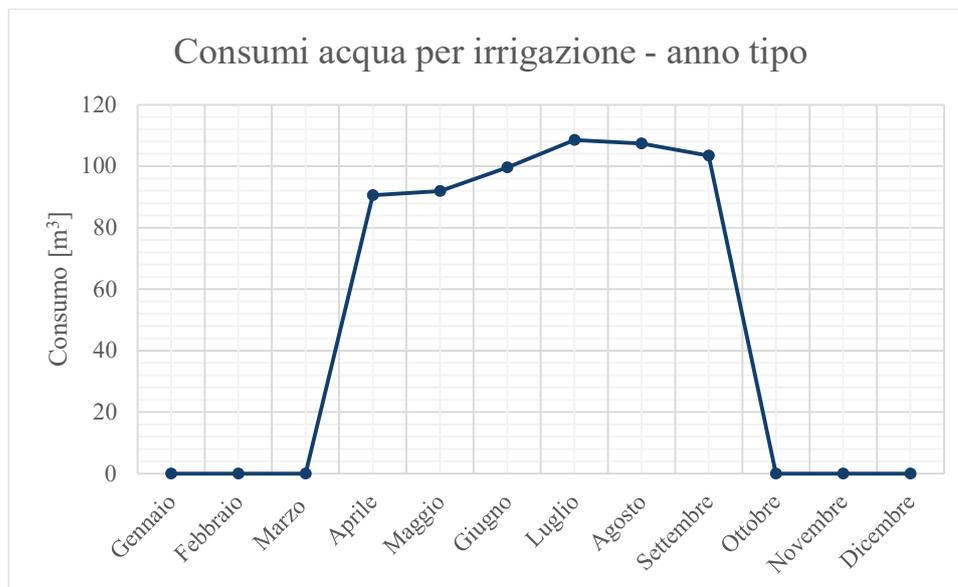


Grafico 6: Distribuzione dei consumi medi annuali (del serbatoio 1) per irrigazione

È stata effettuata anche un'analisi dei valori medi mensili e annuali per quanto riguarda i dati relativi all'altezza della pioggia. Si riporta di seguito la media mensile delle precipitazioni

(tabella 20), mentre l'altezza della pioggia media annua per il periodo considerato è pari a 714,11mm.

Precipitazione media mensile	
MESE	ALTEZZA PIOGGIA [mm]
Gennaio	20,61
Febbraio	22,89
Marzo	32,05
Aprile	93,14
Maggio	101,27
Giugno	75,10
Luglio	66,62
Agosto	70,18
Settembre	77,59
Ottobre	76,78
Novembre	54,47
Dicembre	23,41

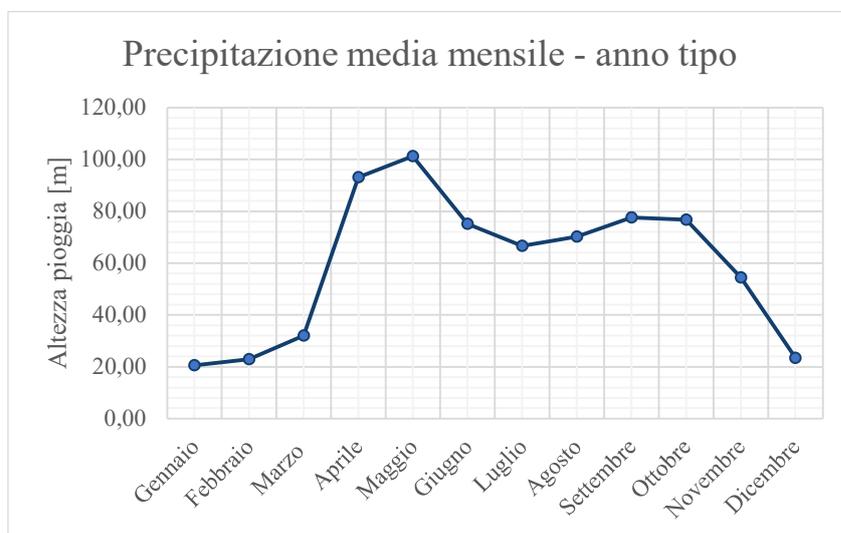


Grafico 8: Precipitazione media mensile

Tabella 20: Precipitazione media mensile

Di seguito si riporta la tabella con i dati di input che sono stati inseriti nel foglio di calcolo per il serbatoio 1, si considera l'area di captazione corrispondente alla somma dell'area verde e dell'area cementificata.

Si può notare che il coefficiente di deflusso utilizzato sia il coefficiente di deflusso medio ponderale che è stato ricavato con la seguente formula:

$$\frac{\sum_{k=1}^M A_k * \varphi_k}{A_{TOT}} = 0,41 [-] \quad (4.9)$$

andando a considerare ciascuna tipologia di superficie e moltiplicandola per il relativo coefficiente, l'area utilizzata a denominatore è l'area totale data dalla somma delle k-esime superfici considerate per il calcolo.

Inizialmente il serbatoio si considera vuoto in quanto nel caso opposto (serbatoio pieno) corrisponderebbe ad un elevato apporto di acqua.

DATI costanti		
Area	3482,56	m ²
Coefficiente di deflusso	0,41	[-]
Altezza di prima pioggia	1	mm
Volume di acqua inizialmente nel serbatoio	0	m ³
Capienza del serbatoio S	0:240	m ³

Tabella 21: Dati costanti inseriti per l'applicazione del metodo YAS – serbatoio 1

Come si può notare dai valori relativi al water saving (WS) presenti nella tabella a lato, non si raggiunge mai il 100%. Questa osservazione ci permette di desumere che, per quanto riguarda il serbatoio posizionato nella piazza superiore, l'afflusso netto di acqua è inferiore alla domanda. Per tale ragione non è possibile raggiungere un grado di sostituzione pari al 100%.

È possibile eliminare l'influenza del serbatoio vuoto all'inizio andando a riempirlo, in tal modo il volume iniziale non sarebbe più pari a zero, bensì pari alla capacità della cisterna. Questo, però permette un leggero aumento del grado di sostituzione che non giustifica l'utilizzo di un quantitativo elevato di acqua potabile.

Valutando le dimensioni della cisterna in funzione del grado di sostituzione, la capacità che essa dovrebbe avere per i massimi valori di WS è pari a 220-230 m³ di acqua. Si tratta di volumi che, se aumentati, provocano un aumento del grado di sostituzione minimo a fronte di un aumento considerevole della massa di acqua da gestire.

Incrementando la dimensione del serbatoio l'incremento è minimo, sino al raggiungimento di un asintoto orizzontale come si vede nel grafico 9.

Per quanto riguarda la dimensione del serbatoio, si ipotizza di installare una capacità pari a 20.000 litri alla quale corrisponde un grado di sostituzione pari al 39 %. Sebbene il valore WS non sia elevato, se si considera la cisterna totalmente piena, il volume di acqua da gestire è molto elevato e questo potrebbe causare ingenti problemi in caso di perdita.

Capacità [l]	Capacità [m ³]	WS [%]
0	0	0
10 000	10	25
20 000	20	39
30 000	30	48
40 000	40	55
50 000	50	61
60 000	60	65
70 000	70	68
80 000	80	71
90 000	90	74
100 000	100	76
110 000	110	78
120 000	120	80
130 000	130	81
140 000	140	83
150 000	150	84
160 000	160	86
170 000	170	87
180 000	180	88
190 000	190	89
200 000	200	90
210 000	210	91
220 000	220	92
230 000	230	93
240 000	240	93

Tabella 22:
Grado di sostituzione del serbatoio 1

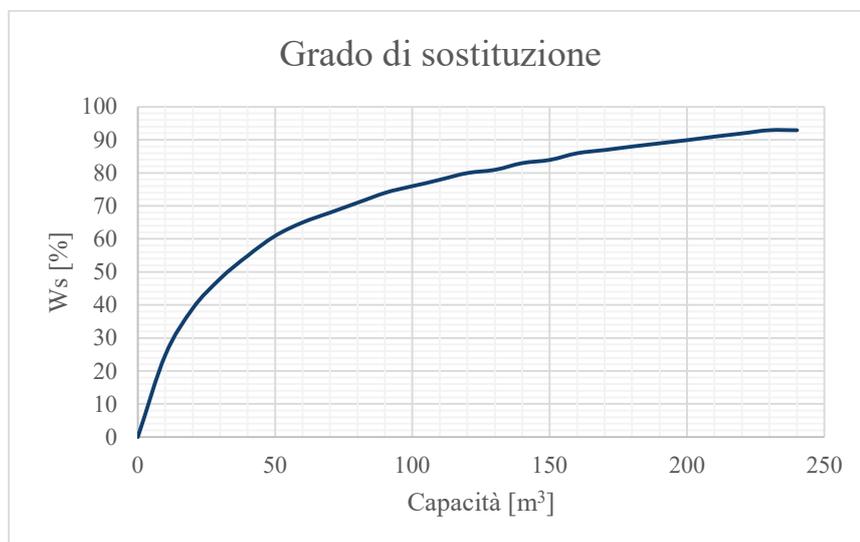


Grafico 9: Grado di sostituzione serbatoio 1 in funzione delle differenti capacità

Di seguito si riportano i risultati complessivi corrispondenti alla capacità del serbatoio ipotizzata.

RISULTATI COMPLESSIVI		
consumo tot. (m ³)	prelievo tot. (m ³)	WS (%)
20.320,52	7.865,29	39
	recupero medio annuo (m ³)	
	262,18	
afflusso netto tot. (m ³)	sfiori tot. (m ³)	grado di sfioro (%)
26.147,28	18.261,99	70

Tabella 23: Risultati complessivi per il serbatoio 1

4.4.1.2 Dimensionamento serbatoio 2 – piazza inferiore

Per quanto riguarda il secondo serbatoio, si ipotizza di installarlo nella piazza inferiore (figura 39). In tal caso non abbiamo solo i consumi legati all'irrigazione delle aree verdi presenti in suddetta area, ma si suppone di alimentare anche la fontana che si ipotizza di installare in suddetta piazza.

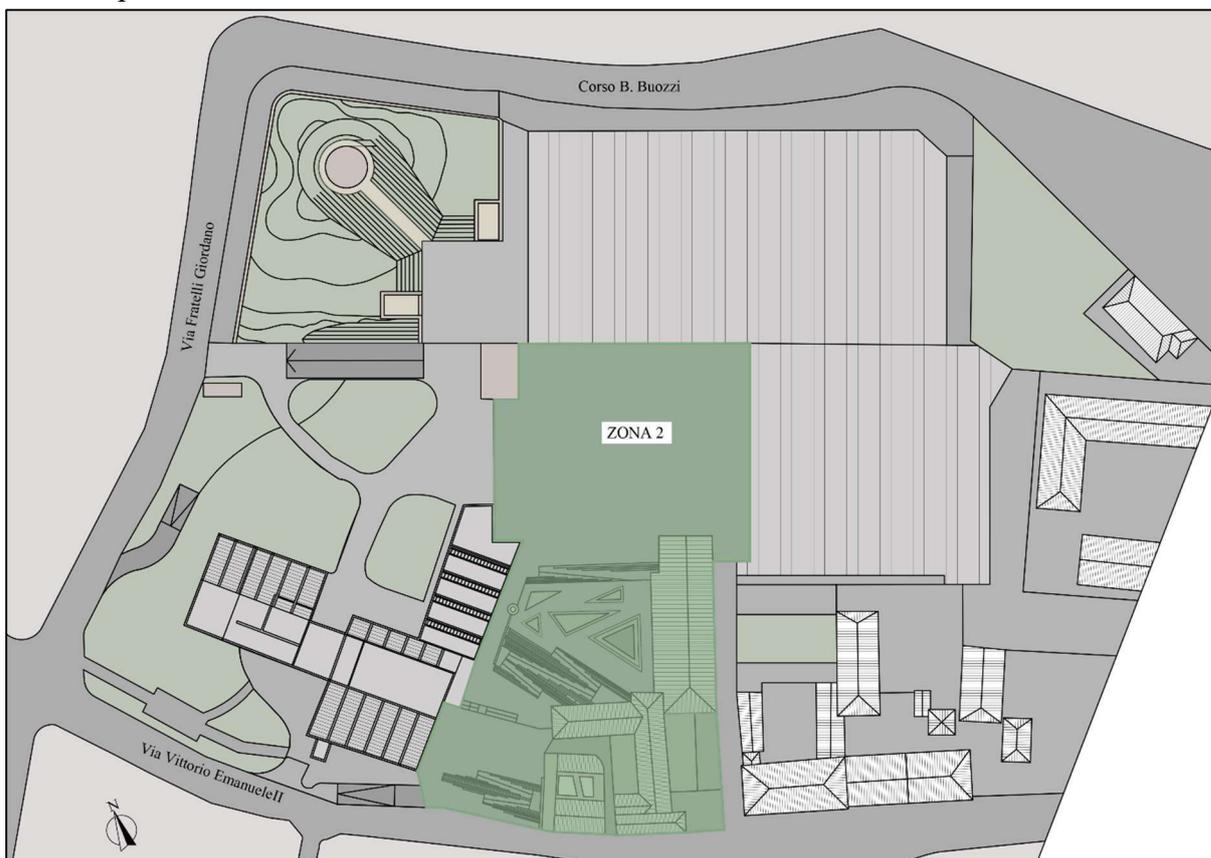


Figura 39: Superficie di captazione serbatoio 2 (FONTE: www.comune.chieri.to.it)

In merito al prelievo per l'irrigazione delle aree verdi valgono le considerazioni fatte per il precedente serbatoio, il periodo che viene preso in considerazione per i calcoli è pari a 180 giorni compresi tra il 01/04 e il 30/09. Utilizzando il valore del fabbisogno idrico standard pari a 0.3 m³/(m²*anno) è possibile calcolare il fabbisogno giornaliero per l'irrigazione di tutta l'area verde presente nella piazza intermedia, in quella inferiore e due aiuole sul retro della biblioteca.

Piazza inferiore		
Fabbisogno per irrigazione	0,3	m ³ / (m ² *anno)
Superficie verde (superficie che devo irrigare)	1073,44	m ²
Fabbisogno anno totale	322,03	m ³ /anno
Durata del periodo	180	gg
Fabbisogno giornaliero	1,79	m ³ /gg

Tabella 24: Calcolo fabbisogno giornaliero per irrigazione serbatoio 2

Al prelievo per l'irrigazione nei mesi estivi si deve aggiungere il prelievo di acqua per l'alimentazione della fontana. Ipotizzando una fontana con il ricircolo di acqua si deve quantificare il volume di acqua che si perde per evaporazione per individuare il consumo ad essa legata.

Sebbene per la raccolta dell'acqua che confluisce nel serbatoio non venga considerata quella presso la biblioteca, non è stata considerata la medesima area per l'irrigazione. La motivazione che ha portato a considerare aree differenti è strettamente legata al tentativo di bilanciare la superficie di aree verdi che si prevede di irrigare da ciascun serbatoio.

A partire da quanto indicato nei paragrafi precedenti, si riporta l'evaporazione dell'acqua del getto e della superficie del bacino della fontana che è stata stimata con il metodo di Tombesi (tabella 13).

In seguito alla determinazione dei consumi giornalieri, come per il caso precedente, sono stati determinati i consumi mensili medi per il periodo compreso rilevati tra il 1988 e il 2022, per raggiungere tale obiettivo sono stati sommati i consumi mensili di ciascun anno e sono stati mediati ottenendo il grafico che segue. A differenza del caso precedente, non si hanno mesi in cui il consumo è pari a zero perché, sebbene ci siano mesi in cui la richiesta di acqua per l'irrigazione sia nulla, si verificano sempre consumi per il "rabbocco" dell'acqua di ricircolo della fontana. Quest'ultimo valore, si tratta di un volume di liquido, è strettamente correlato con la quantità che evapora.

Si riporta, di seguito, la tabella contenente i dati di input utilizzati per impostare il foglio di calcolo per il serbatoio 2, analogamente ai dati utilizzati per il primo caso si ha:

- area di captazione;
- coefficiente di deflusso, ottenuto mediante una media ponderale

$$\frac{\sum_{k=1}^M A_k * \varphi_k}{A_{TOT}} = 0,81 [-]; \quad (4.10)$$

- altezza di prima pioggia;

- volume iniziale del serbatoio, ipotizzato anche in questo caso nullo per le medesime ragioni del caso precedente;
- capienza del serbatoio.

In questo caso il coefficiente di deflusso medio ponderale è maggiore rispetto al caso precedente perché è minore l'area verde ed è maggiore l'area "cementificata".

DATI costanti		
Area	3518,80	m ²
Coefficiente di deflusso	0,81	[-]
Altezza di prima pioggia	1	mm
Volume di acqua inizialmente nel serbatoio	0	m ³
Capienza del serbatoio <i>S</i>	0:100	m ³

Tabella 25: Dati costanti inseriti per l'applicazione del metodo YAS – serbatoio 2

Consumi acqua - anno tipo	
MESE	CONSUMO [m ³]
Gennaio	0,13
Febbraio	0,39
Marzo	1,45
Aprile	41,11
Maggio	42,25
Giugno	46,40
Luglio	50,80
Agosto	49,41
Settembre	46,62
Ottobre	46,95
Novembre	0,41
Dicembre	0,20

Tabella 26: Consumi medio mensile anno tipo serbatoio 2

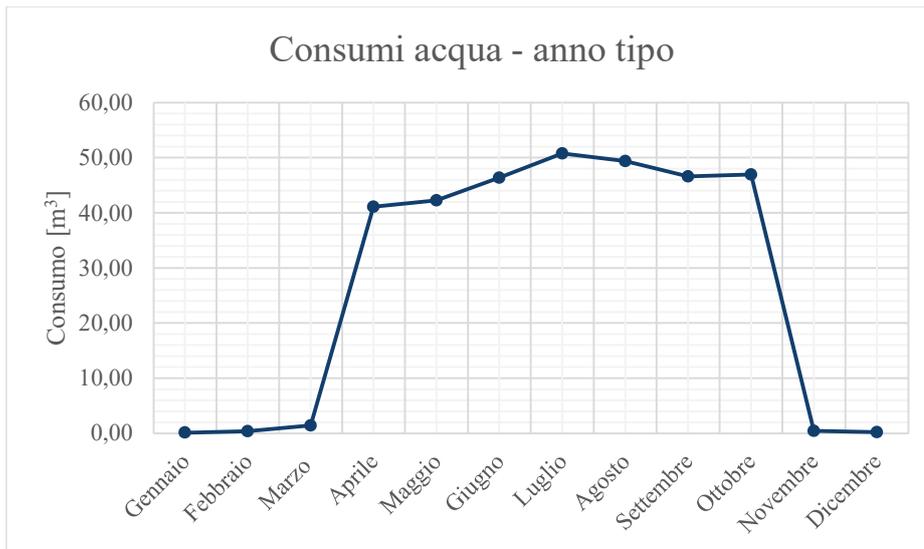


Grafico 10: Distribuzione dei consumi medi annuali del serbatoio 2

Di seguito si riporta il grafico con indicate le percentuali di water saving in funzione delle differenti capacità ipotizzate. È possibile notare come per un serbatoio con capacità pari a 90 m³ si raggiunge un grado di sostituzione pari al 100%. Per l'area oggetto di intervento che si sta analizzando si ipotizza di utilizzare un serbatoio che abbia una capacità pari a 20 m³ con un grado di sostituzione pari a 75%. Anche in questo caso il ragionamento che ci propone è analogo al precedente: se si considera il serbatoio pieno, la quantità di acqua è davvero notevole e in caso di perdita potrebbe causare ingenti danni. Oltre a ciò, si deve considerare i volumi che la cisterna occuperebbe, tenendo in considerazione che non vi sono soluzioni prefabbricate con capacità pari a 90 m³ in commercio. Altro fattore da prendere in analisi è il rapporto tra aumento di volume e incremento di WS: prendendo come esempio il salto tra 50 e 60 m³ si ha un aumento di 10.000 litri della capacità dell'invaso a fronte di un aumento di 2 punti percentuali del grado di sostituzione. Quello riportato è un esempio di ciò che accade quando la curva riportata nel grafico 11 inizia a diventare orizzontale.

Capacità [l]	Capacità [m ³]	WS [%]
0	0	0
10000	10	52
20000	20	75
30000	30	87
40000	40	93
50000	50	96
60000	60	98
70000	70	99
80000	80	99
90000	90	100
100000	100	100

Tabella 27: Grado di sostituzione del serbatoio 2

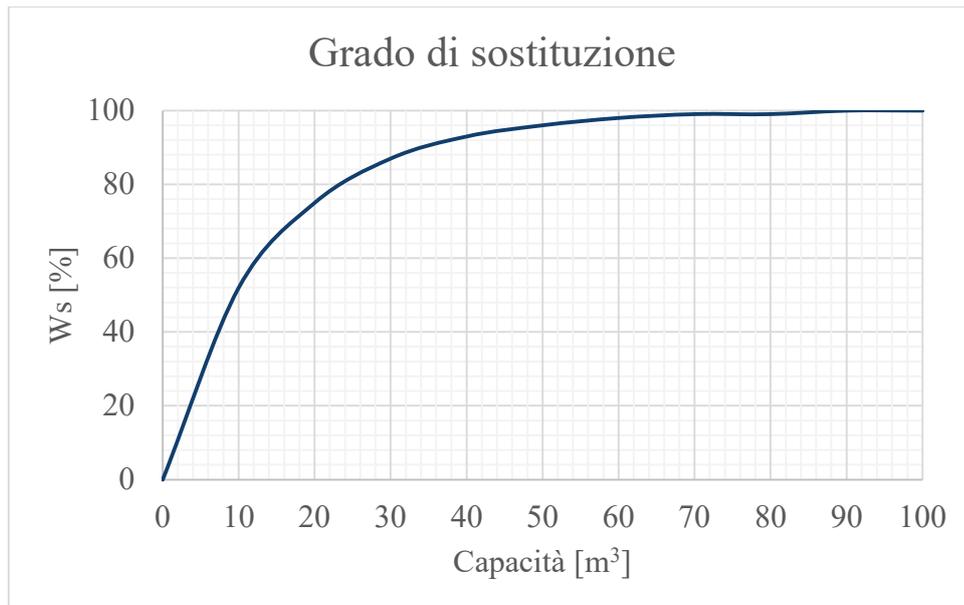


Grafico 11: Grado di sostituzione serbatoio 2 in funzione delle differenti capacità

Di seguito si riportano i risultati complessivi corrispondenti alla capacità del serbatoio ipotizzata pari a 20 m³.

RISULTATI COMPLESSIVI		
consumo tot. (m ³)	prelievo tot. (m ³)	WS (%)
10979,71	8215,73	75
	recupero medio annuo (m ³)	
	273,86	
afflusso netto tot. (m ³)	sfiori tot. (m ³)	grado di sfioro (%)
58945,38	50709,75	86

Tabella 28: Risultati complessivi per il serbatoio 2

4.4.1.3 Dimensionamento serbatoio 3 – zona dietro alla biblioteca

Per quanto riguarda il terzo serbatoio, si ipotizza di installarlo nella zona retrostante alla biblioteca, in particolare dove attualmente si trova il cancello di accesso all'area punto che risulta essere altimetricamente più basso per la zona considerata (figura 41). In tal caso non abbiamo solo i consumi legati all'irrigazione di una delle aree presenti in suddetta zona, come indicato nella figura di seguito riportata.

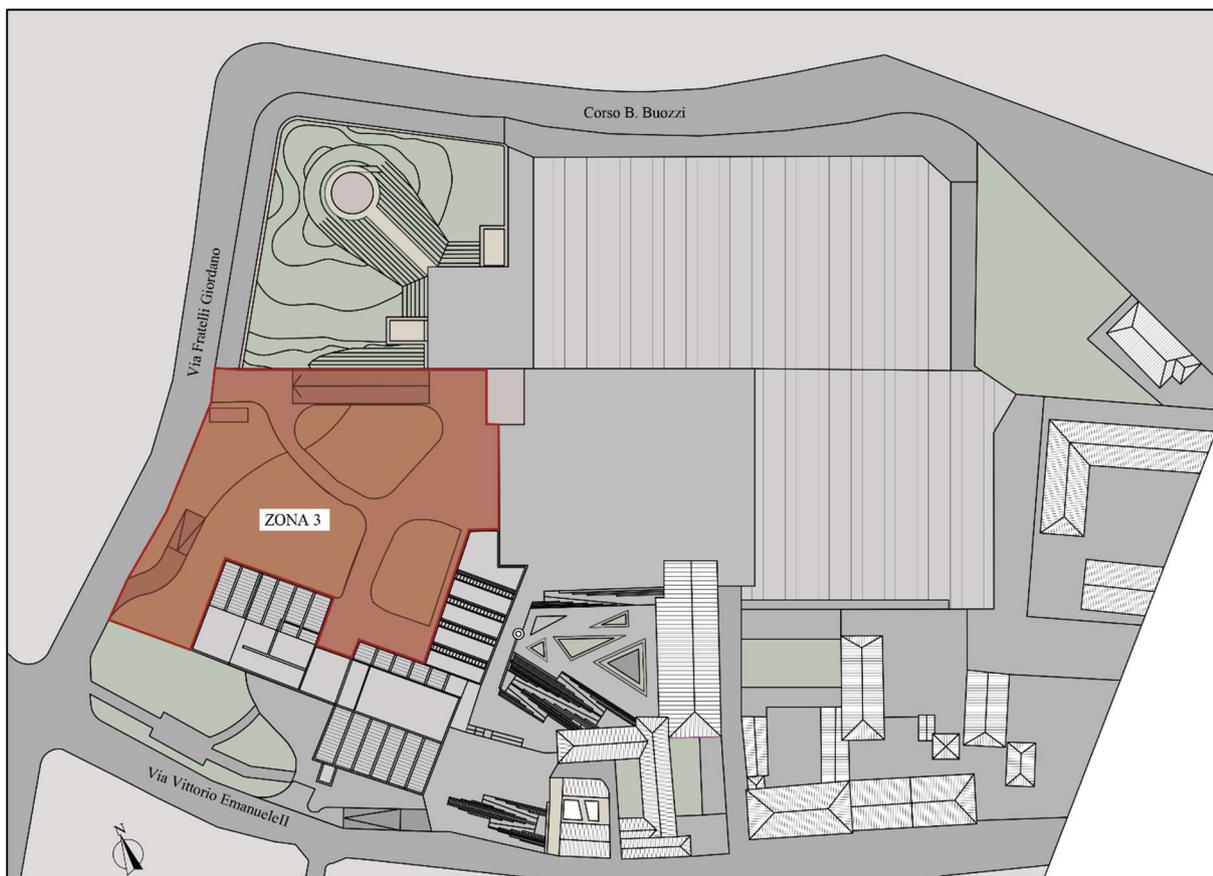


Figura 40: Superficie di captazione serbatoio 3 (FONTE: www.comune.chieri.to.it)

In merito al prelievo per l'irrigazione delle aree verdi valgono le considerazioni fatte per il precedente serbatoio, il periodo che viene preso in considerazione per i calcoli è pari a 180 giorni compresi tra il 01/04 e il 30/09. Utilizzando il valore del fabbisogno idrico standard pari a $0.3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{anno})$ è possibile calcolare il fabbisogno giornaliero per l'irrigazione dell'area verde che viene presa in considerazione.

Zona retro-biblioteca		
Fabbisogno per irrigazione	0,3	$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{anno})$
Superficie verde (superficie che devo irrigare)	1534,50	m^2
Fabbisogno anno totale	460,35	m^3/anno
Durata del periodo	180	gg
Fabbisogno giornaliero	2,56	m^3/gg

Tabella 29: Calcolo fabbisogno giornaliero per irrigazione serbatoio 3

Come per il serbatoio 1, anche in questo caso i consumi di acqua sono strettamente legati all'irrigazione della zona verde che si trova nel retro della biblioteca e adiacente alla rampa di accesso al parcheggio interrato.

Verranno considerati i consumi medi giornalieri, analogamente al caso precedente, per il periodo compreso rilevati tra il 1988 e il 2022.

Si riporta, di seguito, la tabella contenente i dati di input utilizzati per impostare il foglio di calcolo per il serbatoio 3, analogamente ai dati utilizzati per il primo caso si ha:

- area di captazione;
- coefficiente di deflusso, ottenuto mediante una media ponderale

$$\frac{\sum_{k=1}^M A_k * \varphi_k}{A_{TOT}} = 0,47 [-]; \quad (6.10)$$

- altezza di prima pioggia;
- volume iniziale del serbatoio, ipotizzato anche in questo caso nullo per le medesime ragioni del caso precedente;
- capienza del serbatoio.

DATI costanti		
Area	7658,96	m ²
Coefficiente di deflusso	0,47	[-]
Altezza di prima pioggia	1	mm
Volume di acqua inizialmente nel serbatoio	0	m ³
Capienza del serbatoio S	0:160	m ³

Tabella 30: Dati costanti inseriti per l'applicazione del metodo YAS – serbatoio 3

Consumi acqua per irrigazione - anno tipo	
MESE	CONSUMO [m ³]
Gennaio	0,00
Febbraio	0,00
Marzo	0,00
Aprile	55,70
Maggio	56,57
Giugno	61,28
Luglio	66,81
Agosto	66,11
Settembre	63,63
Ottobre	0,00
Novembre	0,00
Dicembre	0,00

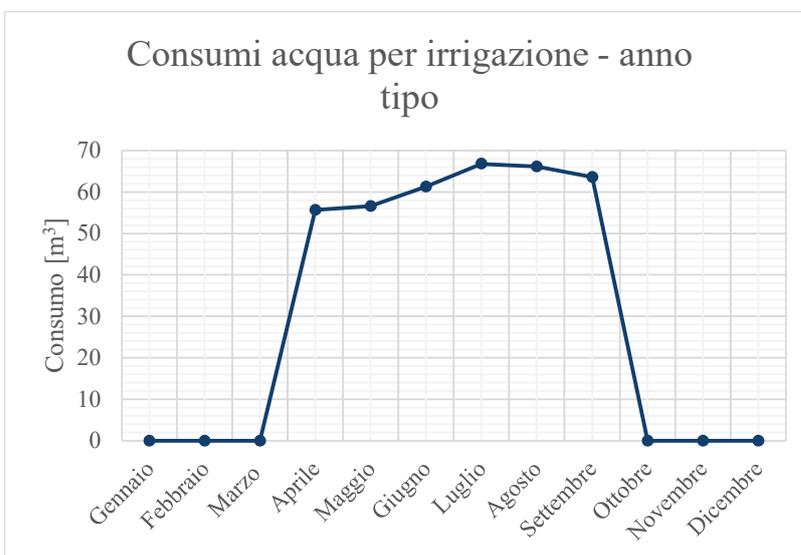


Grafico 12: Distribuzione dei consumi medi annuali del serbatoio 3

Tabella 31: Consumi medio mensile anno tipo serbatoio 3

Di seguito si riporta il grafico con indicate le percentuali di water saving in funzione delle differenti capacità ipotizzate. Il grado di sostituzione pari al 100% viene raggiunto con un serbatoio con una capacità pari a 160 m³.

Per l'area oggetto di intervento che si sta analizzando si ipotizza di utilizzare un serbatoio che abbia una capacità pari a 20.000 litri con un water saving pari a 59%, considerando un ragionamento analogo a quelli effettuati per i casi precedenti.

In corrispondenza della capacità del serbatoio pari a 60.000 litri si raggiunge valore di water saving pari al 91% e la curva inizia a diventare orizzontale, infatti si evince che a fronte di un incremento di 10.000 litri si ha un incremento del grado di sostituzione di 1 o 2 punti percentuali, fino a non verificare più tale aumento.

Capacità [l]	Capacità [m ³]	WS [%]
0	0	0
10 000	10	39
20 000	20	59
30 000	30	72
40 000	40	81
50 000	50	87
60 000	60	91
70 000	70	93
80 000	80	95
90 000	90	96
100 000	100	97
110 000	110	98
120 000	120	98
130 000	130	99
140 000	140	99
150 000	150	99
160 000	160	100

Tabella 32: Grado di sostituzione del serbatoio 3

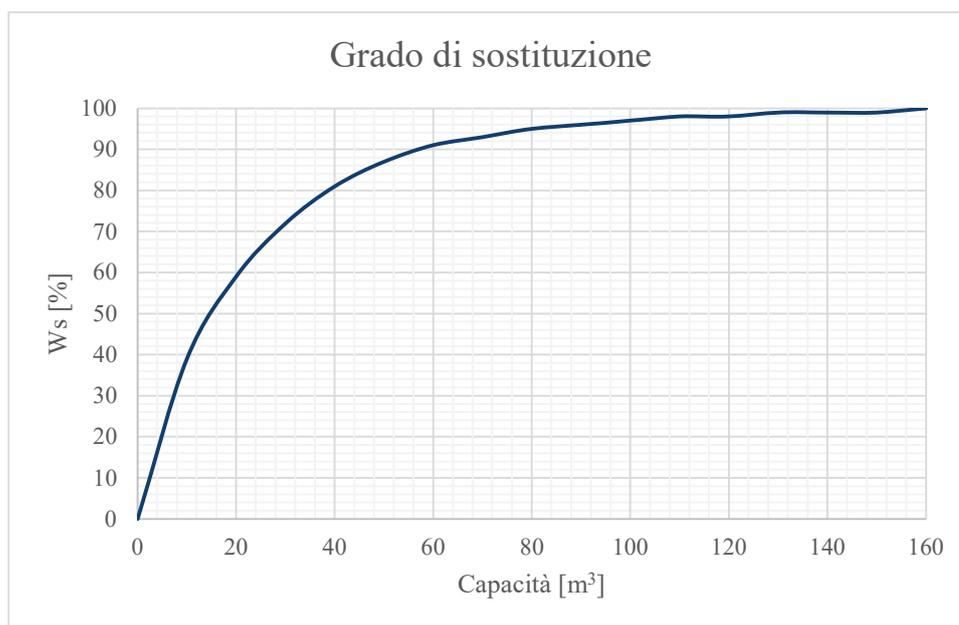


Grafico 13: Grado di sostituzione serbatoio 3 in funzione delle differenti capacità

Di seguito si riportano i risultati complessivi corrispondenti alla capacità del serbatoio ipotizzata pari a 20 m³.

RISULTATI COMPLESSIVI		
consumo tot. (m ³)	prelievo tot. (m ³)	WS (%)
12505,55	7354,64	59
	recupero medio annuo (m ³)	
	245,15	
afflusso netto tot. (m ³)	sfiori tot. (m ³)	grado di sfioro (%)
36735,16	29360,52	80

Tabella 33: Risultati complessivi per il serbatoio 3

4.4.2 Dimensionamento delle tubazioni di scarico serbatoi

Il dimensionamento dei tubi che collegano i serbatoi per lo stoccaggio dell'acqua in progetto con i bacini di laminazione permette di far defluire tutta l'acqua superficiale evitando intasamenti ed allagamenti (vedere schemi figure 23, 24 e 25). Tale operazione verrà effettuata tenendo in considerazione le superfici di captazione e calcolando la portata che non si infila per ciascuna di esse.

Per il corretto funzionamento del sistema il carico deve essere tale da evitare rigurgiti, la verifica è stata effettuata ipotizzando una corrente a superficie libera in condizioni di moto uniforme, ritenendo che non si discosti troppo dai profili di chiamata che si possono realizzare. Il dimensionamento dei bacini di laminazione inoltre è stato effettuato in modo che la superficie del pelo libero sia sempre più basso e in modo da evitare un funzionamento in pressione della condotta.

4.4.2.1 Scarico serbatoio 1

Considerando le aree di captazione (riferimento figura 23) con i relativi coefficienti di deflusso e seguendo i ragionamenti effettuati per i precedenti paragrafi, si determina la portata che non si infila. Si tratta infatti della portata di acqua che deve essere gestita evitando allagamenti in caso di piogge intense.

Spazi:	Superficie [m ²]	Coefficiente di deflusso [-]	Area impermeabile [m ²]
Piazza superiore - aree verdi	2493,44	0,3	748,03
Piazza superiore - Pavimentazione	989,12	0,7	692,39

Tabella 34: Superfici e coefficienti di deflusso considerati

Durata [min]		Tempo di ritorno [anni]				
		2	5	10	20	50
10	Portata che non si infiltra [l/s]	42,49	57,86	68,42	78,50	92,19
20	Portata che non si infiltra [l/s]	50,41	68,66	80,90	93,15	108,99
30	Portata che non si infiltra [l/s]	55,46	75,38	89,07	102,27	119,79

Tabella 35: Portata che confluisce nel serbatoio 1

Prendendo come riferimento la massima portata, ovvero quella che corrisponde ad un tempo di ritorno pari a 50 anni e una durata della precipitazione pari a 30 minuti, si procede con il dimensionamento del diametro delle tubazioni.

Tale calcolo viene effettuato perché si considera che il serbatoio, considerato pieno, abbia la funzione di bypass in caso di piogge intense e che l'acqua, che precipita durante il fenomeno eccezionale, finisca completamente nel bacino di laminazione.

Ipotizzando un grado di riempimento pari a $h/D = 0,7$, un coefficiente di Glauckler-Strickler che per le tubazioni in PVC è pari a $k_S = 90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ e pendenza pari a 1%.

Si procede con il calcolo del diametro della tubazione a partire dalla portata pari a 119,79 l/s.

Partendo dalla relazione $Q = A_H * k_S * R^{1/6} * \sqrt{R * i}$ (6.11) sono noti:

- Portata;
- Sezione idraulica;
- Coefficiente di Glauckler-Strickler;
- Raggio idraulico;
- Pendenza.

Si procede ipotizzando un diametro pari a 333,2 mm corrispondente a un diametro esterno pari a 355 mm e, utilizzando i dati che seguono, si calcola la portata che potrebbe confluire in fognatura in caso di evento meteorico di notevole intensità.

- $D = 333,2 \text{ mm} = 0,3332 \text{ m}$;
- Pendenza $i = 1\%$;
- $k_S = 90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- grado di riempimento $h/D = 0,7$;
- $A_{idraulica}/D^2 = 0,5872$;
- $R_{idraulica}/D = 0,2962$;

$$A_{idraulica} = 0,5872 * D^2 = 0,5872 * 0,3332^2 = 0,0652m^2$$

$$R_{idraulica} = 0,2962 * D = 0,2962 * 0,3332 = 0,0987m$$

$$Q = A_H * K_S * R^{\frac{1}{6}} * \sqrt{R * i} = 0,13 m^3/s = 125,30 l/s$$

4.4.2.2 Scarico serbatoio 2

Ripetendo i calcoli effettuati nel paragrafo precedente per la seconda area di riferimento (figura 24), si procede con la determinazione della portata di acqua che deve essere gestita evitando inondazioni.

Spazi:	Superficie [m ²]	Coefficiente di deflusso [-]	Area impermeabile [m ²]
Spazi museali	545,00	1	545
Giardino pensile	113,30	0,3	33,99
Terrazzi	222,00	1	222
Ostello e spazi comuni	493,00	1	493
Servizi sociali	150	1	150
Corte interna	186,40	1	186,4
Piazza intermedia - Aree verdi	16,88	0,3	5,064
	7,40	0,3	2,22
	5,62	0,3	1,686
	31,00	0,3	9,3
	31,64	0,3	9,492
Piazza intermedia - Copertura in grigliato	33,25	0	0
Piazza intermedia - Pavimentazione piazzale (in ciottoli)	636,01	0,7	445,207
Piazza inferiore	570,50	0,7	399,35
Percorsi (rampe e vicoli)	476,80	0,7	333,76
TOTALE	3518,80	0,81	2836,47

Tabella 36: Superfici considerate per il calcolo della portata che defluisce dal serbatoio 2

Durata [min]		Tempo di ritorno [anni]				
		2	5	10	20	50
10	Portata che non si infiltra [l/s]	83,68	113,93	134,73	154,59	181,53
20	Portata che non si infiltra [l/s]	99,28	135,21	159,32	183,42	214,63
30	Portata che non si infiltra [l/s]	109,20	148,44	175,39	201,39	235,90

Tabella 37: Portata che confluisce nel serbatoio 2

Ripetendo il ragionamento esplicito per il primo serbatoio e applicando la relazione (6.11) si vuole determinare il diametro necessario affinché la tubazione della fognatura possa scaricare una portata pari a 235,90 l/s.

Il diametro commerciale della tubazione che viene preso in considerazione è pari a 422,4 mm a cui corrisponde un diametro esterno di 450 mm.

- $D = 422,4 \text{ mm} = 0,4224 \text{ m}$;
- Pendenza $i = 1,5\%$;
- $k_S = 90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- grado di riempimento $h/D = 0,7$;
- $A_{idraulica}/D^2 = 0,5872$;
- $R_{idraulica}/D = 0,2962$;

$$A_{idraulica} = 0,5872 * D^2 = 0,5872 * 0,4224^2 = 0,1048 \text{ m}^2$$

$$R_{idraulica} = 0,2962 * D = 0,2962 * 0,4224 = 0,1251 \text{ m}$$

$$Q = A_H * K_S * R^{\frac{1}{6}} * \sqrt{R * i} = 0,29 \text{ m}^3/\text{s} = 288,89 \text{ l/s}$$

4.4.2.3 Scarico serbatoio 3

Ripetendo i calcoli effettuati nel paragrafo precedente, si procede con la determinazione della portata di acqua che deve essere gestita evitando inondazioni per la terza superficie di riferimento indicata in figura 25.

Spazi:	Superficie [m ²]	Coefficiente di deflusso [-]	Area impermeabile [m ²]
Aree verdi attorno biblioteca	532,57	0,3	720,63
	335,03		
	1534,50		
Aree pavimentate attorno biblioteca	133,43	0,7	1216,64
	1604,63		
TOTALE	4140,16	0,47	1937,27

Tabella 38: Superfici considerate per il calcolo della portata che defluisce dal serbatoio 3

		Tempo di ritorno [anni]				
		2	5	10	20	50
Durata [min]						
10	Portata che non si infiltra [l/s]	57,15	77,81	92,02	105,58	123,99
20	Portata che non si infiltra [l/s]	67,80	92,34	108,81	125,28	146,59
30	Portata che non si infiltra [l/s]	74,58	101,38	119,79	137,55	161,12

Tabella 39: Portata che confluisce nel serbatoio 3

Ripetendo il ragionamento esplicito per il primo serbatoio e applicando la relazione (6.11) si vuole determinare il diametro necessario affinché la tubazione della fognatura possa scaricare una portata pari a 161,12 l/s.

Il diametro commerciale della tubazione che viene preso in considerazione è pari a 375,4 mm a cui corrisponde un diametro esterno di 400 mm.

- $D = 375,4 \text{ mm} = 0,3754 \text{ m}$;
- Pendenza $i = 1\%$;
- $k_S = 90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- grado di riempimento $h/D = 0,7$;
- $A_{idraulica}/D^2 = 0,5872$;
- $R_{idraulica}/D = 0,2962$;

$$A_{idraulica} = 0,5872 * D^2 = 0,5872 * 0,3754^2 = 0,0828 \text{ m}^2$$

$$R_{idraulica} = 0,2962 * D = 0,2962 * 0,3754 = 0,111 \text{ m}$$

$$Q = A_H * K_S * R^{\frac{1}{6}} * \sqrt{R * i} = 0,17 \text{ m}^3/\text{s} = 172,21 \text{ l/s}$$

4.4.3 Infiltrazione dell'acqua nel terreno

Come si è detto al paragrafo 4.2, è necessario calcolare l'infiltrazione per conoscere il tempo necessario affinché l'acqua piovana presente nei bacini di laminazione percoli negli strati sottostanti.

Si definisce l'*infiltrazione* come la portata per unità di superficie che all'istante temporale indicato con t si infiltra nel sottosuolo. Essa viene valutata in mm/ora in analogia con l'unità di misura utilizzata per esprimere l'intensità della pioggia.

L'infiltrazione considera il moto dell'acqua attraverso un terreno non saturo, tale fenomeno è governato dall'azione della forza di gravità e dall'attrazione tra le particelle del terreno; si tratta, dunque, di un processo legato alla porosità del suolo.

Da un punto di vista qualitativo il processo di infiltrazione può essere spiegato nel seguente modo:

1. la pioggia provoca un aumento dell'umidità nello strato superficiale del terreno;
2. all'aumento dell'umidità consegue una diminuzione della suzione, che rappresenta la riduzione dell'umidità relativa in un poro a causa dei sali disciolti, e un aumento del carico piezometrico h ;
3. a causa dell'aumento del carico piezometrico (h) si genera un gradiente di Δh che produce un moto dell'acqua verso le zone in cui il carico h è minore;
4. se la pioggia è distribuita in modo uniforme sulla superficie considerata allora si ha un moto verso il basso, mentre nel caso di un bacino di infiltrazione il moto è sia verso il basso che verso i lati;
5. man mano che il fluido scende verso gli strati più interni incontra un aumento dell'umidità che produce una diminuzione della sezione secondo quanto riportato dalle curve di ritenzione idrica.

4.4.3.1 Calcolo dell'infiltrazione con il metodo semplificato

Per il calcolo della velocità di infiltrazione vi sono dei modelli semplificati come ad esempio Horton (1939) che descrive l'andamento del contenuto d'acqua del terreno soltanto durante l'evento piovoso.

I modelli di Horton si basano su delle risultanze sperimentali che descrivono una legge di tipo esponenziale che indica come decresce l'infiltrazione a partire da un valore iniziale e massimo indicato con f_0 . Il valore f_0 è legato al tipo di suolo presente nel sito di interesse e allo stato di imbibizione²⁰ dello stesso.

Le curve che descrivono il fenomeno decrescono fino ad un valore asintotico (orizzontale) indicato con f_c in corrispondenza del quale si ha eguaglianza tra la conduttività idraulica e la saturazione indicata con K_s ²¹.

La legge che descrive i modelli di Horton è la seguente:

²⁰ "Assorbimento di un liquido da parte di un solido senza che si verifichi alcuna reazione chimica. L'i., a seconda del meccanismo con cui si manifesta, può essere capillare, osmotica o molecolare." Definizione da Enciclopedia Treccani

²¹ Dipende da: stratigrafia terreno, porosità e distanza dalla falda.

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \quad (4.12)$$

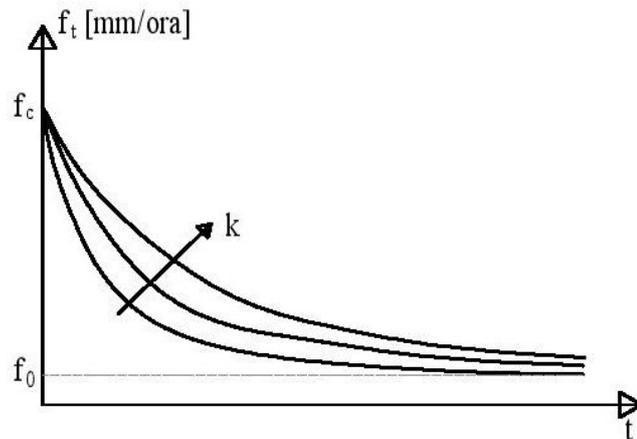


Figura 41: Legge di Horton. Andamenti della capacità di infiltrazione in presenza di sovrabbondanza di acqua sulla superficie disperdente (Fonte: Bollettino Ufficiale Regione Lombardia, 2017).

La rapidità di decadimento dell'esponenziale viene indicata con un parametro k che è legato alla tipologia del suolo.

Durante il processo di infiltrazione si ha una risposta del suolo ad un aumento graduale del fenomeno di saturazione che limita in modo progressivo il valore dell'infiltrazione. Tale processo segue un andamento esponenziale solo se la superficie in esame viene alimentata da acqua in quantità sovrabbondante, in tal caso la funzione che descrive i modelli di Horton rappresenta anche la capacità di infiltrazione²² del terreno espressa per ogni istante.

Si può ricadere anche nella casistica opposta, ovvero quando l'irrigazione del terreno (adacquamento) risulta essere inferiore rispetto alla capacità di infiltrazione, in questo caso la portata di acqua disponibile può essere infiltrata senza criticità.

Il modello di Horton permette di valutare l'infiltrazione della pioggia nel suolo e il deflusso superficiale per differenza con la precipitazione totale. È un modello che descrive il reale processo fisico se si valuta l'infiltrazione diffusa su una superficie, come nel caso di valutazione dell'infiltrazione per pavimenti e coperture permeabili. Non fornisce valori altrettanto assimilabili alla realtà il caso di infiltrazione concentrata con relativo dimensionamento di opere quali "cunette, trincee d'infiltrazione, i pozzi disperdenti ed i bacini d'infiltrazione"; in tali casi sulla superficie insiste un determinato tirante idrico e il modello di Horton risulta cautelativo portando a sovradimensionare le opere di infiltrazione.

²² Massima infiltrazione che si può avere per l'istante temporale considerato.

Per l'attribuzione dei parametri della legge di Horton, f_c , f_0 e k , il Soil Conservation Service (SCS) (1956), propone dei valori per quattro classi di suoli con copertura erbosa di seguito descritti:

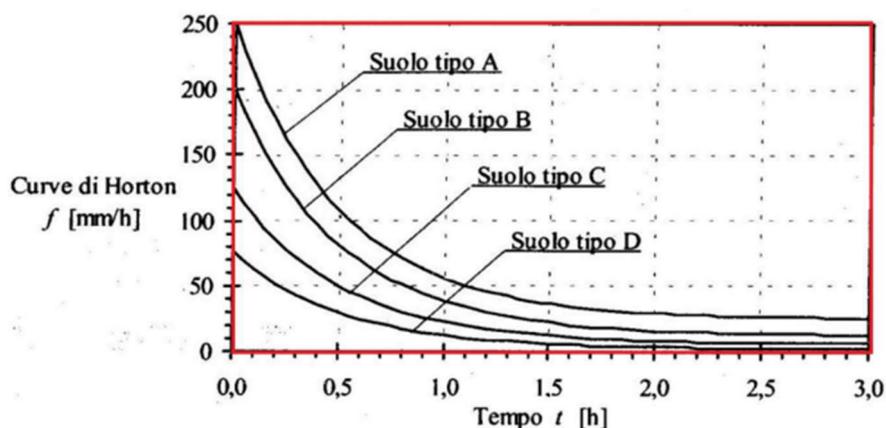


Figura 42: Diagramma dell'infiltrazione potenziale, per i vari Gruppi SCS (Fonte: STIMA DEL DEFLUSSO SUPERFICIALE TRAMITE IL MODELLO DI R. E. HORTON, Luigi Fanizzi - ECOACQUE®)

- Classe A: Scarsa potenzialità di deflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche 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 contenenti 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.

Classe suolo	f_0 [mm/ora]	f_c [mm/ora]	k [ore ⁻¹]
A	250	25.4	2
B	200	12.7	2
C	125	6.3	2
D	76	2.5	2

Tabella 40: - Parametri delle curve di Horton proposti dal SCS [1956]

Valori più prudentziali vengono forniti dall'American Society of Civil Engineers (1949), di seguito vengono riportati tali valori:

Tipo di suolo	f_0 [mm/ora]	f_c [mm/ora]	k [ore ⁻¹]
Suoli molto permeabili	117	17	5.34
Suoli mediamente permeabili	76	13	4.14
Suoli scarsamente permeabili	76	6	4.14

Tabella 41: Valori dei parametri d'infiltrazione di Horton consigliati dal manuale ASCE (da Artina et. al., 1997) (Fonte: QUADERNI CSEI Catania, INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA)

I valori asintotici f_C che vengono forniti dalle tabelle risultano notevolmente inferiori rispetto a quelli che si possono raggiungere in caso di piogge intense, si precisa che in tali casi si possono raggiungere valori anche superiori a 200 mm/ora. In tali casi, i terreni di origine naturale non hanno una capacità di infiltrazione così elevata e questo presuppone che l'infiltrazione debba essere accompagnata e affiancata da opere di laminazione che consentano di accumulare temporaneamente le portate che non riescono ad essere scaricate e di strati filtranti opportunamente progettati. Tali opere e sistemi dovranno essere dimensionati anche in funzione delle caratteristiche dei suoli presenti e secondo le indicazioni della letteratura.

Oltre alle specifiche caratteristiche del sito e del terreno (natura del terreno ed eventuali dreni artificiali), per il dimensionamento dei sistemi di infiltrazione si deve tenere conto anche della capacità filtrante massima che viene indicata con f_C . Tale fattore è legato a:

- presenza di una falda o di strati impermeabili a debole profondità;
- progressiva riduzione della capacità di infiltrazione provocata dall'occlusione indotta dalle sostanze solide trasportate dalle acque meteoriche e dallo sviluppo di biomasse adese alle particelle del terreno.

In seguito a interventi di varia tipologia, può risultare difficoltoso il ripristino della capacità di infiltrazione. Questo avviene in modo particolare se le strutture sono state progettate per un singolo lotto perché sono di piccola dimensione e molto diffuse. A tali considerazioni si può aggiungere una gestione caratterizzata da scarsa affidabilità che potrebbe portare ad una riduzione della capacità di infiltrazione e/o vanificare rapidamente gli effetti favorevoli delle strutture di infiltrazione progettate.

Si deve porre particolare attenzione alla problematica dell'inquinamento dell'acqua meteorica contenente carichi inquinanti, pertanto gli strati filtrante e superficiale della struttura devono essere in grado di trattenere una quantità significativa di inquinanti per adsorbimento. Tale risultato può essere ottenuto anche realizzando aree verdi filtranti con specie vegetali che agevolano il processo.

Inoltre, si deve prevedere un piano di manutenzione ordinaria e straordinaria che costituiscono uno strumento di fondamentale efficacia per la gestione delle strutture di infiltrazione per permettere di mantenere la loro efficienza nel tempo.

Per l'area Tabasso (sito oggetto di studio) di è proceduto con l'analisi dell'infiltrazione secondo il modello di Horton ipotizzando un suolo scarsamente permeabile a favore di sicurezza (tabella 41) e andando ad utilizzare in input i seguenti dati:

$$f_0 = 76 \text{ mm/ora}, f_C = 6 \text{ mm/ora} \text{ e } k = 4.41 \text{ ore}^{-1}.$$

Per gli istanti considerati (riportati nella seguente tabella), sono stati ottenuti i valori che seguono:

t [ore]	f(t) [mm/ora]
0,00	88,00
0,50	16,35
1,00	7,31
1,50	6,16
2,00	6,02
2,50	6,00
3,00	6,00
3,50	6,00
4,00	6,00
4,50	6,00
5,00	6,00
5,50	6,00
6,00	6,00

Tabella 42: Valori modello di Horton

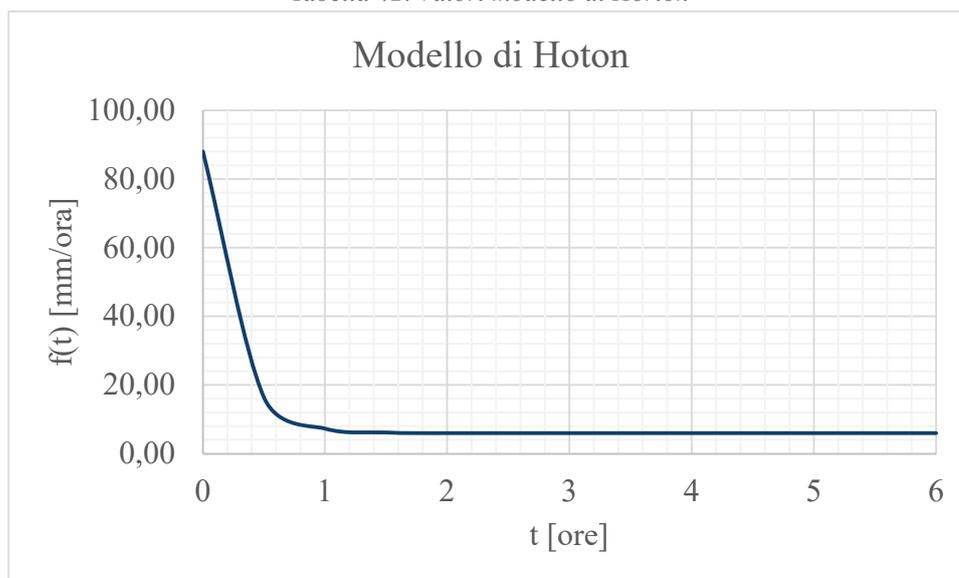


Grafico 14: Modello di Horton

Come già specificato, per la verifica e l'analisi del tempo necessario per l'infiltrazione dell'acqua nel terreno è opportuno riferirsi al valore asintotico che si mantiene costante sino alla saturazione del terreno piuttosto che considerare il valore massimo che permane per qualche istante e poi diminuisce. Inoltre si deve tenere in considerazione il fatto che l'evento meteorico può avvenire anche in seguito a piogge che hanno già contribuito alla saturazione del suolo. L'applicazione dei risultati del modello di Horton è possibile solo a condizione che l'intensità dell'evento meteorico sia almeno pari al valore $f(t)$, quindi in caso di pioggia molto debole le considerazioni qui riportate sono da considerarsi non valide.

Sulla base di tali ipotesi nel paragrafo dedicato alla progettazione dei bacini di laminazione verrà utilizzato un valore pari a 6 mm/ora per il calcolo del tempo che il bacino impiega ad infiltrare l'acqua stagnante.

4.4.4 Laminazione dell'acqua piovana

Con *laminazione* si intende il processo attraverso il quale l'onda di piena, generata dal deflusso superficiale che segue un evento di precipitazione (in particolare eventi di notevole intensità), viene mitigata, almeno parzialmente, dall'immagazzinamento temporaneo delle acque che caratterizzano il volume di piena. L'acqua immagazzinata verrà lentamente rilasciata, quindi i volumi idrici legati agli eventi meteorologici vengono restituiti al ricevitore finale con una portata ridotta, compatibile con le dimensioni delle strutture esistenti.

Al fine di realizzare la laminazione si rende necessaria la realizzazione di una capacità di invaso prima dell'immissione della rete di drenaggio che in genere è posizionata a valle dell'area oggetto di intervento di trasformazione.

Prendendo come riferimento il Regolamento della regione Lombardia, possiamo dimensionare l'invaso di laminazione attraverso le seguenti equazioni. L'obiettivo è quello di computare l'idrogramma uscente dalla bocca o dalle bocche di scarico dell'invaso, indicato con $Q_u(t)$, e di andare a verificare il rispetto del valore della massima portata ammissibile nel caso in esame e del tempo massimo di svuotamento.

Considerando un invaso di tipo statico, è possibile identificare 3 fattori che influiscono sull'effetto della laminazione:

- massimo volume che l'invaso può contenere;
- geometria dell'invaso;
- caratteristiche delle opere di scarico.

Il processo di laminazione può essere descritto nel tempo attraverso il seguente sistema di equazioni:

- equazione differenziale di continuità

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt} \quad (6.13)$$

- legge di efflusso che governa le opere preposte allo scarico dell'invaso o in generale allo svuotamento dell'invaso

$$Q_u(t) = Q_u[H(t)] \quad (6.14)$$

- curva d'invaso, esprime il legame geometrico tra il volume invasato ed il battente idrico H nell'invaso

$$W = W[H(t)] \quad (6.15)$$

I termini presenti nel sistema di equazioni sono:

- $Q_e(t)$ è la portata entrante;
- $Q_u(t)$ è la portata complessivamente uscente dall'insieme delle opere di scarico e/o di infiltrazione e/o riuso;
- $W(t)$ è il volume invaso;
- $H(t)$ è il battente idrico dell'invaso.

Se si prende in considerazione, ad esempio, un invaso in linea è possibile prendere come riferimento il seguente grafico per capire quale sia l'effetto della laminazione nel tempo.

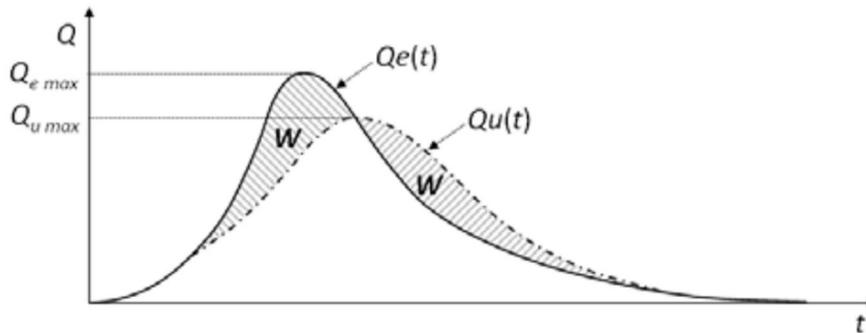


Figura 43: Rappresentazione schematica del processo di laminazione di un invaso in linea
(Fonte: Bollettino Ufficiale Regione Lombardia, 2017)

Il grafico riporta le onde entranti e uscenti in funzione del tempo, da questo si può desumere il massimo volume dell'invaso necessario W_{max} , corrispondente all'area compresa tra le due curve, fino al raggiungimento della massima portata uscente indicata con $Q_{u,max}$. L'effetto della laminazione consiste dunque nella riduzione sia della portata al colmo uscente $Q_{u,max}$ rispetto alla massima portata entrante $Q_{e,max}$, sia nello sfasamento temporale tra i due colmi con un rallentamento complessivo della piena uscente rispetto quella entrante (si tratta di uno degli obiettivi della progettazione in oggetto).

In alternativa alla risoluzione del sistema di equazioni appena descritto tramite integrazione numerica, per il dimensionamento dell'invaso si può ricorrere ai metodi semplificati di seguito riportati:

4.4.4.1 Laminazione ottimale

Secondo il Regolamento della regione Lombardia, con *laminazione ottimale* si intende la laminazione che si ottiene quando la portata uscente è costante durante la fase di colmo. Attribuendo il valore $Q_{u,max}$, esso deve essere mantenuto costante e pari alla portata uscente. Si evince che è minimo il volume di laminazione W_0 necessario; ovvero, a parità di volume di invaso disponibile W_0 , è minimo il conseguente valore di $Q_{u,max}$ ottenendosi così il massimo effetto di laminazione.

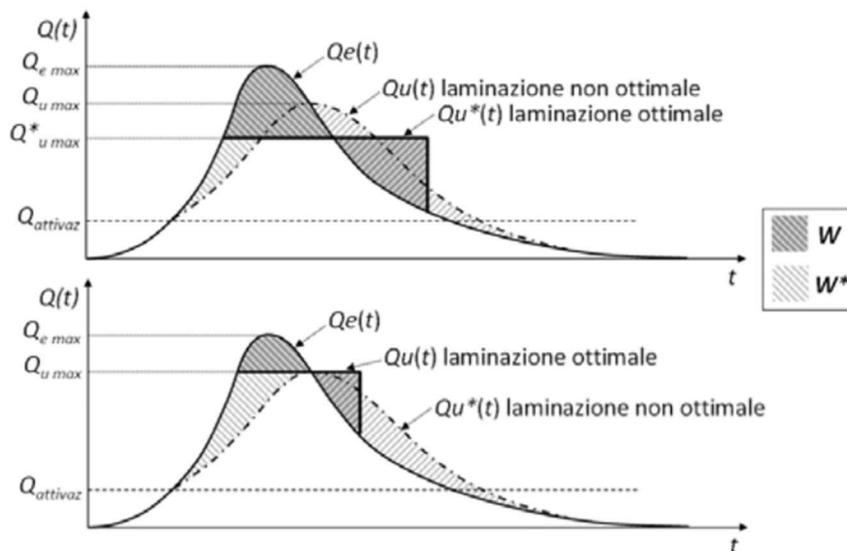


Figura 44: Laminazione ottimale a parità di volume invaso W (sopra) e a parità di portata uscente massima $Q_{u,max}$ (Fonte: Bollettino Ufficiale Regione Lombardia, 2017)

Tale meccanismo di regolazione (teorico), può essere raggiunto in modo approssimato quando l'uscita è governata da impianti di sollevamento con portata $Q_{u,max}$ con automatismi di regolazione degli scarichi (ad esempio regolatori di portata che modificano la luce d'efflusso in funzione del battente in modo da mantenere costante la portata uscente $Q_{u,max}$).

Ipotizzando di applicare il metodo della laminazione ottimale ad un invaso fuori linea di un dispositivo limitatore di portata dimensionato, si vuole lasciar defluire a valle della sezione di controllo una portata non superiore a $Q_{u,max}$ e immettere la portata in eccesso nell'invaso e che regoli la portata in uscita dall'invaso in modo che non superi la portata $Q_{u,max}$.

Qualora la portata di afflusso $Q_e(t)$ raggiunga un valore pari a $Q_{u,max}$, ovvero il valore che non deve essere superato, il dispositivo limitatore posto alla sezione di controllo devia la portata in eccesso nell'invaso posizionato fuori linea che svolge la funzione di accumulatore. Alla luce di queste ipotesi a valle della sezione viene lasciata defluire una portata pari al valore massimo $Q_{u,max}$ fino a quando viene verificata la relazione $Q_u(t) > Q_{u,max}$.

4.4.4.2 Metodo delle sole piogge

Il *metodo delle sole piogge* o *delle portate costanti* è applicabile solo se la superficie scolante è omogenea, il metodo si basa sulle assunzioni di seguito riportate.

- L'invaso deve essere in linea.
- La portata entrante nell'invaso di laminazione si suppone che sia costante e pari a:

$$Q_e = S * \varphi * a * D^{n-1} \quad (4.16)$$

Dove:

S superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso;

φ il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino medesimo calcolabile con i valori standard esposti nell'articolo 11, comma 2, lettera d) del regolamento;

$S * \varphi$ è la superficie scolante impermeabile dell'intervento;

D durata della pioggia;

$a = a_1 * w_T$ e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica²³.

Nella relazione sopra riportata risulta che la curva di possibilità pluviometrica sia valida per l'area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia e, per ottenere la portata entrante, venga moltiplicata per la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso; con questa assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all'invaso. Conseguentemente l'onda entrante nell'invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Il volume di pioggia complessivamente entrante risulta essere pari a:

$$W_e = S * \varphi * a * D^n. \quad (4.17)$$

- L'onda uscente dall'invaso si suppone che sia costante e pari ad un valore limite che corrisponde alla laminazione ottimale:

$$Q_{u,lim} = S * u_{lim}. \quad (4.18)$$

²³ I dati inerenti a tale curva verranno presi dal sito di Arpa Piemonte.

Di conseguenza, il volume complessivamente uscito nel corso della durata D dell'evento è pari a:

$$W_u = S * u_{lim} * D \quad (4.19)$$

Dove:

u_{lim} è la portata specifica limite ammissibile allo scarico, secondo quanto riportato all'articolo 8 comma 1 del regolamento della Regione Lombardia;

S superficie scolante impermeabile;

D durata della precipitazione.

Le ipotesi semplificative riportate permettono di ricavare il volume di laminazione in funzione della durata di pioggia considerata come differenza tra volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente.

Il volume di dimensionamento della vasca è pari al *volume critico di laminazione* (W_0), cioè quello calcolato per l'evento di *durata critica* (D_w) che rende massimo il volume di laminazione, e si ottiene considerando il volume massimo che deve essere trattenuto al termine dell'evento di durata generica:

$$\Delta W = W_e - W_u = S * \varphi * a * D^n - S * u_{lim} * D \quad (4.20)$$

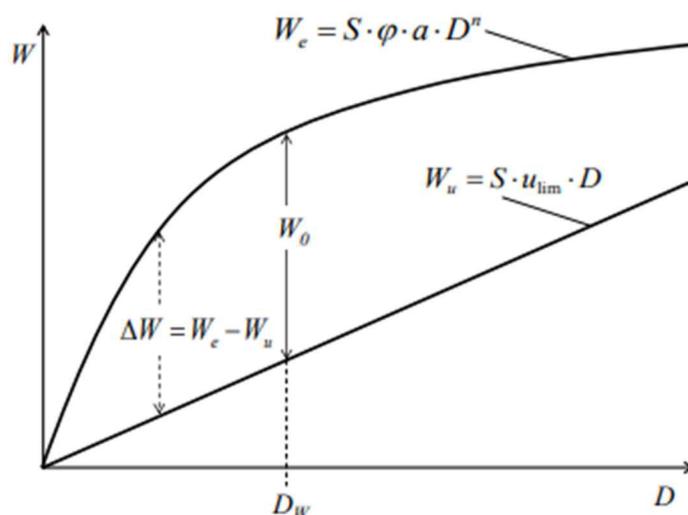


Figura 45: Individuazione con il metodo delle sole piogge dell'evento critico D_w e del corrispondente volume W_0 (Fonte: Bollettino Ufficiale Regione Lombardia, 2017)

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando rispetto alla durata D la differenza $\Delta W = W_e - W_u$, si ricava la durata critica D_w per l'invaso di laminazione e di conseguenza il volume di laminazione W_0 :

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{2.78 * S * \varphi * a * n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (4.21)$$

$$W_0 = 10 * S * \varphi * a * D_w^n - 3.6 * Q_{u,lim} * D_w \quad (4.22)$$

Dove i vari termini devono essere espressi con le seguenti unità di misura: W_0 [m^3], S [ha], a [mm/ora^n], D_w [ore], $Q_{u,lim}$ [l/s].

Per l'area Tabasso, oggetto di analisi, il Metodo delle sole piogge è stato utilizzato per dimensionare i due bacini di laminazione ipotizzati. Tale progettazione è stata frutto di alcune ipotesi: si prevede che in caso di evento eccezionale e di forte intensità i due serbatoi per la raccolta delle acque piovane siano al massimo della loro capienza e quindi tutta l'acqua derivante da tale evento dovrà essere convogliata nelle opere oggetto di dimensionamento.

La normativa della Regione Lombardia sancisce dei limiti di utilizzo del Metodo della sole piogge che fornisce una stima del volume dell'invaso basandosi sulla conoscenza della curva di possibilità pluviometrica e sulla portata massima in uscita che si ipotizza costante nel tempo.

Si procede con la verifica dell'applicabilità di tale metodo all'area oggetto di analisi, si farà riferimento all'articolo 9 del Regolamento della regione Lombardia che fornisce la seguente tabella:

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSANTA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)		
			Aree A,B	Aree C	
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,01$ ha (≤ 100 m ²)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da $> 0,01$ a $\leq 0,1$ ha (≤ 1.000 m ²)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da $> 0,01$ a $\leq 0,1$ ha (≤ 1.000 m ²)	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da $> 0,1$ a ≤ 1 ha (da > 1.000 m ² a ≤ 10.000 m ²)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 m ² a ≤ 100.000 m ²)	$\leq 0,4$		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 m ² a ≤ 100.000 m ²)	$> 0,4$	Procedura dettagliata (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	
		> 10 ha (> 100.000 m ²)	qualsiasi		

Tabella 43: Modalità di calcolo (Fonte: Bollettino Ufficiale Regione Lombardia, 2017)

	Superficie interessata dall'intervento [m ²]	Coefficiente di deflusso medio ponderale [-]
Piazza superiore	3482,56	0,41
Piazza intermedia e inferiore con relative aree di raccolta	3518,80	0,81

Tabella 44: Classificazione dell'intervento

L'area oggetto di intervento è stata suddivisa secondo quanto riportato nella Tabella 44 dalla quale si evince che ciascuna delle superfici interessate siano comprese tra 1 e 10 ettari e si ha un coefficiente superiore a 0,4, pertanto secondo quanto riportato nella tabella contenuta nella

tabella 43 è applicabile il metodo delle sole piogge²⁴. Dunque verrà utilizzato il suddetto metodo per il dimensionamento delle due vasche di laminazione.

I dati inerenti alla curva di possibilità pluviometrica sono stati presi dal sito di Arpa Piemonte considerando una distribuzione GEV per la città di Chieri, nella quale il sito in oggetto è ubicato, e sono quelli che seguono: $n = 0,23 [-]$ e $a = 28,99 \text{ mm/ora}^n$.

Inoltre, per il calcolo della portata in uscita l'Articolo 8, comma 1, del Regolamento della regione Lombardia (aggiornato al 2019) riporta la portata specifica limite ammissibile dallo scarico pari a $u_{lim} = 20 \text{ l}/(s * ha)$.

Considerando la suddivisione riportata nella tabella 45, si procederà con il calcolo delle dimensioni di due differenti bacini di laminazione come riportato di seguito. Come già esplicitato, si procederà con il dimensionamento di due differenti bacini, invece che uno unico, per motivazioni strettamente legate alla direzione del deflusso dell'acqua.

Spazi:	Superficie [m ²]	Coefficiente di deflusso [-]	Area impermeabile [m ²]
Piazza superiore - aree verdi	2493,437	0,3	748,03
Piazza superiore - Pavimentazione	989,123	0,7	692,39
Totale	3482,56	0,41	1440,42

Tabella 45: Superfici e coefficienti di deflusso considerati per il bacino di laminazione 1

Durata [ora]	Qe [l/s]	We [m ³]	Qu,lim [l/s]	Wu [m ³]	ΔW [m ³]
0,0	0,00	0,00	2,88	0,00	0,00
0,5	19,78	35,60	2,88	5,19	30,42
1,0	11,60	41,76	2,88	10,37	31,39
1,5	8,49	45,84	2,88	15,56	30,28
2,0	6,80	48,97	2,88	20,74	28,23
2,5	5,73	51,55	2,88	25,93	25,63
3,0	4,98	53,76	2,88	31,11	22,65
3,5	4,42	55,70	2,88	36,30	19,40
4,0	3,99	57,44	2,88	41,48	15,96
4,5	3,64	59,02	2,88	46,67	12,35
5,0	3,36	60,46	2,88	51,86	8,61
5,5	3,12	61,80	2,88	57,04	4,76
6,0	2,92	63,05	2,88	62,23	0,83

Tabella 46: Volumi in ingresso e in uscita dal bacino di laminazione 1

²⁴ Le aree di interesse sono da considerarsi ambiti territoriali B secondo quanto si evince dall'Articolo 7 del Regolamento della Regione Lombardia (2017).

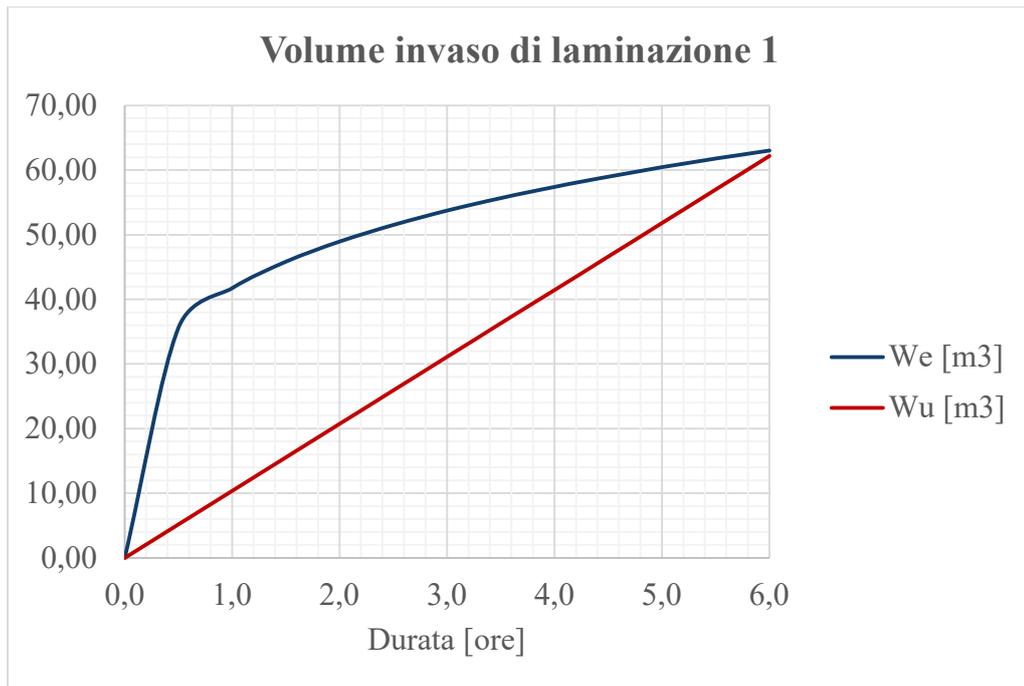


Grafico 15: Volumi in ingresso e in uscita dal bacino di laminazione 1

Utilizzando le relazioni (4.18), (4.21) e (4.22) si procede alla determinazione della massima portata che può essere scaricato in fognatura in funzione della superficie, la durata critica e il volume dell'invaso di laminazione per il primo bacino preso in considerazione.

$$Q_{u,lim} = 1440,42 * 10^{-4} * 20 = 2,88 \text{ l/s}$$

$$D_w = \left(\frac{2,88}{2,78 * 3482,56 * 10^{-4} * 0,41 * 28,99 * 0,23} \right)^{\frac{1}{0,23-1}} = 0,896 \text{ ore}$$

$$W_0 = 10 * 3482,56 * 10^{-4} * 0,41 * 28,99 * 0,896^{0,23} - 3,6 * 2,88 * 0,896 = 31,04 \text{ m}^3$$

Pertanto, il volume previsto per il primo bacino di laminazione è pari a 31,04 m³.

Si ripete il procedimento per procedere al dimensionamento del secondo bacino di laminazione.

Spazi:	Superficie [m²]	Coefficiente di deflusso [-]	Area impermeabile [m²]
Spazi museali	545	1,0	545,00
Giardino pensile	113,3	0,3	33,99
Terrazzi	222	1,0	222,00
Ostello e spazi comuni	493	1,0	493,00
Servizi sociali	150	1,0	150,00
Corte interna	186,4	1,0	186,40
Piazza intermedia - Aree verdi	16,88	0,3	5,06
	7,40	0,3	2,22
	5,62	0,3	1,69
	31,00	0,3	9,30
	31,64	0,3	9,49
Piazza intermedia - Copertura in grigliato	33,25	0,0	0,00
Piazza intermedia - Pavimentazione piazzale (in ciottoli)	636,01	0,7	445,21
Piazza inferiore	570,50	0,7	399,35
Percorsi (rampe e vicoli)	476,80	0,7	333,76
Totale	3518,80	0,8	2836,47

Tabella 47: Superfici e coefficienti di deflusso considerati per il bacino di laminazione 2

Durata [ora]	Qe [l/s]	We [m³]	Qu,lim [l/s]	Wu [m³]	ΔW [m³]
0,0	0,00	0,00	5,67	0,00	0,00
0,5	38,95	70,11	5,67	10,21	59,90
1,0	22,84	82,23	5,67	20,42	61,81
1,5	16,72	90,27	5,67	30,63	59,63
2,0	13,39	96,44	5,67	40,85	55,60
2,5	11,28	101,52	5,67	51,06	50,46
3,0	9,80	105,87	5,67	61,27	44,60
3,5	8,71	109,69	5,67	71,48	38,21
4,0	7,85	113,11	5,67	81,69	31,42
4,5	7,17	116,22	5,67	91,90	24,31
5,0	6,61	119,07	5,67	102,11	16,95
5,5	6,15	121,71	5,67	112,32	9,38
6,0	5,75	124,17	5,67	122,54	1,63

Tabella 48: Volumi in ingresso e in uscita dal bacino di laminazione 2

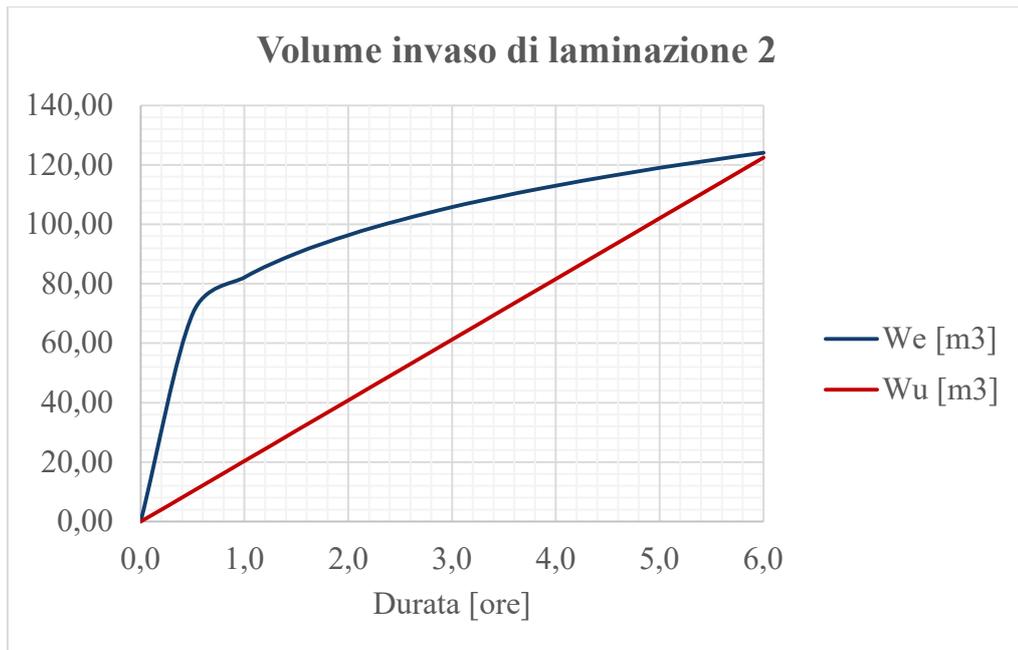


Grafico 16: Volumi in ingresso e in uscita dal bacino di laminazione 2

Ripetendo il ragionamento utilizzato per il primo bacino di laminazione, si procede alla determinazione della massima portata che può essere scaricato in fognatura in funzione della superficie, la durata critica e il volume del secondo invaso di laminazione utilizzando le relazioni (4.18), (4.21) e (4.22):

$$Q_{u,lim} = 3518,80 * 10^{-4} * 20 = 5,67 \text{ l/s}$$

$$D_w = \left(\frac{2,88}{2,78 * 34518,80 * 10^{-4} * 0,81 * 28,99 * 0,23} \right)^{\frac{1}{0,23-1}} = 0,906 \text{ ore}$$

$$W_0 = 10 * 34518,80 * 10^{-4} * 0,81 * 28,99 * 0,906^{0,23} - 3,6 * 5,67 * 0,906 = 61,88 \text{ m}^3$$

4.4.5 Classificazione delle opere di invarianza idraulica e idrologica

Per il raggiungimento dell'invarianza idraulica e idrologica, si possono intraprendere differenti approcci per ridurre gli impatti delle piene in ambito urbano.

È possibile prevedere un approccio basato sulle sole opere di laminazione con la realizzazione di canalizzazioni fognarie e di tutte le infrastrutture ad esse connesse, mentre un secondo approccio prevede l'unione di processi di ritenzione e recupero abbinati alla laminazione. La letteratura definisce questi ultimi come *Sustainable Urban Drainage Systems* (SUDS), si tratta di Sistemi di Drenaggio Urbano Sostenibili che consiste in un insieme di sistemi per il controllo dei deflussi in ambito urbano utilizzando metodologie più sostenibili rispetto a quelle utilizzate in un approccio tradizionale. Alla base vi è l'utilizzo di sistemi di drenaggio realizzati secondo sistemi naturali che possano riprodurre soluzioni economiche e al tempo stesso sostenibili. Tutto ciò viene realizzato attraverso sistemi di raccolta e successivo rilascio dell'acqua in modo graduale, per evitare il sovraccarico di sistemi fognari e dei corsi d'acqua.

Le opere per il raggiungimento dell'invarianza idraulica e idrologica non prevedono la realizzazione di un solo componente, ma un sistema interconnesso progettato per gestire, trattare e utilizzare al meglio l'acqua disponibile superficialmente in sostituzione di quella potabile.

In base alla funzione delle opere per i sistemi di drenaggio sostenibile, si possono avere le seguenti categorie di sistemi:

- *di raccolta dell'acqua piovana*, ovvero tutti i sistemi che permettono di catturare l'acqua piovana per il suo stoccaggio;
- *di superfici permeabili*, si tratta di stratigrafie delle strutture orizzontali esposte alla pioggia che permettono la riduzione del deflusso superficiale, in tal modo si agevola la raccolta dell'acqua;
- *di infiltrazione* che permettono e agevolano l'ingresso dell'acqua negli strati della pavimentazione, della copertura o dell'area verde, inoltre possono avere la funzione di deposito temporaneo per i volumi di deflusso superficiale;
- *di convogliamento*: indirizzano i flussi di acqua verso i punti di raccolta e immagazzinamento;
- *di immagazzinamento*, ovvero punti di stoccaggio dell'acqua per un successivo utilizzo;
- *di trattamento* che permettono la rimozione di agenti contaminanti che potrebbero essere presenti nel deflusso superficiale (ad esempio oli lasciati dalle auto).

Di seguito si presentano le opere che possono essere realizzate per il raggiungimento dell'invarianza idraulica che possono essere suddivise in tre categorie: opere per l'infiltrazione, per la laminazione e per il recupero.

4.4.5.1 Opere per la laminazione

Sono le strutture maggiormente utilizzate per ridurre i picchi delle portate di piena. Non vi è una soluzione unica, ma si può ricorrere a differenti strutture tra quelle che verranno di seguito riportate.

Le opere di laminazione possono essere classificate sulla base di differenti criteri, di seguito si riportano i raggruppamenti:

funzione assorbita	
DETTENZIONE	RITENZIONE
I deflussi vengono in parte o totalmente invasati e contemporaneamente rilasciati mediante gli scarichi nel sistema di drenaggio di valle, compatibilmente con la portata limite;	I deflussi vengono in parte o totalmente invasati per un lungo periodo e successivamente rilasciati mediante infiltrazione, evaporazione o riuso;
posizione rispetto alla rete drenante	
TRANSITO (in linea)	CATTURA (fuori linea)
I deflussi derivanti dall'area scolante entrano direttamente nell'invaso e al tempo stesso escono dallo stesso passando attraverso una o più bocche di scarico a valle, secondo la portata limite;	L'invaso è posto in derivazione rispetto al condotto o canale convogliante i deflussi derivanti dall'area scolante, in questo caso viene interessato solo per portate in arrivo maggiori di un valore di soglia prefissato;
posizione rispetto al piano campagna	
SUPERFICIALE	SOTTERRANEA
Aree aperte già esistenti o adattate o appositamente sbancate per la laminazione, visibili dall'esterno e almeno in parte destinabili ad altre finalità nei periodi di asciutta. Possono essere aree naturali o artificiali o miste. Lo scarico può avvenire anche per infiltrazione.	Serbatoi chiusi (anche prefabbricati) posizionati al di sotto del piano campagna e non visibili dall'esterno. La funzione da essi assolta è quella di laminazione (detenzione o ritenzione), a volte può essere previsto il trattamento delle acque.

Tabella 49: Classificazione opere di laminazione

Il metodo probabilmente più semplice per far fronte ad eventi meteorologici intensi risulta essere il *sovradimensionamento delle tubazioni* che compongono la rete fognaria in modo che essa possa ricevere anche l'acqua proveniente da eventi meteorologici eccezionali evitando l'accumulo. Questa metodologia può risultare efficace se si agisce sulla rete principale alla quale sono collegate le diramazioni che allacciano i vari siti ed edifici; ma il ragionamento è completamente differente se si sta agendo a livello di singolo lotto e si sta sovradimensionando la rete mentre quella principale non è soggetta a incremento della portata. In questo ultimo caso non si raggiunge l'obiettivo posto, si ha dunque la necessità di aggiungere un corpo che stocchi temporaneamente l'acqua che la rete principale non può recepire.

Un'altra soluzione è caratterizzata dai *bacini di detenzione*, spazi verdi poco profondi realizzati per lo stoccaggio superficiale e temporaneo delle acque meteoriche. Sono sistemi realizzati per la regolarizzazione del flusso superficiale e permettono la sedimentazione dell'acqua di prima pioggia (quindi svolgono anche una funzione di filtraggio).

Tali bacini possono essere semplici aree di stoccaggio che non effettuano alcun tipo di trattamento all'acqua inquinata e depressioni vegetate che possono depurare l'acqua quando deve gestire flussi regolari.

La metodologia della *vasca di laminazione*, o vasche volano, permette la regolazione del flusso della pioggia che viene scaricato in fognatura. In particolare (come già citato) si riduce il picco e si distribuisce la portata in modo più uniforme nel tempo.

I manufatti in oggetto sono caratterizzati da pareti impermeabili e possono anche essere formati da più vasche prefabbricate oppure da tubazioni di grande diametro che vengono interrate nel sito di interesse.

In alternativa alle pareti impermeabili si possono avere vasche con pareti verdi, ovvero invasi che sfruttano sia il processo di laminazione che quello di infiltrazione riducendo le dimensioni degli invasi e risultando meno impattanti a livello urbanistico ed estetico.

Qualora il bacino fosse vegetato, il suolo è in grado di assorbire parte del flusso agendo anche dal punto di vista degli agenti inquinanti, infatti effettuano la rimozione di sedimenti, materiali galleggianti, metalli pesanti e tossici.

Inoltre, tali bacini possono essere anche utilizzati come strutture ricreative oppure per altri servizi, inoltre è possibile mantenere una porzione di bacino asciutta realizzando una zona depressa all'interno del bacino per poter contenere eventi meteorologici di minore entità.

Le opere di detenzione possono essere di due tipologie:

- sistemi "online" quando il deflusso superficiale di un evento non straordinario viene instradato in un bacino con portata in uscita limitata, mentre in caso di eventi di maggiore importanza fornisce la possibilità di stoccaggio e attenuazione del flusso di acqua piovana;
- sistemi "offline" quando in caso di superamento di una soglia specifica viene deviato in bacini che sono generalmente adibiti a parco, aree ricreative o aree facenti parte di un contesto urbano.

Infine, per la realizzazione di suddetti bacini, è necessario controllare che la falda non interferisca perché potrebbe ridurre la capacità di stoccaggio o contaminare le acque sotterranee.



Figura 46: Water Square Benthemplein nella città di Rotterdam (FONTE: <https://www.publicspace.org>)



Figura 47: Tanner Springs Park, Portland (USA)
(FONTE: <http://www.irdra.eu>)

In Italia non sono ancora presenti esempi di opere di detenzione, ma alcuni comuni si stanno già attivando in quella direzione con l'obiettivo di alleggerire il carico sugli impianti fognari esistenti. Si riporta l'esempio della riqualificazione ambientale della piazza di Via Vismara ad Agrate Brianza, attualmente in fase di progettazione; si tratta infatti di un intervento di riqualificazione che prevede una locale gestione dell'acqua piovana attraverso un sistema di allagamento temporaneo e attraverso sistemi di drenaggio urbano.

Le *aree di bioritenzione* sono leggere depressioni del suolo generalmente ricoperte dal verde realizzate per la raccolta e la filtrazione delle acque meteoriche.

Questi sistemi permettono il filtraggio e la depurazione atti alla rimozione dei principali inquinanti.

In questa categoria di opere rientrano i rain garden, ovvero aree verdi in grado di riempirsi in caso di eventi eccezionali e poi rilasciare lentamente l'acqua accumulata attraverso l'infiltrazione nel suolo. In letteratura i dati ci dicono che il tempo di svuotamento varia tra le 24 e le 72 ore, mentre la normativa della regione Lombardia impone un massimo di 48 ore.

A seconda delle condizioni del suolo e della capacità di infiltrazione, i rain garden possono essere realizzati con o senza un sistema di drenaggio, con un sistema di drenaggio sotterraneo oppure con un rivestimento impermeabile che consente la sola infiltrazione.

Sulla base della quantità di acqua che si può infiltrare nel sottosuolo si può determinare la permeabilità dello stesso e, di conseguenza, classificarlo secondo le seguenti categorie:

- suoli con tasso di infiltrazione superiore a 30 mm/h, essi non portano problemi per quanto concerne l'infiltrazione nel sottosuolo di tutta l'acqua, ma si deve prevedere un tubo di drenaggio in caso di "troppo pieno";
- suoli con tasso di infiltrazione compreso tra 15 e 30 mm/h, in tal caso è opportuno aggiungere uno strato drenante sotto il substrato;
- suoli con tasso di infiltrazione compreso inferiore a 15 mm/h, si deve prevedere il posizionamento di tubi di drenaggio nello strato superiore dello strato drenante.

4.4.5.2 Opere per l'infiltrazione

Esistono differenti tipologie di sistemi per il drenaggio a livello urbano che permettono e facilitano l'infiltrazione delle acque meteoriche. Le soluzioni più diffuse sono trincee infiltranti, dreni filtranti, canali vegetati, box alberati filtranti. A questi si aggiungono le pavimentazioni permeabili e i tetti verdi che affidano il loro funzionamento principalmente

all'evapotraspirazione. Tutte queste opere vengono realizzate al fine di ridurre il deflusso superficiale per il raggiungimento degli obiettivi legati all'invarianza idraulica e idrologica in ambito urbano.

Le *trincee infiltranti* sono degli scavi in trincea, si tratta dunque di opere lineari caratterizzate da una sezione rettangolare che vengono riempite con materiale inerte caratterizzato da elevata permeabilità, in genere sabbia o ghiaia. L'obiettivo delle opere in oggetto è quello di favorire l'infiltrazione dei volumi di acqua runoff attraverso lo strato più esterno. Il volume di acqua assorbito viene poi filtrato negli strati sottostanti. L'acqua viene infiltrata sino alla base della trincea dove viene collocato un tubo dreno per portare via il liquido, mentre per evitare l'intasamento dell'elemento drenante si riveste lo scavo della trincea con strati di geotessuto. Il dimensionamento dell'opera per l'infiltrazione deve essere fatto tenendo in considerazione la capacità filtrante del terreno, l'obiettivo è di filtrare tutta l'acqua nel terreno sottostante dalle 12 alle 24 ore dopo l'evento meteorico.

Questa tipologia di struttura non è adatta a lotti con dimensione superiore ai 2 ettari, ma permette di limitare le attività di manutenzione garantendo discrete rese depurative. Il principale svantaggio è la perdita di efficacia nel tempo a causa dell'intasamento dovuto ai detriti (nonostante sia presente il geotessuto), la bassa capacità di laminazione caratterizza l'opera.

Una soluzione analoga alle trincee infiltranti è costituita dai *dreni filtranti*, ovvero delle trincee riempite di ghiaia e circondate da tessuto non tessuto che permettono la raccolta e lo stoccaggio temporaneo dall'acqua. A seconda delle casistiche si può verificare la successiva infiltrazione del suolo, condizione che si può riscontrare a seconda delle caratteristiche geotecniche del terreno. L'acqua raccolta viene filtrata nel sottosuolo e convogliata verso la fognatura oppure verso sistemi come aree di bioritenzione, bacini di detenzione o stagni e zone umide.

Anche i dreni filtranti come i sistemi precedenti richiedono poca manutenzione, ma al tempo stesso hanno una scarsa capacità di laminazione e potrebbero intasarsi nel caso in cui siano situati in aree con elevato trasporto di materiale sabbioso. In ogni caso, si deve prevedere una tubazione che permetta di smaltire l'acqua in caso di piena.

Un'altra soluzione riguarda la realizzazione di *canali vegetati*, ovvero dei sistemi che permettono all'acqua di defluire lungo la lunghezza. L'erba presente in suddetti canali rallenta i flussi superficiali dell'acqua consentendo l'infiltrazione nel sottosuolo. In tal modo l'acqua trova anche un sistema di stoccaggio temporaneo.

I canali vegetati possono essere suddivisi in due tipologie:

- umidi, i quali prevedono uno strato di acqua permanente e sono caratterizzati da vegetazione ripariale, tipica delle reti fluviali;
- asciutti, in questo caso il suolo ha la funzione di filtro rispetto agli inquinanti sospesi e la loro rimozione è direttamente proporzionale al flusso che filtra attraverso il fondo del canale per poi convogliare le acque in superficie o verso un dreno.

Si tratta di sistemi che in ambiente urbano, in particolare nelle zone residenziali, possono provocare problemi correlati all'acqua stagnante, mentre i vantaggi collegati a questa tipologia di opera riguardano la diminuzione del volume di acque di dilavamento, la

rinaturalizzazione del contesto e l'efficacia nella rimozione dei sedimenti attraverso l'azione di filtraggio della vegetazione.



Figura 48: Sydney (Australia). Fonte: Gibelli G., 2015, Manuale di drenaggio urbano



Figura 49: L'Eco-boulevard e l'Arena dell'Acqua per il quartiere Lazzaretto di Bologna. Proposte progettuali di IRIDRA SRL per l'adattamento ai Cambiamenti Climatici del comune di Bologna nell'ambito dell'assistenza tecnica fornita ad Atkins per lo studio "Climate Change Adaptation and Resilient Cities" (finanziato dalla European Investment Bank -EIB). Proposte progettuali inserite nelle "Linee guida sull'adozione di tecniche di drenaggio urbano sostenibile per una città più resiliente ai cambiamenti climatici", una delle azioni del Piano di Adattamento al cambiamento climatico di Bologna, sviluppato nell'ambito del progetto Life BlueAp. (FONTE: <http://www.igidra.eu>)

Un'ulteriore soluzione proposta dalle Linee Guida SUDS, è caratterizzata da *box alberati filtranti*, ovvero delle soluzioni costituite da box interrati con il fondo chiuso o aperto in funzione della possibilità dell'acqua di potersi infiltrare nel terreno oppure no. All'interno del box si ha un insieme di substrati e di materiali con capacità filtrante per stoccare temporaneamente l'acqua.

Nel terreno sono innestate anche specie arboree resistenti a periodi di stress derivanti da periodi di secca e l'intero sistema permette anche la rimozione di sostanze inquinanti prima del rilascio dell'acqua in fognatura.

Segue il sistema realizzato attraverso *pavimentazioni permeabili* che attraverso superfici drenanti garantisce il deflusso delle acque meteoriche. La pavimentazione, caratterizzata ad esempio da ciottoli, è contraddistinta dalla presenza di vuoti o giunti che vengono riempiti da materiale permeabile come sabbia e ghiaia, in tal modo il sistema permette alle acque di

dilavamento di infiltrarsi. Le pavimentazioni permeabili riducono il fenomeno del ruscellamento superficiale, ricaricano le falde e facilitano anche la generazione di un microclima favorevole grazie anche al minore accumulo di calore.

Le pavimentazioni permeabili disponibili in commercio sono riportate nella tabella che segue.

<p>Masselli porosi, ovvero masselli in calcestruzzo con porosità prefissata per i quali si prevede il riempimento delle fughe con sabbia per consentire alla pavimentazione di acquisire proprietà permeabili.</p>	 <p><i>Figura 50: Masselli porosi (FONTE: Linee Guida SUDS)</i></p>
<p>Cubetti o masselli con fughe larghe inerbite, in questo caso gli elementi vengono distanziati per aumentare il giunto. La percentuale di verde può raggiungere anche il 35% e sono caratterizzate da carrabilità media.</p>	 <p><i>Figura 51: Cubetti o masselli con fughe larghe inerbite (FONTE: Linee Guida SUDS)</i></p>
<p>Grigliati in calcestruzzo inerbiti, sono blocchi in calcestruzzo a nido d'ape che possono essere riempiti con terreno ottenendo un rapporto vuoto/pieno anche fino al 40%. Questa tipologia di pavimentazione può essere utilizzata in zone di stallo o nei parcheggi, dove si hanno carichi medio-leggeri.</p>	 <p><i>Figura 52: Grigliati in calcestruzzo inerbiti (FONTE: Linee Guida SUDS)</i></p>
<p>Grigliati plastici inerbiti, ovvero grigliati realizzati con materie plastiche e riempiti di terreno. In questo caso la percentuale di verde può superare anche il 90%.</p>	 <p><i>Figura 53: Grigliati plastici inerbiti (FONTE: Linee Guida SUDS)</i></p>

Tabella 50: Tipologie di pavimentazioni permeabili

Tra i sistemi che permettono di ridurre il volume e la portata di deflusso superficiale generato dalle coperture degli edifici, si possono identificare i *tetti verdi*. Si tratta di superfici vegetate che vengono realizzate in cima agli edifici e intercettano trattenendo le acque meteoriche mediante il processo di infiltrazione, consentendo di ridurre il carico idraulico. Si hanno anche altri miglioramenti che riguardano le prestazioni termiche e acustiche degli edifici e contribuiscono alla riduzione degli inquinanti atmosferici come le polveri sottili.

I tetti verdi possono essere distinti tra estensivi, quando si prevede la semina di specie erbose che richiedono uno strato di terriccio di discreto spessore e scarsa manutenzione. Nel secondo caso si hanno tetti verdi intensiva, ovvero una tipologia che prevede la piantumazione di specie vegetate ornamentali che possiedono apparati radicali rilevanti, pertanto necessitano di un maggiore strato di terriccio. In tal caso si possono realizzare anche giardini pensili, ma si deve fare fronte a maggiori oneri di gestione e manutenzione dovuti anche ad impianti di irrigazione.

La struttura della copertura verde è caratterizzata dal susseguirsi di strati quali:

- substrato di terreno vegetale con ottima capacità di ritenzione idrica;
- strato filtrante a protezione di quello sottostante;
- strato drenante con la funzione di riserva idrica utilizzabile in sostituzione dell'irrigazione della vegetazione, esso potrebbe essere realizzato con argilla espansa, ghiaia o pannelli perforati;
- strato di protezione che previene la crescita di radici proteggendo la barriera impermeabile su cui poggia;
- strato impermeabile a protezione degli elementi strutturali.

4.4.5.3 Opere per il recupero

Come descritto nei capitoli precedenti, l'acqua sta diventando un bene sempre più prezioso e meno abbondante sul pianeta, per tali ragioni si andando verso la direzione del "risparmio idrico". Questo obiettivo vede come punto base la realizzazione di sistemi per il recupero dell'acqua, in particolare di quella piovana, per stoccarla e utilizzarla in momenti successivi all'evento meteorico, quando si ha la necessità.

Il recupero dell'acqua può avvenire a partire da tutte le superfici che sono esposte all'evento meteorico, sia che siano orizzontali che inclinate. In seguito alla raccolta, l'acqua viene canalizzata e fatta defluire verso il punto di stoccaggio, dove in genere si ha un serbatoio o un'area di bioritenzione idrica.

Il sistema prevede il posizionamento di filtri tra gli elementi che permettono la canalizzazione dell'acqua e il punto di stoccaggio con l'obiettivo di allontanare l'acqua di prima pioggia e tutte le sostanze inquinanti, sedimenti, foglie e polveri che potrebbero contaminare l'acqua già presente all'interno delle cisterna.

L'acqua accumulata non può sostituire interamente quella potabile, la surrogazione è possibile solo per alcuni usi interni, come il flussaggio dei WC, la lavatrice e le pulizie dei pavimenti, e per l'irrigazione delle aree verdi. Per tale ragione subentra anche una difficoltà a livello di impianto idrico all'interno degli edifici, in quanto è necessario realizzarne uno per la distribuzione dell'acqua potabile e uno per l'acqua raccolta. Nonostante ciò, si possono trarre benefici sia a livello di sostenibilità andando a ridurre l'acqua scaricata in fognatura che a livello economico riducendo la quantità di acqua potabile prelevata dall'acquedotto.



Figura 54: Vasche d'acque per recupero acque piovane presso il centro ricerche Kerakoll (Sassuolo - MO), progettata da IRIDRA, in collaborazione con BIOS-IS S.r.l. (FONTE: <http://www.irdra.eu>)

5. Definizioni elementi progettuali

Come già anticipato nel capitolo 3, la presente proposta prevede l'installazione di 3 serbatoi su 3 differenti aree di captazione riportate nelle figure 23, 24 e 25, l'intervento è volto anche ad una gestione delle acque meteoriche che permetta di evitare fenomeni come allagamenti e sovraccarico della rete fognaria.

Con l'obiettivo di definire dei valori dal punto di vista economico, che permettano di identificare un costo parametrico da sommare ai valori previsti per la realizzazione di tutte le opere previste dal Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica. Nel presente capitolo verranno specificati i materiali e la successione delle lavorazioni per la realizzazione delle "migliorie al progetto", in modo da poter definire in termini monetari l'incisione delle suddette lavorazioni sul totale delle opere per la realizzazione del recupero.

Sono stati posti due differenti obiettivi, che sono quello di recupero dell'acqua piovana e quello di riduzione dello scarico in fognatura soprattutto durante gli eventi meteorologici, pertanto saranno approfonditi e descritti gli elementi progettuali di seguito elencati e già decritti nel capitolo 3:

- 3 serbatoi;
- una fontana;
- un raingarden;
- una water square;
- tubazioni di collegamento.

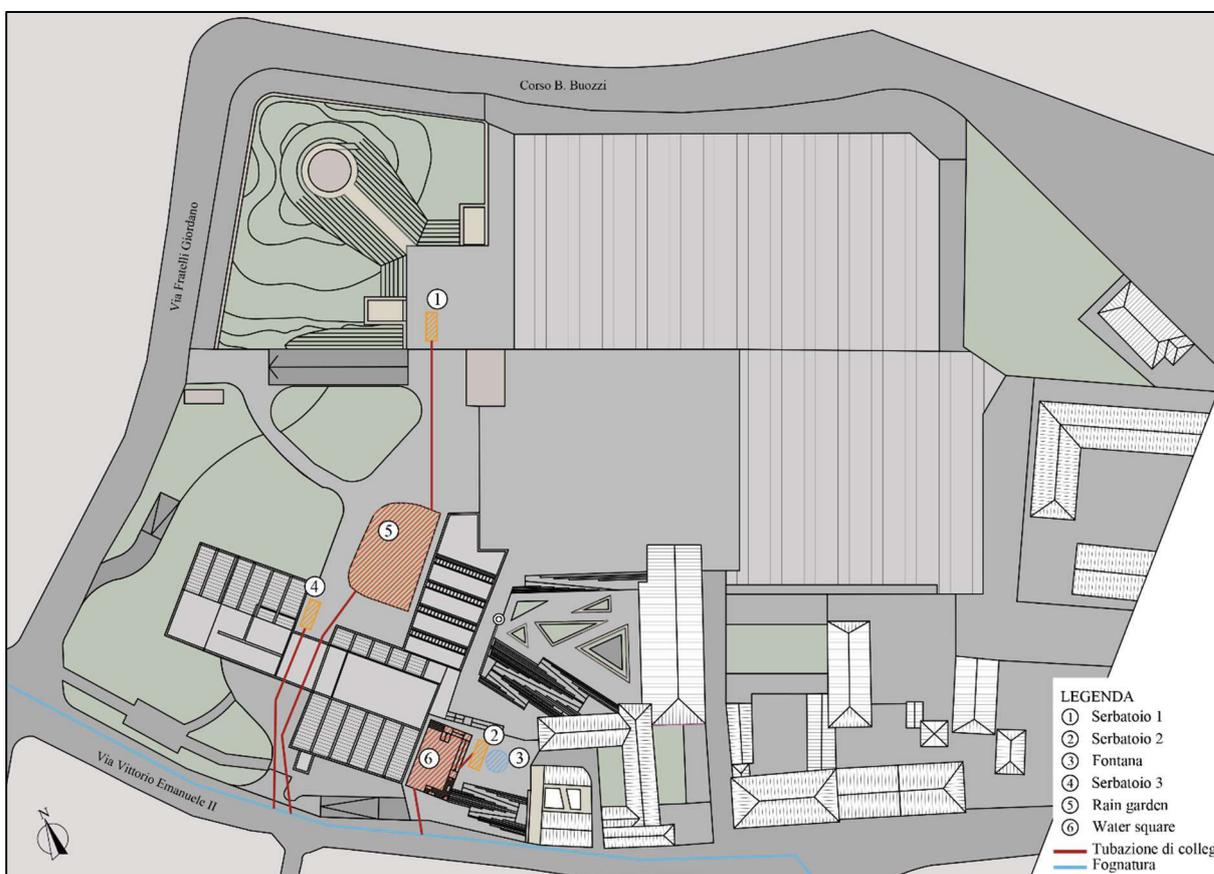


Figura 55: Schema planimetrico degli elementi progettuali (FONTE: www.comune.chieri.to.it)

5.1 Aspetti progettuali dei serbatoi

Il lotto oggetto di intervento è stato suddiviso in tre zone differenti, ciascuna pensata con il proprio serbatoio per il recupero dell'acqua piovana nell'area di interesse e il successivo riutilizzo per l'irrigazione (in un caso anche per alimentare la fontana).

La capacità di ciascun elemento di stoccaggio è stata ipotizzata pari a 20.000 litri, ma l'azienda produttrice che è stata presa in considerazione per le soluzioni tecnologiche proposte nel suddetto elaborato non commercia vasche di tali dimensioni. Pertanto è stata prevista l'installazione di cisterne il cui volume di stoccaggio è pari a 22.000 litri.

L'acqua delle differenti zone viene convogliata all'ingresso dei serbatoi dove viene pulita attraverso un filtro integrato e portata all'interno del serbatoio attraverso un sistema che è in grado di ridurre la turbolenza di flusso.

Il filtro considerato per le soluzioni progettuali presentate è autopulente e fornisce oltre il 95% di immissione del flusso di acqua, tale filtro prevede un collegamento DN 300 se la superficie di raccolta è al massimo pari a 3.000 m² e DN 400 se fino a 6.000 m². Utilizzando la tabella di seguito riportata è stata effettuata la conversione tra diametro nominale e il diametro che si deve prevedere per le tubazioni di collegamento al filtro.

Il DN 300 corrisponde ad un diametro di tubazioni in PE o PVC pari a 315-355 mm, pertanto tale kit di collegamento può essere utilizzato per il serbatoio 1 che prevede un collegamento con un diametro di 355 mm. Il DN 400 invece corrisponde ad un diametro compreso tra 400 e 450 mm che può soddisfare le richieste previste per i serbatoi 2 e 3.

Filtro esterno Optimax XXL

- Fornisce oltre il 95% di immissione di acqua
- Ridotta manutenzione (autopulente)
- Maglia da 0,35 mm
- Per superfici di tetti fino 3.000 m² con collegamento DN 300 e 6.000 m² con collegamento DN 400
- Tecnologia del filtro brevettato
- Collegamenti grandi a richiesta
- Incluso unità di pulizia
- Solo un dislivello di 45 mm fra ingresso ed uscita

Q Codice web G2207



Figura 56: Scheda filtro Optimal XXL

(FONTE: www.graf.info/it/gestione-delle-acque-meteoriche/gestione-delle-acque-meteoriche.html)

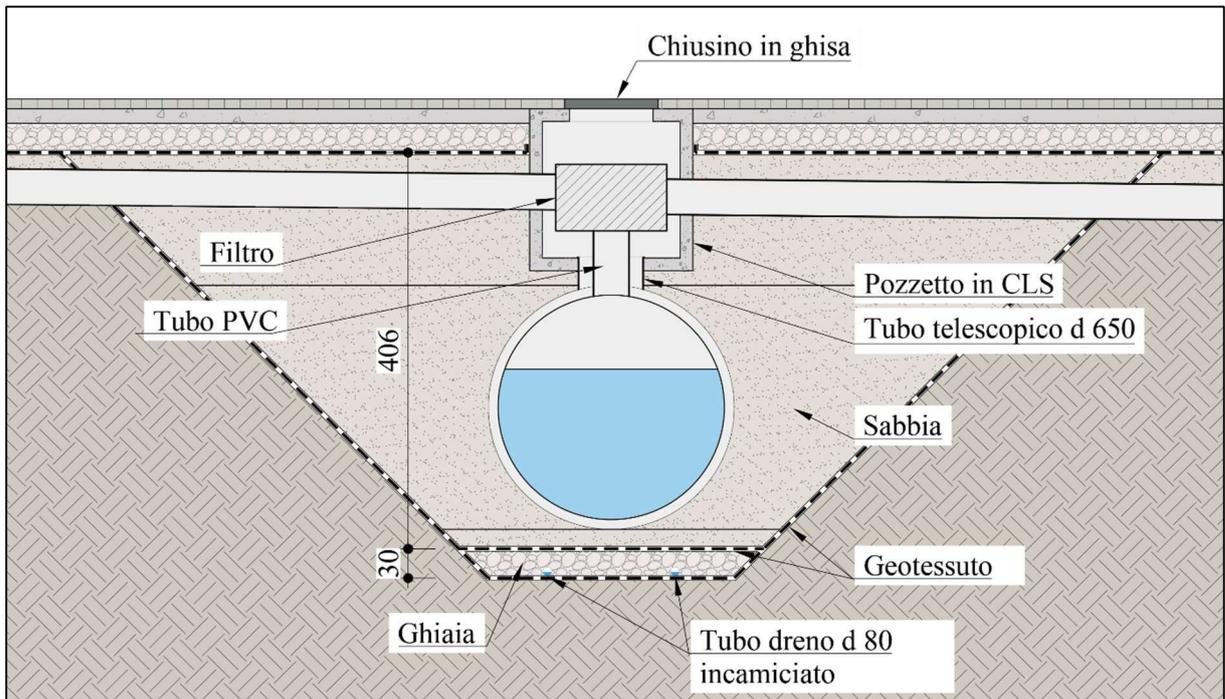


Figura 57: Schema progettuale serbatoio 1 e 3

Si procede con l'analisi di tutte le fasi da eseguire per l'installazione del primo serbatoio, ma che risultano valide anche per i successivi. Ipotizzando che l'attuale pavimentazione sia già stata rimossa per la realizzazione degli interventi previsti nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica, si suppone di procedere con lo scavo di sbancamento per una profondità pari a 4,36 m circa secondo quanto riportato nello schema progettuale (figura 57). Per questioni legate alla sicurezza degli operatori e a possibili caratteristiche del terreno (considerate sfavorevoli), si prevede la realizzazione di scarpate con pendenza 1:1. La profondità ipotizzata, inoltre, permette di evitare l'esecuzione di banche di sicurezza.

Per la redazione del computo, lo scavo considerato ha una profondità pari a $406 + 30 = 436 \text{ cm}$ dei quali una prima parte è lo scotico e la restante viene considerata come scavo generale. Per la determinazione del volume di terra dello scavo generale è stato considerato lo scavo della parte centrale, paragonabile ad un parallelepipedo e poi le 4 scarpate considerando la lunghezza delle stesse lungo la linea media, moltiplicando il suddetto valore per la larghezza diviso 2 (perché in sezione la scarpata corrisponde ad un triangolo) e successivamente per la profondità dello scavo.

Per il materiale di risulta prodotto dall'attività di scavo si considera il conferimento a discarica consapevoli che fa crescere il costo di costruzione dell'intervento, ma risulta a favore di sicurezza. Inoltre la discarica che potrebbe ritirare tali materiali si trova a Santena quindi ad una distanza di poco superiore a 10 chilometri, infine per il trasporto non viene considerata la maggiorazione del 10% legata all'aumento in volume del materiale perché risulta essere contenuto e quindi trascurabile (tale ragionamento sarà mantenuto per tutte le attività di trasporto di materiali di risulta quali terre e rocce da scavo presenti nelle successive lavorazioni).

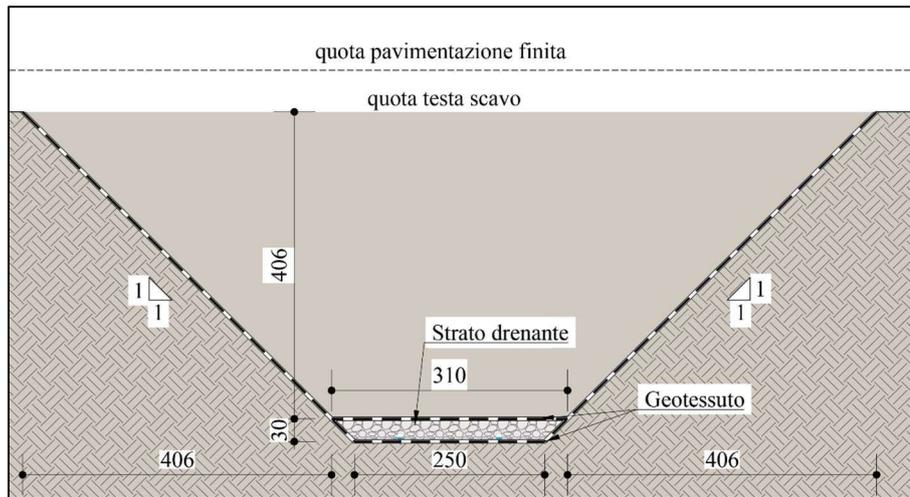


Figura 58: Sezione longitudinale scavo

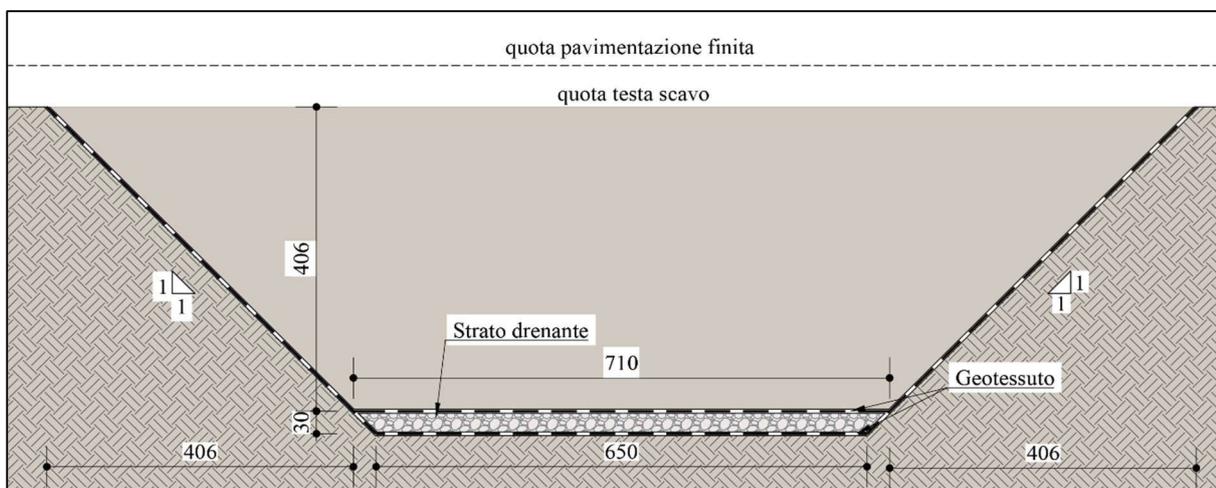


Figura 59: Sezione trasversale scavo

Segue la posa del geotessuto sul fondo dello scavo e su parte della scarpata (secondo gli schemi nelle figure 58 e 59) per mantenere la suddivisione del terreno presente in sito dallo strato di drenaggio che si andrà a realizzare.

Si procede con il posizionamento del tubo di drenaggio che verrà incamiciato con geotessuto per permettere il solo ingresso di acqua pulita ad evitare ostruzioni del sistema stesso. Il tubo dreno verrà posizionato tutto intorno al serbatoio per facilitare l'ingresso dell'acqua che cola lungo le pareti del serbatoio ed evitare infiltrazioni sotto lo stesso. Il diametro del tubo sarà pari a 80 mm.

Dal punto di vista economico, il geotessuto viene computato in m^2 , pertanto, si deve considerare lo sviluppo dell'intera superficie su cui verrà posizionato: sarà ubicato sul fondo dello scavo, nella divisione tra ghiaia (strato drenante) e sabbia e sulle scarpate che caratterizzano lo scavo.

Il geotessuto verrà anche ubicato a rivestimento dei tubi drenanti posti nell'omonimo strato per l'allontanamento dell'acqua di infiltrazione, con l'obiettivo di evitare che essi si intasino a causa dei detriti portati dall'acqua.

Si procede con la stesura di ghiaia a completamento dello strato drenante e di geotessuto per evitare che la sabbia dello strato soprastante vada ad ostruire le cavità vanificando gli effetti del sistema drenante. Esattamente come per lo scavo, anche la ghiaia (sia fornitura che spandimento) viene quantificata in termini volumetrici, ovvero in m³.

La fase successiva prevede la realizzazione di uno strato di sabbia di spessore pari a 20 cm come letto per la posa della vasca. Si procede con l'installazione del serbatoio per poi procedere al riempimento dello scavo mediante la successiva modalità: il riempimento della vasca con 30 cm di acqua, il riempimento dello scavo con 30 cm di sabbia e successiva compattatura del terreno mediante il costipatore verticale. Riempendo lo scavo fino al piano di allaccio delle tubature, in codesta maniera si evita il danneggiamento del serbatoio.

Il serbatoio è dotato di un tubo telescopico simile a quello presente nella figura 55 che facilita il collegamento con il pozzetto. Quest'ultimo permetterà alloggiamento del filtro che sarà collegato con il serbatoio e permetterà il passaggio dell'acqua qualora fosse troppo pieno; in tal caso l'acqua sarà comunque filtrata ma scaricata nel bacino di ritenzione, fatta eccezione per il terzo serbatoio che per questioni strettamente legate all'andamento altimetrico del terreno potrà essere collegato solo alla fognatura.



Figura 60: Tubo telescopico serbatoi
(FONTE: <https://www.graf.info/it/>)

Il pozzetto che si prevede di installare ha dimensioni 120x140x140 cm e lo spessore delle pareti è pari a 13 cm quindi risulta accessibile dall'uomo; ciò permette e facilita la manutenzione e la pulizia del filtro. Parte del foro del pozzetto viene occlusa mediante una soletta che lascia spazio per il passo d'uomo il quale verrà coperto da un chiusino di ispezione in ghisa con passaggio di diametro pari a 600 mm, pertanto le dimensioni totali saranno pari a 85x85 cm.

Nella figura 55 si evince la presenza di tubazioni di collegamento opportunamente dimensionate secondo quanto riportato al paragrafo "Dimensionamento delle tubazioni di scarico serbatoi" e non verranno computati in questa sezione, fatta eccezione per quello di collegamento tra il filtro e il serbatoio.

Per ciascun serbatoio si prevede l'installazione di un secondo pozzetto che permetta di alloggiare le pompe per l'irrigazione e per il funzionamento della fontana; anche in questo caso saranno dimensionati in modo tale da permettere la manutenzione delle pompe stesse.

Quanto descritto vale anche per il serbatoio 2 e 3: cambieranno le dimensioni delle tubazioni e, nel secondo caso, nel pozzetto appena descritto verrà alloggiata anche la pompa per il funzionamento della fontana.

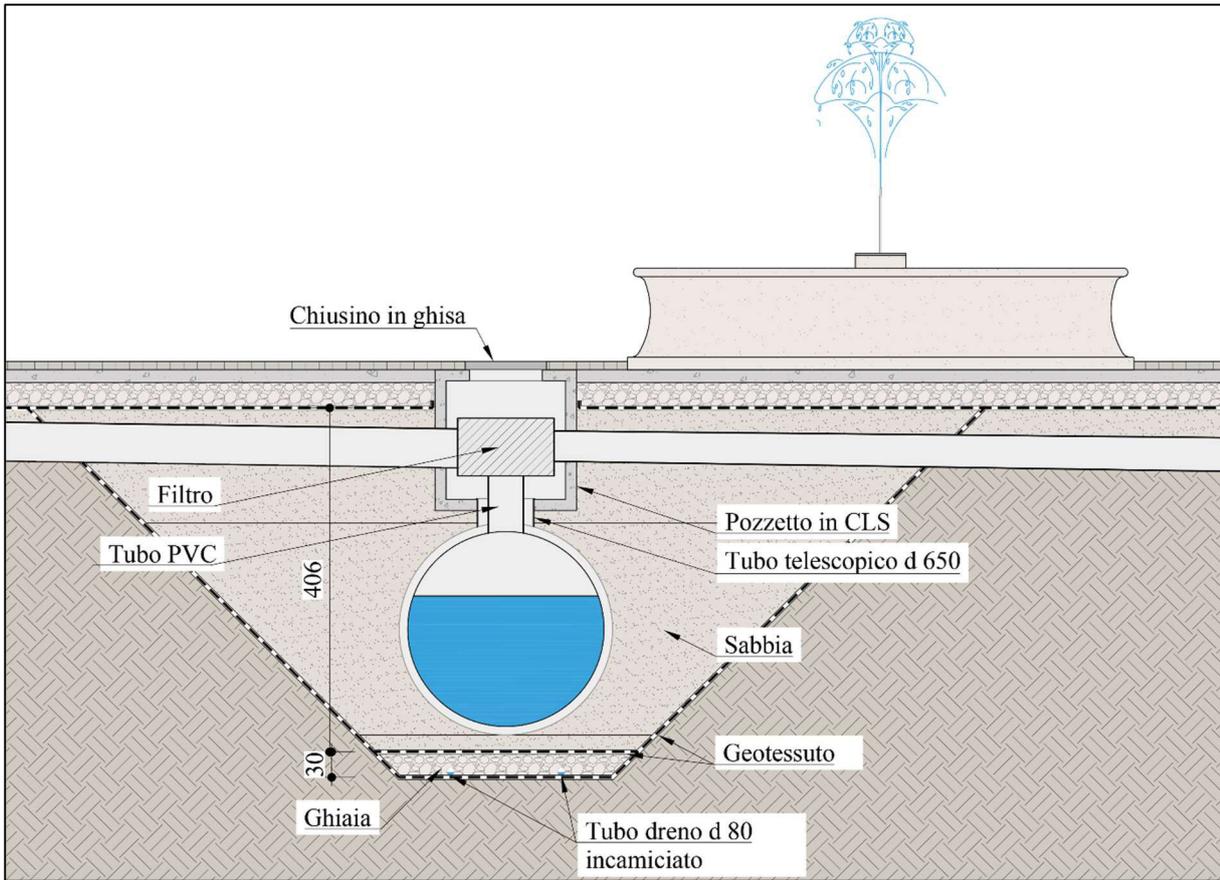


Figura 61: Schema progettuale serbatoio 2

In fase preliminare è stata considerata la realizzazione di un serbatoio non prefabbricato della capacità pari a 22.000 litri.

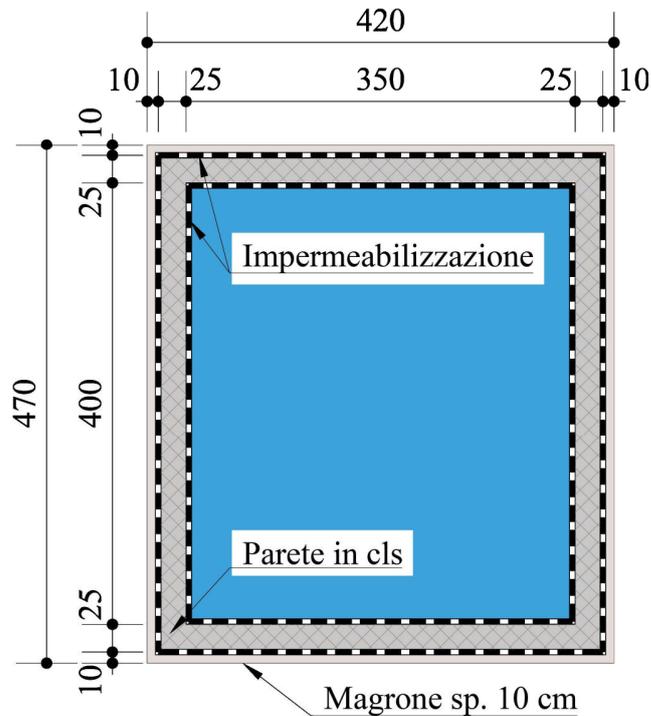


Figura 62: Pianta serbatoio gettato in opera

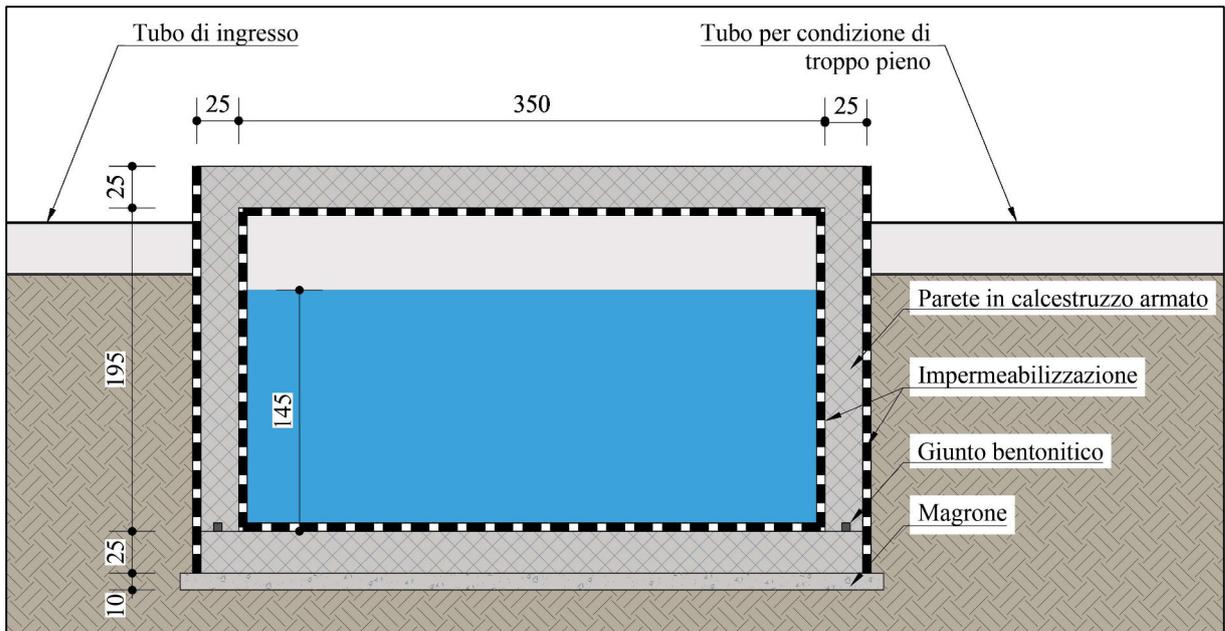


Figura 63: Sezione serbatoio gettato in opera

Anche per questa tipologia di serbatoio il primo passo per la sua realizzazione è l'esecuzione dello scavo suddiviso tra scotico e scavo di sbancamento generale; a differenza dal caso precedente si deve prevedere una banca sul fondo dello scavo per permettere di eseguire le successive fasi agevolmente.

Segue la realizzazione del getto di pulizia in calcestruzzo non strutturale per uno spessore pari a 10 cm per poi realizzare base, pareti e soletta superiore che dovranno essere opportunamente armati e casserati per l'esecuzione del getto. Per l'armatura non è disponibile il quantitativo in chili per cui si procede considerando un'incidenza del 3% rispetto al volume del getto totale. Dato l'elevato volume di acqua che dovrà alloggiare il serbatoio si dovrà procedere con l'impermeabilizzazione sia dall'interno che dall'esterno e in corrispondenza della ripresa del getto si prevede il posizionamento di un giunto bentonitico lungo tutto il perimetro.

La sola realizzazione dello scavo e del serbatoio verrebbe a costare € 35.518,65²⁵ a fronte di € 17.734,11 che si dovrebbero spendere nel caso di una cisterna prefabbricata. Questa verifica è stata fatta come ulteriore conferma nella scelta di utilizzo di un elemento prefabbricato in quanto, oltre ad un risparmio dal punto di vista economico, permetterebbe anche un risparmio in termini di tempo e, non ultimo, ridurrebbe le problematiche legate all'intersezione delle lavorazioni all'interno del cantiere, soprattutto perché vi sono delle date ultime per il termine dei lavori e le "migliorie" proposte non devono essere causa di eventuali posticipazioni delle date di consegna.

5.2 Aspetti progettuali della fontana

Con l'obiettivo di fornire anche un elemento simbolico alle migliorie che sono state proposte si ipotizza di installare nella piazza inferiore un dettaglio ornamentale quale una fontana, essa avrà una vasca del diametro pari a 5m e un'altezza del getto pari a 2m dalla sezione di uscita dell'acqua. Come già descritto in precedenza, la fontana preleverà acqua dalla sua vasca e qualora il livello scenda più di 10 cm sarà ripristinato il livello di acqua ottimale prelevando la

²⁵ Si tratta di un costo di costruzione.

stessa dal serbatoio adiacente, ovvero il serbatoio 2 che è stato oggetto di dimensionamento. Affinché l'intero sistema funzioni sono state previste due pompe: la prima per il prelievo dell'acqua dalla fontana mentre la seconda per prelevare l'acqua dal serbatoio.

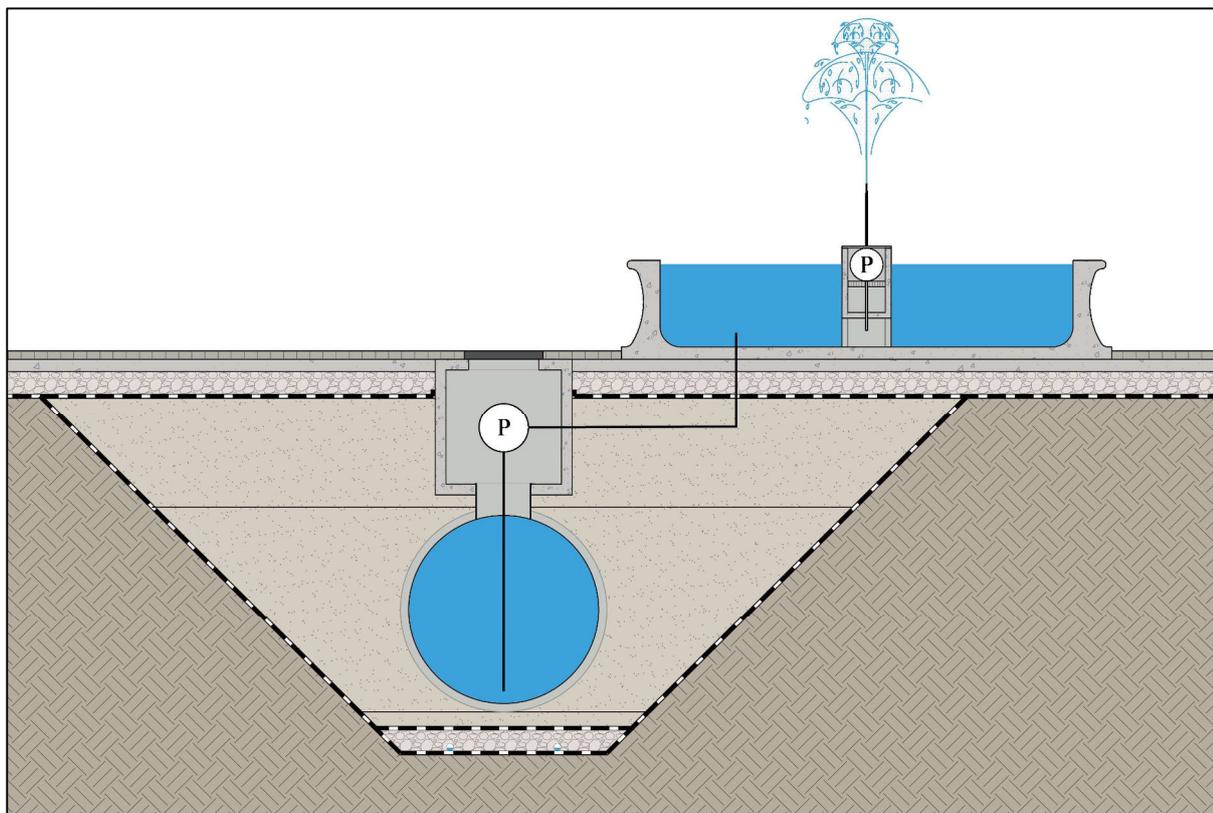


Figura 64: Sistema di funzionamento della fontana

Per quantificare dal punto di vista economico la fontana in oggetto ed inserire i risultati nel computo presente nell'Allegato 1 del presente elaborato, si prevede l'utilizzo delle voci parametriche desunte da Prezziario DEI del 2019 riguardanti tale elemento e il relativo impianto idrico per il suo funzionamento. Si prende come riferimento la sezione I13 corrispondente a "Arredo urbano di piazza sopra autorimessa interrata" che prevede l'installazione di due fontane per un valore complessivo di €105.534,00 su una superficie totale trasformata pari a di 2.700 m², pertanto si può dedurre che il costo per una singola fontana sia pari a € 52.767,00.

A questa voce si deve sommare il costo dell'impianto idrico della fontana, ma considerando il medesimo intervento, tale voce include anche l'impianto di irrigazione automatico che deve essere scorporato. Pertanto sono state individuate due differenti voci che includono l'impianto di irrigazione automatico per aree verdi:

- I10 "Urbanizzazione complesso edilizio residenziale", costo totale € 102.322,00 su una superficie di 30.000 m²;
- I11 "Urbanizzazione nucleo residenziale composte da ville mono e bifamiliari", costo totale € 182.771,00 su una superficie di 36.000 m².

Al fine dei calcoli è stato preso in considerazione l'intervento I10 in quanto presenta una maggiore superficie verde ed è stato individuato il relativo valore parametrico come segue:

$$\frac{102.322,00}{30.000} = 3,41 \text{ €/m}^2$$

tale valore parametrico deve essere moltiplicato per la superficie dell'intervento pari a 2.700 m² ottenendo un valore pari a € 9.208,98 valore che dovrà essere dedotto dal costo di "impianto di irrigazione e idrico fontane" presente nell'intervento I13 il cui costo è pari a circa € 36.477.

$$€ 36.477 - € 9.209 = € 27.268$$

Il valore ottenuto dal precedente calcolo deve corrispondere all'impianto idrico di due fontane, pertanto deve essere diviso per 2 entità ottenendo un valore unitario pari a circa € 13.634.

In definitiva il costo complessivo di una fontana risulta essere pari a:

$$€ 52.767 + € 13.634 = € 66.401.$$

Il costo apparentemente potrebbe risultare sovrastimato, ma attraverso indagini di mercato dirette è stato confermato che risulta essere riconducibile ad alcune tipologie di fontane particolarmente importanti a livello decorativo, per tale ragione viene considerato attendibile e utilizzato ai fini del calcolo del costo di costruzione e di realizzazione delle opere in oggetto.

5.3 Aspetti progettuali del rain garden

Il sistema in progetto prevede la realizzazione di due bacini di ritenzione posizionati su due delle tre aree di intervento considerate, in uno dei suddetti casi si prevede infatti la trasformazione di una delle aiuole esistenti in un rain garden con il fine realizzare un bacino di laminazione che permetta stoccare temporaneamente l'acqua piovana evitando di sovraccaricare il sistema fognario esistente.

Il rain garden è caratterizzato da una depressione rispetto al piano di calpestio che raccoglie l'acqua piovana proveniente dalle superfici impermeabili adiacenti come strade, parcheggi o, come nel caso in analisi, piazze. La struttura è costituita da strati filtranti in ghiaia di diversa granulometria, da ghiaia più fine in superficie a quella più grossolana in profondità, che permette la dispersione dell'acqua per filtrazione nel terreno.

Il sistema accoglierà l'acqua derivante dalla superficie 1 (vedere Figura 23), anche se sarà ubicato nella terza area considerata ed entrerà in esercizio ogni qualvolta il serbatoio 1 sia pieno e vi sia un evento meteorico intenso. L'obiettivo è sempre quello di scaricare in fognatura al massimo 20 l/s**h*_{imp} e, al tempo stesso, non vi deve essere acqua stagnante per un periodo superiore alle 24 ore per garantire la salubrità dell'ambiente. Infatti la stratigrafia del rain garden è studiata in modo tale da permettere la maggiore infiltrazione possibile per poter accelerare i tempi di smaltimento dell'acqua.

Per il sistema in oggetto è necessario un bacino di ritenzione che possa ospitare un volume pari a 31,04 m³; sfruttando lo sviluppo in pianta dell'aiuola che si ipotizza di utilizzare (pari a oltre 330 m²) sarà occupata solo una parte centrale della stessa, ovvero una superficie pari a 103 m² per una profondità di 35 cm dal piano campagna. Il dislivello che si genera sarà colmato attraverso un declivio con pendenza inferiore al 25% seguendo le indicazioni riportate nelle linee guida SUDS di Bologna. Nel caso in oggetto tale pendenza sarà pari al 17,5%.

Di seguito si riporta lo schema stratigrafico con l'indicazione di tutti gli strati previsti per la realizzazione di tale opera: lo strato più superficiale è la pacciamatura dello spessore di circa 10 cm, realizzato con materiale organico oppure ghiaia, a cui segue uno strato di terreno che permetta la sistemazione di vegetazione in superficie.

Seguono lo strato filtrante realizzato con sabbia per uno spessore di 30-40 cm, lo strato di transizione in ghiaia di granulometria inferiore a 1 cm con spessore pari a 10 cm e strato di drenaggio sempre con ghiaia di diametro pari a 40-50 mm e spessore compreso tra 30 cm e 1 metro, strato nel quale sono posizionati i tubi drenanti che sono collegati alla fognatura. Tale successione di strati permette all'acqua di infiltrarsi senza portare con sé detriti; inoltre non è previsto alcuno strato di geotessuto perché provocherebbe intasamento e non lascerebbe defluire l'acqua. Tale strato sarà posizionato solo come suddivisione tra strato di terreno già presente sul sito ed elementi oggetto di progettazione.

A differenza di quanto riportato per l'installazione dei serbatoi, in questo caso non si considera una scarpata 1:1 per la realizzazione dello scavo in quanto il dislivello è inferiore al metro. Inoltre si prendono solo in considerazione le voci per l'effettiva realizzazione del rain garden escludendo tutto quanto concerne la demolizione della pavimentazione esistente che, anche in questo caso, si considera già inclusa nelle lavorazioni previste dal P.F.T.E.

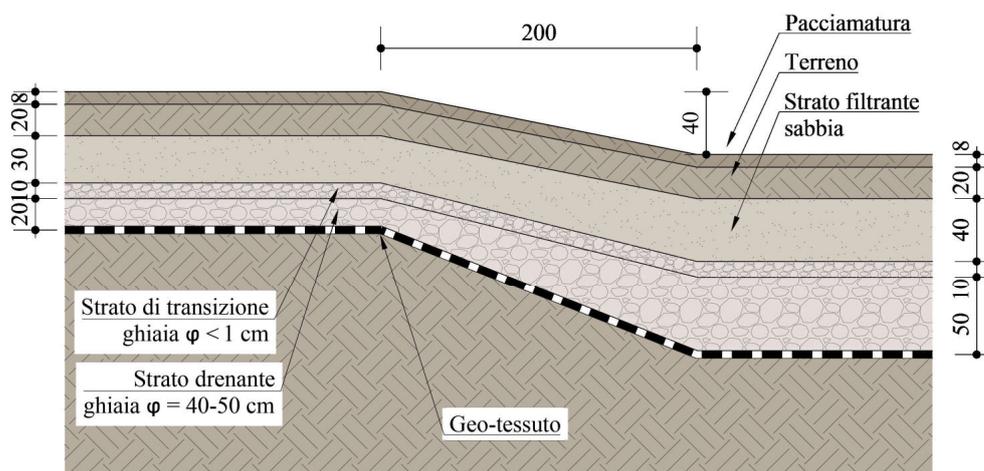


Figura 65: Profilo stratigrafico rain garden

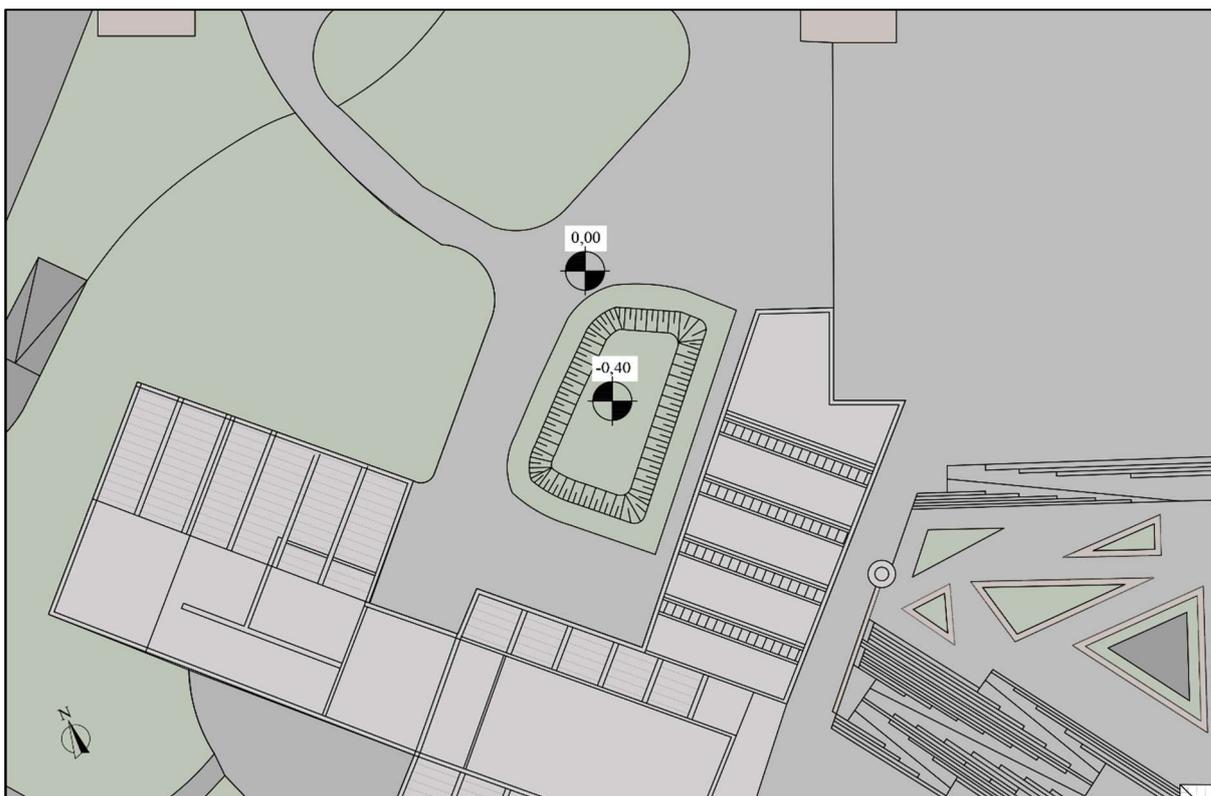


Figura 66: Pianta rain garden

1.4 Aspetti progettuali della water square

Come già riportato al paragrafo precedente, il sistema ipotizzato prevede la realizzazione di due bacini di ritenzione dei quali uno solo è posizionato sull'area 2; per la suddetta zona si prevede la realizzazione di una piazza ribassata che permetta l'alloggiamento temporaneo dell'acqua meteorica che non potrà essere stoccata a causa del troppo pieno della cisterna e che non può essere immediatamente scaricata in fognatura per evitare il sovraccarico di tale sistema.

Prendendo come esempio le "piazze d'acqua" Benthemplein di Rotterdam, si provvederà a ribassare parte della pavimentazione della piazza in oggetto; a differenza del suddetto esempio non sono stati realizzati campi da calcio, basket o pallavolo perché la superficie a disposizione non avrebbe permesso la realizzazione di campi regolamentari.

La posizione del bacino oggetto di analisi è stata ipotizzata tenendo in considerazione delle variazioni altimetriche della porzione di lotto in modo tale da sfruttare la gravità e non dover utilizzare pompe. Inoltre l'opera in progetto non interferirebbe in alcun modo con il parcheggio interrato che è previsto dal Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica; pertanto non risulta necessario effettuare valutazioni in merito alla capacità portante dei solai o considerazioni similari.



Figura 67: Pianta water square in progetto

Per la realizzazione della “piazza d’acqua” in progetto si deve svolgere un’attività di scavo preliminare caratterizzato da scavo di sbancamento²⁶ e scavo a sezione obbligata, ma nel suddetto caso si deve tenere in considerazione che da un lato non vi sarà la scarpata perché l’opera è adiacente alla biblioteca esistente come visibile nella figura 67. Si precisa anche che per la concretizzazione dell’opera si deve prevedere una modifica minima alla piazza progettata in ambito del P.F.T.E. andando a ridurre la lunghezza delle scale che collegano il punto altimetricamente più basso con la piazza inferiore.

In seguito all’esecuzione degli scavi di sbancamento e a sezione obbligata, i relativi materiali di risulta verranno smaltiti analogamente a quanto descritto per i serbatoi, si procederà con la realizzazione del magrone sotto le fondazioni continue che caratterizzano l’opera come mostrato nelle figure di seguito riportate, tale elemento non sarà realizzato sotto la pavimentazione del livello più basso della piazza in quanto si vuole sfruttare anche la capacità di infiltrazione della pavimentazione stessa. Segue la realizzazione delle fondazioni e delle elevazioni in calcestruzzo armato ipotizzando un’incidenza di armatura pari al 3% del volume del getto di suddetta fase e, infine, un rivestimento in piastrelle (preferibilmente in grés) che permette di avere una superficie liscia che limita il deposito di detriti in seguito all’allagamento della suddetta zona.

²⁶ Si prevede una scarpata 1:1 e banche da un metro.

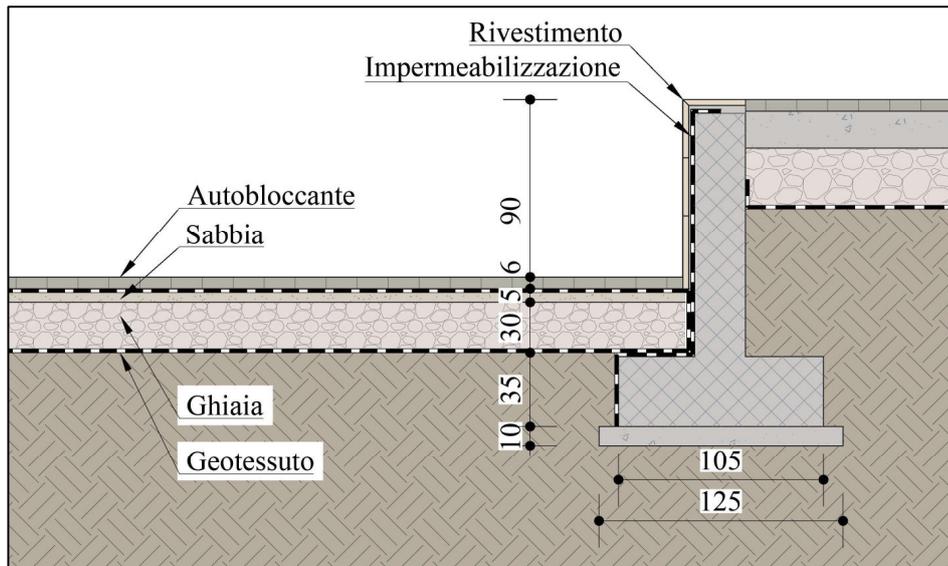


Figura 68: Sezione perimetro piazza d'acqua

Come elementi collegamento tra il livello superiore e quello inferiore sono state previste delle scale che, in alcuni tratti, hanno anche la funzione di seduta, anch'esse saranno rivestite in piastrelle per evitare l'accumulo di detriti, inoltre per la medesima ragione è stato ipotizzato di non realizzare lo scuretto.

Per abbattere le barriere architettoniche, nonostante la presenza di un dislivello di 90 cm, si prevede la realizzazione di una rampa posizionata lungo il perimetro della piazza d'acqua. Tale elemento architettonico è stato realizzato secondo le disposizioni previste dal D.M. 236/89 che prevede un'inclinazione massima dell'8% e una lunghezza massima della parte inclinata pari a 10m (in quella in progetto la maggiore è pari a 7,5 m), infine si devono prevedere dei pianerottoli di sosta che permettano la rotazione in modo agevole della sedia a rotelle e quindi pari almeno a 1,50x1,50 m oppure a 1,40x1,70 m.

Inoltre, come visibile nella figura 69, sono state previste barriere di sicurezza lungo tutta la rampa e mancorrenti lungo le scale.

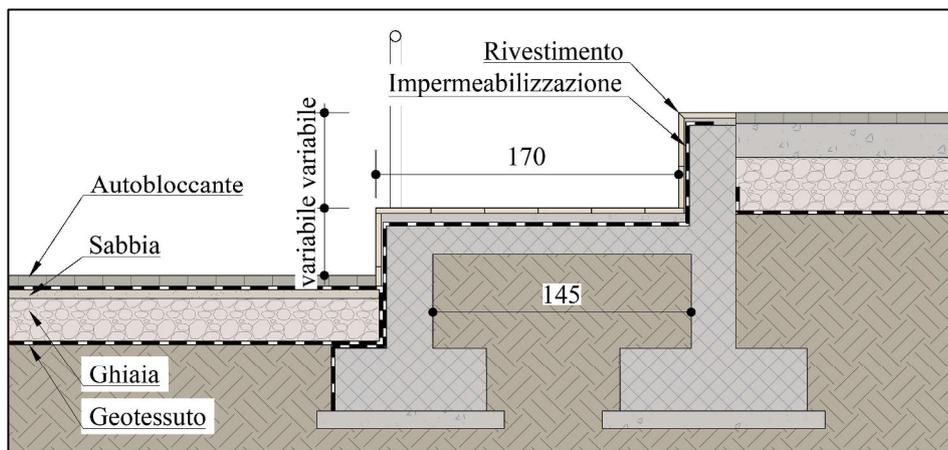


Figura 69: Sezione in corrispondenza delle scale

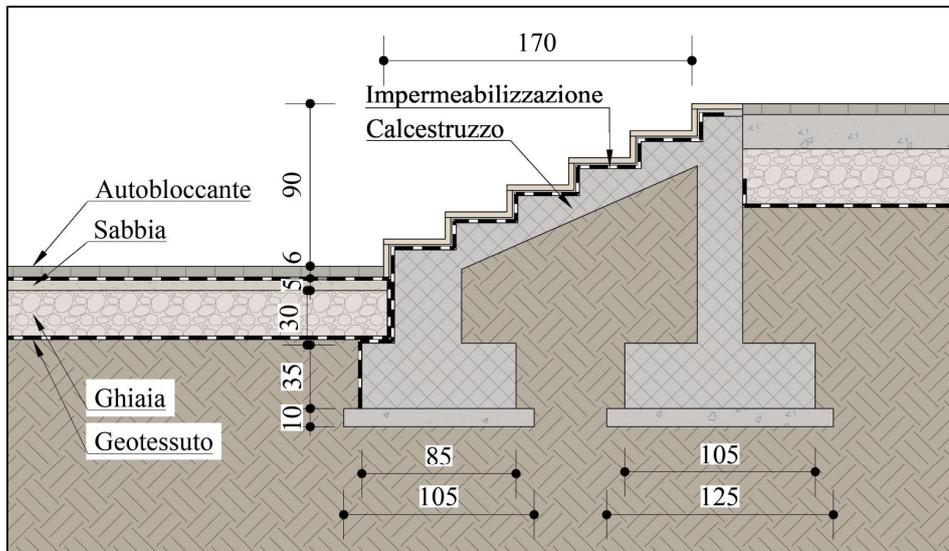


Figura 70: Sezione in corrispondenza della rampa

A differenza della zona dove si registra la massima profondità, in corrispondenza di scale e rampe si deve prevedere una porzione di rinterro in quanto in una prima fase si è proceduto con lo scavo generale di sbancamento, ma per evitare un eccessivo utilizzo di calcestruzzo si prevede l'utilizzo di terra; qualora sia possibile terra proveniente dallo scavo in sito, altrimenti terra di altra provenienza. In ogni caso, a favore di sicurezza, nel computo metrico estimativo presente (Allegato 1) è stato considerato il caso "peggiore": pertanto tutta la terra prodotta dagli scavi verrà smaltita e quella necessaria al rinterro sarà poi acquistata.

A differenza del computo redatto per la realizzazione delle opere annesse all'installazione dei serbatoi, in questo caso è necessario computare la pavimentazione in quanto si tratta di un elemento fondamentale per il corretto funzionamento della piazza d'acqua perché si vuole sfruttare la capacità di infiltrazione. Secondo quanto riportato si ottiene un risultato differente se si sceglie una pavimentazione in piastrelle piuttosto che in ciottoli; pertanto le relative voci sono state inserite nel calcolo del costo di costruzione.

5.5 Aspetti progettuali relativi alle tubazioni di collegamento

Il progetto prevede inoltre la realizzazione di tubazioni di collegamento che permettano il ruscellamento prima verso i serbatoi, a seguire verso i bacini di ritenzione e infine verso la fognatura.

Sulla base dell'intensità delle piogge e delle portate di acqua, ad esse correlate, che si deve gestire ed eventualmente smaltire sono state dimensionate le tubazioni che collegano i serbatoi con i bacini di ritenzione e, nel caso della terza area di captazione, il serbatoio direttamente con la fognatura esistente su via Vittorio Emanuele. Nei primi due casi si è anche proceduto alla determinazione del diametro massimo del collegamento tra i bacini di ritenzione e la fognatura, al fine di garantire il rispetto dei $20 \text{ l/s} \cdot h_{a_{imp}}$ previsti dal Regolamento della Regione Lombardia.

Per la determinazione dei costi legati alla realizzazione del sistema in progetto, anche in questo caso non si considerano i lavori legati alla realizzazione della pavimentazione perché si ipotizza che siano già inclusi nelle stime dei costi effettuate nell'ambito di P.F.T.E. Si procederà dunque con uno scavo a sezione obbligata con una benna da 60 cm e profondità variabile a seconda della situazione. Segue il posizionamento del tubo dimensionato in precedenza e infine si effettua un riempimento con sabbia, materiale scelto perché la granulometria permette di non lasciare interstizi che nel tempo potrebbero causare danneggiamenti alla tubazione.

Infine per la definizione della lunghezza delle tubazioni e degli scavi sono stati ipotizzati dei tracciati che tengano conto della pendenza del terreno per permettere il deflusso dell'acqua mediante gravità piuttosto che mediante l'utilizzo di pompe.

Collegamento	Diametro [mm]	Pendenza	Lunghezza [m]
Serbatoio 1 – bacino di ritenzione 1	355	1%	40
Bacino di ritenzione 1 – Fognatura	160	1%	56
Serbatoio 2 – bacino di ritenzione 2	450	1,5%	5
Bacino di ritenzione 2 – fognatura	160	1%	11
Serbatoio 3 - fognatura	400	1%	43

Tabella 51: Diametri e lunghezze delle tubazioni

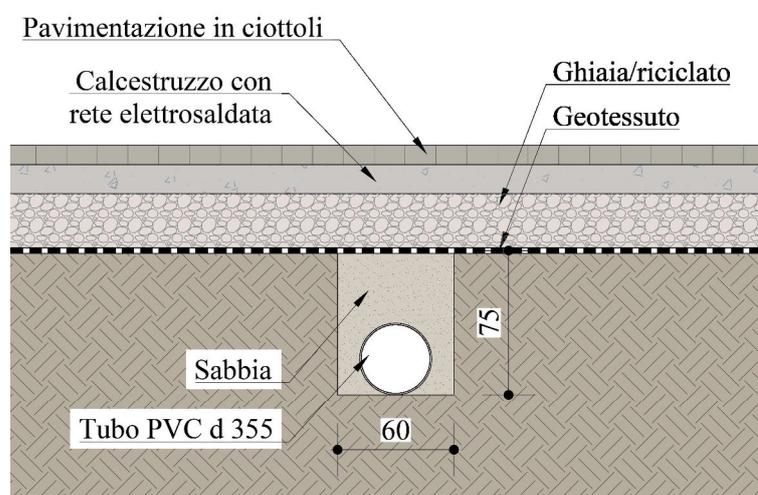


Figura 71: Schema tubazione di collegamento tra serbatoio 1 e rain garden

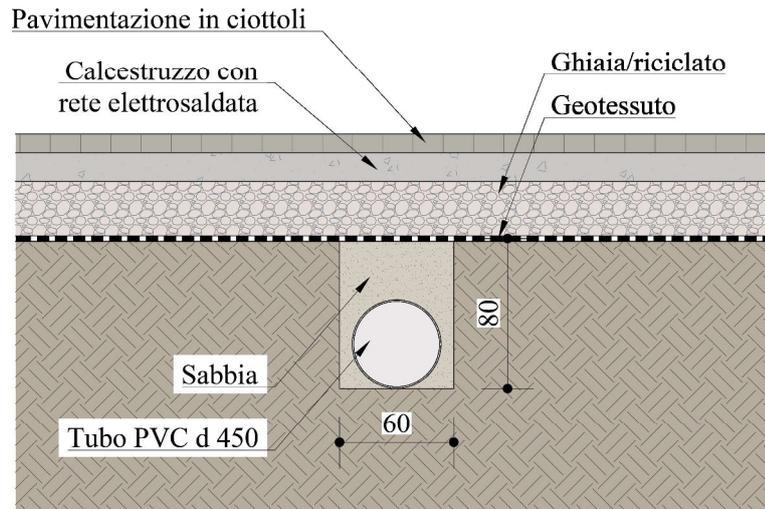


Figura 72: Schema tubazione di collegamento tra serbatoio 2 e bacino di ritenzione 2

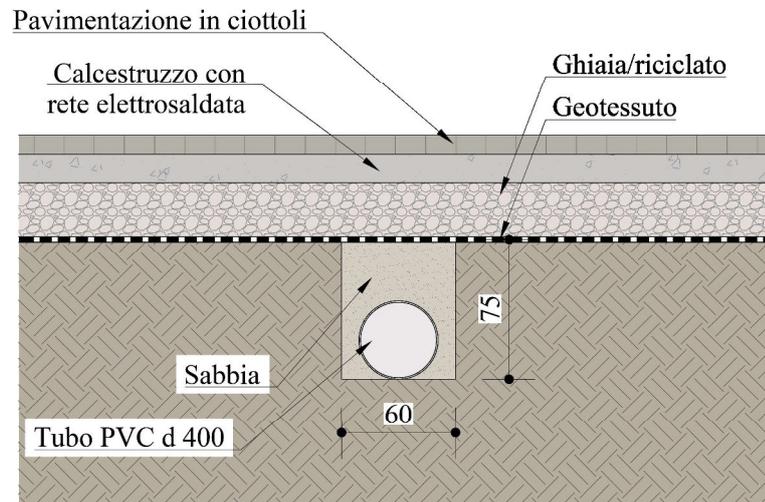


Figura 73: Schema tubazione di collegamento tra serbatoio 3 e fognatura

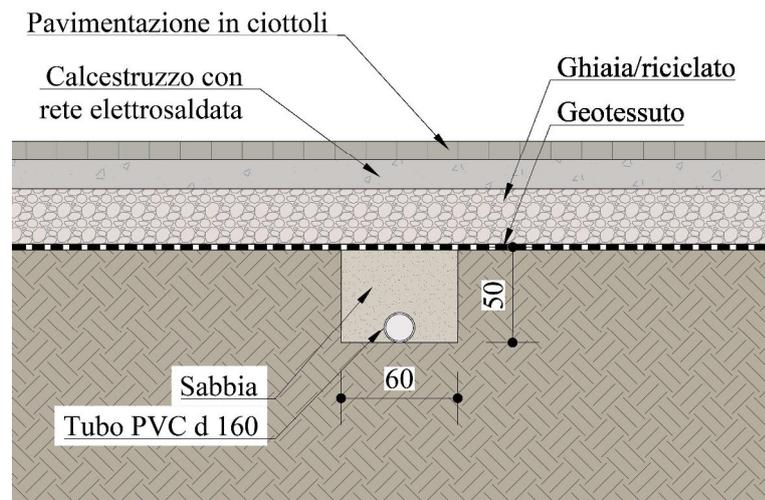


Figura 74: Schema tubazione di collegamento tra bacini di ritenzione e fognatura

6. Valutazioni economiche

6.1 Definizione dei costi di costruzione e realizzazione

In seguito alle descrizioni degli interventi che sono state riportate nel capitolo 5, è stato redatto un computo metrico estimativo (Allegato 1) per ciascuna opera di cui si compone l'intero sistema di recupero dell'acqua piovana e di gestione della portata che confluisce in fognatura.

Come già esplicito nei precedenti paragrafi, sono stati ipotizzati tre sistemi indipendenti tra loro per i quali si è proceduto con la determinazione dei valori parametrici prima per unità di superficie dell'area esterna in considerazione e successivamente per unità di superficie effettivamente coinvolta dall'intervento. In entrambi i casi le zone erano già oggetto di intervento, pertanto non sono state considerate le opere di demolizione delle pavimentazioni esistenti e la successiva realizzazione della nuova pavimentazione.

Per la determinazione parametrica del costo di realizzazione attraverso il quadro economico sono state definite le voci di costo a partire dall'allegato I.7 del Nuovo Codice degli Appalti D.Lgs. 36/2023. Le percentuali di seguito riportate (riferimento Tabella 52) non sono imposizioni normative, ma indicazioni parametriche in assenza di elementi che ne permettano la definizione per via analitica.

Pertanto si procede con la determinazione del quadro economico come segue.

	Serbatoio 1	Tubo tratto 1	Rain garden	Tubo tratto 4	TOTALE
IMPORTO LAVORI					
Lavori ed opere	33 448,43	5 664,85	19 685,16	3 078,85	61 877,29
Oneri per la sicurezza aggiuntivi non soggetti a ribasso (+2% CC)	668,97	113,30	393,70	61,58	1 237,55
Totale importo appalto	34 117,40	5 778,15	20 078,87	3 140,42	63 114,84
SOMME A DISPOSIZIONE					
Rilievi, accertamenti, indagini, spese tecniche per progettazione e DLL (+10% CC)	3 344,84	566,49	1 968,52	307,88	6 187,73
Allacciamenti ai pubblici servizi (+2% CC)	668,97	113,30	393,70	61,58	1 237,55
Imprevisti (+5% CC)	1 672,42	283,24	984,26	153,94	3 093,86
Collaudo (+1% CC)	334,48	56,65	196,85	30,79	618,77
IVA totale (+22% CC)	7 358,65	1 246,27	4 330,74	677,35	13 613,00
Totale somme a disposizione	13 379,37	2 265,94	7 874,07	1 231,54	24 750,92
TOTALE COSTO DI REALIZZAZIONE	47 496,77	8 044,09	27 952,93	4 371,96	87 865,75

Tabella 52: Quadro economico sistema 1 (riferimento Figura 23)

	Serbatoio 2	Fontana	Tubo tratto 2	Water square	Tubo tratto 5	TOTALE
IMPORTO LAVORI						
Lavori ed opere	33 666,17	74 967,86	1 004,48	77 665,84	638,40	182 113,66
Oneri per la sicurezza aggiuntivi non soggetti a ribasso (+2% CC)	673,32	1 499,36	20,09	1 553,32	12,77	3 642,27
Totale importo appalto	34 339,50	76 467,22	1 024,57	79 219,16	651,17	185 755,93
SOMME A DISPOSIZIONE						
Rilievi, accertamenti, indagini, spese tecniche per progettazione e DLL (+10% CC)	3 366,62	7 496,79	100,45	7 766,58	63,84	18 211,37
Allacciamenti ai pubblici servizi (+2% CC)	673,32	1 499,36	20,09	1 553,32	12,77	3 642,27
Imprevisti (+5% CC)	1 683,31	3 748,39	50,22	3 883,29	31,92	9 105,68
Collaudo (+1% CC)	336,66	749,68	10,04	776,66	6,38	1 821,14
IVA totale (+22% CC)	7 406,56	16 492,93	220,99	17 086,49	140,45	40 065,01
Totale somme a disposizione	13 466,47	29 987,14	401,79	31 066,34	255,36	72 845,46
TOTALE COSTO DI REALIZZAZIONE						
	47 805,97	106 454,36	1 426,36	110 285,50	906,53	258 601,40

Tabella 53: Quadro economico sistema 2 (riferimento Figura 24)

	Serbatoio 3	Tubo tratto 3	TOTALE
IMPORTO LAVORI			
Lavori ed opere	31 754,08	7 301,70	39 055,78
Oneri per la sicurezza aggiuntivi non soggetti a ribasso (+2% CC)	635,08	146,03	781,12
Totale importo appalto	32 389,16	7 447,74	39 836,90
SOMME A DISPOSIZIONE			
Rilievi, accertamenti, indagini, spese tecniche per progettazione e DLL (+10% CC)	3 175,41	730,17	3 905,58
Allacciamenti ai pubblici servizi (+2% CC)	635,08	146,03	781,12
Imprevisti (+5% CC)	1 587,70	365,09	1 952,79
Collaudo (+1% CC)	317,54	73,02	390,56
IVA totale (+22% CC)	6 985,90	1 606,37	8 592,27
Totale somme a disposizione	12 701,63	2 920,68	15 622,31
TOTALE COSTO DI REALIZZAZIONE	45 090,79	10 368,42	55 459,21

Tabella 54: Quadro economico sistema 3 (riferimento Figura 25)

Come già evidenziato nel capitolo 3, le opere descritte si configurano come migliorie progettuali, che possono dunque essere recepite nel livello di progettazione successivo all'attuale Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica approvato dal Comune o come migliorie esecutive proposte dall'impresa in sede di gara.

Trattandosi dunque di un ente pubblico, secondo l'attuale normativa, deve rispettare i Criteri Ambientali Minimi, per tale ragione è stato redatto un secondo computo metrico per poter effettuare delle valutazioni dal punto di vista economico. Inoltre, si pone l'obiettivo di effettuare il confronto dei costi di costruzione in un caso e nell'altro per valutare lo scostamento tra i due casi.

Siccome il rispetto dei C.A.M. è obbligatorio per interventi di nuova costruzione ma solo applicabile nelle misure in cui è possibile per interventi sull'esistente, l'applicazione viene dunque valutata come elemento premiale. Pertanto appare interessante quantificare i costi per ragioni di opportunità.

	Serbatoio 1	Tubo tratto 1	Rain garden	Tubo tratto 4	TOTALE
IMPORTO LAVORI					
Lavori ed opere	33 701,30	7 683,57	24 110,46	2 661,65	68 156,98
Oneri per la sicurezza aggiuntivi non soggetti a ribasso (+2% CC)	674,03	153,67	482,21	53,23	1 363,14
Totale importo appalto	34 375,33	7 837,24	24 592,67	2 714,88	69 520,12
SOMME A DISPOSIZIONE					
Rilievi, accertamenti, indagini, spese tecniche per progettazione e DLL (+10% CC)	3 370,13	768,36	2 411,05	266,16	6 815,70
Allacciamenti ai pubblici servizi (+2% CC)	674,03	153,67	482,21	53,23	1 363,14
Imprevisti (+5% CC)	1 685,06	384,18	1 205,52	133,08	3 407,85
Collaudo (+1% CC)	337,01	76,84	241,10	26,62	681,57
IVA totale (+22% CC)	7 414,29	1 690,39	5 304,30	585,56	14 994,54
Totale somme a disposizione	13 480,52	3 073,43	9 644,19	1 064,66	27 262,79
TOTALE COSTO DI REALIZZAZIONE	47 855,85	10 910,67	34 236,86	3 779,54	96 782,91

Tabella 55: Quadro economico sistema 1 (secondo C.A.M.)

	Serbatoio 2	Fontana	Tubo tratto 2	Water square	Tubo tratto 5	TOTALE
IMPORTO LAVORI						
Lavori ed opere	33 919,04	74 967,86	1 370,61	76 792,67	917,43	182 138,51
Oneri per la sicurezza aggiuntivi non soggetti a ribasso (+2% CC)	678,38	1 499,36	27,41	1 535,85	18,35	3 642,77
Totale importo appalto	34 597,42	76 467,22	1 398,03	78 328,52	935,77	185 781,28
SOMME A DISPOSIZIONE						
Rilievi, accertamenti, indagini, spese tecniche per progettazione e DLL (+10% CC)	3 391,90	7 496,79	137,06	7 679,27	91,74	18 213,85
Allacciamenti ai pubblici servizi (+2% CC)	678,38	1 499,36	27,41	1 535,85	18,35	3 642,77
Imprevisti (+5% CC)	1 695,95	3 748,39	68,53	3 839,63	45,87	9 106,93
Collaudo (+1% CC)	339,19	749,68	13,71	767,93	9,17	1 821,39
IVA totale (+22% CC)	7 462,19	16 492,93	301,54	16 894,39	201,83	40 070,47
Totale somme a disposizione	13 567,62	29 987,14	548,25	30 717,07	366,97	72 855,41
TOTALE COSTO DI REALIZZAZIONE						
	48 165,04	106 454,36	1 946,27	109 045,59	1 302,75	258 636,69

Tabella 56: Quadro economico sistema 2 (secondo C.A.M.)

	Serbatoio 3	Tubo tratto 3	TOTALE
IMPORTO LAVORI			
Lavori ed opere	32 006,95	7 029,00	39 035,94
Oneri per la sicurezza aggiuntivi non soggetti a ribasso (+2% CC)	640,14	140,58	780,72
Totale importo appalto	32 647,09	7 169,58	39 816,66
SOMME A DISPOSIZIONE			
Rilievi, accertamenti, indagini, spese tecniche per progettazione e DLL (+10% CC)	3 200,69	702,90	3 903,59
Allacciamenti ai pubblici servizi (+2% CC)	640,14	140,58	780,72
Imprevisti (+5% CC)	1 600,35	351,45	1 951,80
Collaudo (+1% CC)	320,07	70,29	390,36
IVA totale (+22% CC)	7 041,53	1 546,38	8 587,91
Totale somme a disposizione	12 802,78	2 811,60	15 614,38
TOTALE COSTO DI REALIZZAZIONE			
	45 449,87	9 981,17	55 431,04

Tabella 57: Quadro economico sistema 3 (secondo C.A.M.)

Per future utilizzazioni di queste informazioni, dal totale dei costi di costruzione si procede con la determinazione dei costi parametrici, in primo luogo si determina tale costo utilizzando la superficie delle piazze, che nel presente elaborato sono state identificate come zone, in modo da poter identificare l'incisione delle miglioni e aggiungere tale costo alle voci già presenti nel computo metrico estimativo redatto nell'ambito dei Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica.

In secondo luogo, sono stati determinati i costi parametrici utilizzando come superficie parametrica quella effettiva dell'intervento. La motivazione che porta alla definizione di tali costi parametrici è legata al possibile riutilizzo delle presenti valutazioni. I valori per unità di superficie della piazza non risultano in tal modo indicativi perché sia che la piazza abbia un'estensione di 3000 m² che 5000 m² il costo di costruzione dell'intervento rimane pressoché lo stesso, potrebbero variare i costi di realizzazione delle tubazioni in funzione della lunghezza del tratto.

Per quanto riguarda le tubazioni, si riportano i valori per unità di lunghezza andando a considerare che sono state considerate due categorie: le tubazioni che permettono di smaltire la portata di acqua piovana che confluirebbe in fognatura qualora gli interventi non venissero realizzati e le tubazioni dimensionate nel rispetto della portata che può confluire in fognatura secondo quanto riportato dalla Regione Lombardia pari a $20 l/(s * ha_{imp})$.

Della prima categoria, nel presente intervento, si hanno diametri pari a 350, 400 e 450 mm, pertanto verrà considerato un costo medio per unità di lunghezza della tubazione pari a 156,12 €/m. Per la seconda categoria si hanno tubazioni del diametro di 160 mm che rimane costante per i due tratti che collegano i bacini di laminazione alla fognatura e, dai computi metrici, si desume che il costo per unità di lunghezza sia pari a 54,73 €/m.

Un ragionamento analogo deve essere effettuato anche in merito al costo di installazione dei serbatoi, in quanto esso varia in funzione della capacità del serbatoio stesso piuttosto che in funzione dei m² che esso occupa. Infatti si evince che il costo di installazione delle sole cisterne ammonta a 75 centesimi per litro di acqua stoccato, a questo costo si devono sommare tutti quelli relativi alle opere annesse come lo scavo e così via.

Inoltre dalla tabella di confronto di seguito riportata, si può notare che i serbatoi non abbiano esattamente il medesimo costo di costruzione parametrico e, di conseguenza, di realizzazione. La motivazione di tale discrepanza è legata ai differenti diametri delle tubazioni che collegano il filtro collocato nel pozzetto con il tubo telescopico.

OPERA	Superficie [m ²]	NO C.A.M.		C.A.M.	
		Costo di costruzione totale [€]	Costo di costruzione parametrico [€/m ²]	Costo di costruzione totale [€]	Costo di costruzione parametrico [€/m ²]
ZONA 1					
Serbatoio 1	3 482,56	33 448,43	9,60	33 701,30	9,68
Tubo da serbatoio 1 a bacino 1		5 664,85	1,63	7 683,57	2,21
Bacino 1 - raingarden		19 685,16	5,65	24 110,46	6,92
Tubo da bacino 1 a fognatura		3 078,85	0,88	2 661,65	0,76
TOTALE ZONA 1		61 877,29	17,77	68 156,98	19,57
ZONA 2					
Serbatoio 2	3 518,80	33 666,17	9,57	33 919,04	9,64
Tubo da serbatoio 2 a bacino 2		1 004,48	0,29	1 370,61	0,39
Bacino 2 - water square		77 665,84	22,07	76 792,67	21,82
Tubo da bacino 2 a fognatura		638,40	0,18	917,43	0,26
TOTALE ZONA 2		107 145,80	30,45	107 170,66	30,46
FONTANA	3 518,80	74 967,86	21,30	---	---
ZONA 3					
Serbatoio 3	4 140,16	31 754,08	7,67	32 006,95	7,73
Tubo da serbatoio 3 a fognatura		7 301,70	1,76	7 029,00	1,70
TOTALE ZONA 3		39 055,78	9,43	39 035,94	9,43

Tabella 58: Costi parametrici di costruzione²⁷

²⁷ La superficie parametrica coincide con la superficie delle piazze.

OPERA	Superficie [m ²]	NO C.A.M.		C.A.M.	
		Costo di costruzione totale [€]	Costo di costruzione parametrico [€/m ²]	Costo di costruzione totale [€]	Costo di costruzione parametrico [€/m ²]
ZONA 1					
Serbatoio 1	170,77	33 448,43	195,87	33 701,30	197,35
Tubo da serbatoio 1 a bacino 1	24,00	5 664,85	236,04	7 683,57	320,15
Bacino 1 - raingarden	333,67	19 685,16	59,00	24 110,46	72,26
Tubo da bacino 1 a fognatura	33,60	3 078,85	91,63	2 661,65	79,22
TOTALE ZONA 1	562,04	61 877,29	110,09	68 156,98	121,27
ZONA 2					
Serbatoio 2	170,77	33 666,17	197,15	33 919,04	198,63
Tubo da serbatoio 2 a bacino 2	3,00	1 004,48	334,83	1 370,61	456,87
Bacino 2 - water square	267,12	77 665,84	290,75	76 792,67	287,48
Tubo da bacino 2 a fognatura	6,60	638,40	96,73	917,43	139,00
TOTALE ZONA 2	447,49	107 145,80	239,44	107 170,66	239,49
FONTANA	19,63	74 967,86	3 818,08	---	---
ZONA 3					
Serbatoio 3	170,77	31 754,08	185,95	32 006,95	187,43
Tubo da serbatoio 3 a fognatura	25,80	7 301,70	283,01	7 029,00	272,44
TOTALE ZONA 3	196,57	39 055,78	198,69	39 035,94	198,59

Tabella 59: Costi parametrici di costruzione²⁸

²⁸ La superficie parametrica coincide con la superficie coinvolta dall'intervento.

I costi parametrici estratti sono in funzione di due differenti superficie, quella della piazza e quella effettivamente coinvolta dall'intervento. Come si evince dallo schema in figura 75, la superficie dell'intervento risulta nettamente inferiore rispetto a quella complessiva della piazza. Infatti considerando il sistema 1, la superficie effettivamente coinvolta dalle lavorazioni risulta circa un centesimo rispetto a quella della piazza.

Pertanto secondo tali considerazioni, si evince che il costo parametrico in funzione della superficie di intervento risulta maggiore a quello definito considerando l'intera superficie della piazza. Risulta quindi forviante applicare il costo parametrico in funzione della superficie del lotto in casi differenti da quello in oggetto in quanto potrebbe portare a sovrastime o sottostime determinando risultati non attendibili.

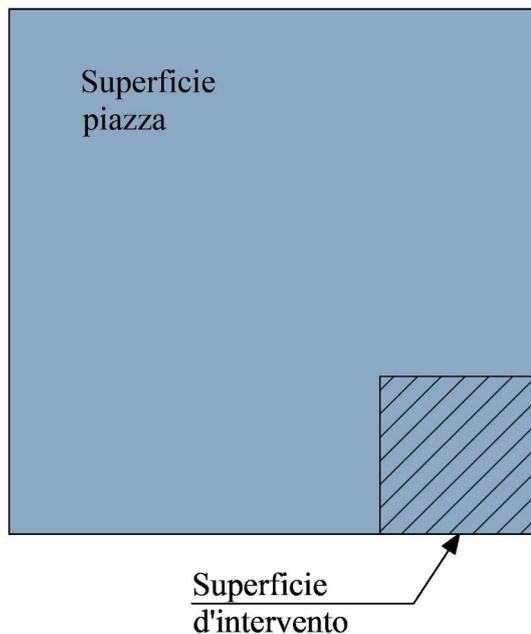


Figura 75: Schema definizione superfici

6.1.1 Confronto tra valori di progetto e con migliorie CAM

In seguito all'elaborazione dei quadri economici di tutti i sistemi ipotizzati, si procede con l'operazione di confronto tra i valori parametrici ottenuti, si avranno valori legati al computo metrico redatto senza tenere conto dei criteri ambientali minimi e quello compilato tenendo in considerazione tali requisiti.

Come già mostrato nella tesi "*Prime valutazioni economiche dell'applicazione dei CAM in edilizia*"²⁹, l'incremento di costo legato alla scelta di materiali che soddisfano i Criteri Ambientali Minimi non è costante rispetto alle lavorazioni tradizionali e varia da tipologia a tipologia di materiale scelto. Non solo l'aumento dei costi non segue un andamento lineare, in alcuni casi si evidenzia addirittura un decremento, ovvero qualche volta i materiali che rispettano i suddetti requisiti risultano essere più economici rispetto a materiali prodotti senza tenere conto di tali parametri.

Quanto descritto è stato riscontrato anche nella redazione dei computi metrici estimativi (Allegato 1), in particolare si evidenzia che materiali con basi plastiche come i tubi in PVC, se rispettosi dei C.A.M., hanno costi di fornitura nettamente più elevati, mentre altri come il calcestruzzo non subiscono tale incremento, anzi costano meno rispetto ai materiali "tradizionali". Una prima ipotesi riguarda la provenienza di tali materiali ovvero, mentre gli inerti riciclati possono essere reperiti nella maggior parte delle cave presenti sul territorio, le materie a base plastica devono essere lavorate presso impianti predisposti per la lavorazione di tale materiale e risultano presenti sul territorio in quantità nettamente inferiore.

²⁹ Tesi di laurea a cura di Michele Vidili, "*Prime valutazioni economiche dell'applicazione dei CAM in edilizia*", Politecnico di Torino, Corso di laurea magistrale in Ingegneria Edile, a.a. 2016/17

Infine per elementi come i serbatoi, il materiale in commercio rispetta i criteri minimi e non sono stati rilevati prodotti con percentuali migliorative rispetto al minimo richiesto.

Nella ricerca dei costi dei materiali equivalenti a quelli ipotizzati nella prima stesura del computo metrico è stato possibile riscontrare che non vi è una totale sovrapposibilità tra gli stessi. Un esempio riguarda il tubo dreno con diametro da 80 mm in PVC: non vi è la rispettiva voce che rispetti i C.A.M. infatti il diametro minimo presente nella sezione del Prezziario della Regione Piemonte è pari a 160mm ovvero il doppio. Una spiegazione di tale fatto può essere esplicitata ipotizzando che utilizzando materiale riciclato siano minori le caratteristiche meccaniche rispetto ad un materiale non riutilizzato, per tale ragione viene incrementato lo spessore e si ha anche un aumento dei costi di produzione.

In linea generale si può evidenziare che, se si rispettano i Criteri Ambientali Minimi, le voci riguardanti i tubi subiscono un incremento di costo legato all'aumento di costo delle materie plastiche che vengono utilizzate, la water square registra una diminuzione del costo di costruzione legato ad una diminuzione del costo di costruzione del calcestruzzo, mentre le restanti opere rimangono pressoché invariati.

I ragionamenti proposti valgono anche per i costi di realizzazione delle varie componenti, ovvero sono legati ai singoli costi di produzione e pertanto viene mantenuto lo stesso ragionamento.

In linea generale si evidenzia un aumento dei costi di costruzione legato all'utilizzo di materiali rispettosi dei Criteri Ambientali Minimi richiesti. Tale incremento non risulta ovviamente costante tra le macro voci che sono state individuate.

Tutti i ragionamenti proposti valgono anche per i costi parametrici basati sulla superficie di intervento perché seppure sia differente la superficie presa come riferimento l'entità globale dei lavori previsti rimane la stessa e quindi continuano a valere le ipotesi esposte.

		NO C.A.M.		C.A.M.	
OPERA	Superficie [m ²]	Costo di realizzazione totale [€]	Costo di realizzazione parametrico [€/m ²]	Costo di realizzazione totale [€]	Costo di realizzazione parametrico [€/m ²]
ZONA 1					
Serbatoio 1	3 482,56	47 496,77	13,64	47 855,85	13,74
Tubo da serbatoio 1 a bacino 1		8 044,09	2,31	10 910,67	3,13
Bacino 1 - raingarden		27 952,93	8,03	34 236,86	9,83
Tubo da bacino 1 a fognatura		4 371,96	1,26	3 779,54	1,09
TOTALE ZONA 1		87 865,75	25,23	96 782,91	27,79
ZONA 2					
Serbatoio 2	3 518,80	47 805,97	13,59	48 165,04	13,69
Tubo da serbatoio 2 a bacino 2		1 426,36	0,41	1 946,27	0,55
Bacino 2 - water square		110 285,50	31,34	109 045,59	30,99
Tubo da bacino 2 a fognatura		906,53	0,26	1 302,75	0,37
TOTALE ZONA 2		152 147,04	43,24	152 182,33	43,25
FONTANA	3 518,80	106 454,36	30,25	---	---
ZONA 3					
Serbatoio 3	4 140,16	45 090,79	10,89	45 449,87	10,98
Tubo da serbatoio 3 a fognatura		10 368,42	2,50	9 981,17	2,41
TOTALE ZONA 3		55 459,21	13,40	55 431,04	13,39

Tabella 60: Costi parametrici di realizzazione³⁰

³⁰ La superficie parametrica coincide con la superficie delle zone considerate (piazze).

		NO C.A.M.		C.A.M.	
OPERA	Superficie [m ²]	Costo di realizzazione totale [€]	Costo di realizzazione parametrico [€/m ²]	Costo di realizzazione totale [€]	Costo di realizzazione parametrico [€/m ²]
ZONA 1					
Serbatoio 1	170,77	47 496,77	278,14	47 855,85	280,24
Tubo da serbatoio 1 a bacino 1	24,00	8 044,09	335,17	10 910,67	454,61
Bacino 1 - raingarden	333,67	27 952,93	83,77	34 236,86	102,61
Tubo da bacino 1 a fognatura	33,60	4 371,96	130,12	3 779,54	112,49
TOTALE ZONA 1	562,04	87 865,75	156,33	96 782,91	172,20
ZONA 2					
Serbatoio 2	170,77	47 805,97	279,95	48 165,04	282,05
Tubo da serbatoio 2 a bacino 2	3,00	1 426,36	475,45	1 946,27	648,76
Bacino 2 - water square	267,12	110 285,50	412,87	109 045,59	408,23
Tubo da bacino 2 a fognatura	6,60	906,53	137,35	1 302,75	197,39
TOTALE ZONA 2	447,49	152 147,04	340,00	152 182,33	340,08
FONTANA	19,63	106 454,36	5 421,68	---	---
ZONA 3					
Serbatoio 3	170,77	45 090,79	264,05	45 449,87	266,15
Tubo da serbatoio 3 a fognatura	25,80	10 368,42	401,88	9 981,17	386,87
TOTALE ZONA 3	196,57	55 459,21	282,14	55 431,04	281,99

Tabella 61: Costi parametrici di realizzazione³¹

³¹ La superficie parametrica coincide con la superficie coinvolta dall'intervento.

6.2 Confronti di casi studio

In seguito alla determinazione dei valori parametrici del caso oggetto di analisi, si è proceduto con la ricerca di valori parametrici di interventi analoghi per poter effettuare un'operazione di confronto. In una prima fase sono state individuate tre tipologie di sistema: il serbatoio per il recupero dell'acqua piovana, il rain garden e la water square.

Per quanto riguarda i sistemi di raccolta e di recupero dell'acqua piovana sono stati individuati alcuni termini di paragone che forniscono degli intervalli di valori in funzione della dimensione del serbatoio che si prevede di installare espressa in termini di capacità.

Secondo alcune indagini di mercato riguardanti l'installazione di un impianto di recupero dell'acqua piovana domestico, che comprende filtro per la pulizia dell'acqua e una cisterna per la conservazione, possono risultare attendibili e seguenti intervalli di valore:

- cisterna piccola € 900-2.000;
- cisterna media € 1.500-3.350;
- cisterna grande € 2.400-4.600.

Una prima osservazione riguarda la sovrapposizione dei range di valori in funzione della capacità del serbatoio e questo potrebbe essere legato al costo del filtro in quanto non strettamente proporzionale ai litri di acqua che possono essere stoccati.

In secondo luogo risulta indispensabile conoscere in termini numerici di capacità cosa si intende per serbatoio piccolo, medio e grande, è stata ipotizzata la seguente equivalenza: piccolo contiene al massimo 1500 litri, medio tra 1500 e 5000 litri e grande da 5000 a 8000 litri.

Cisterna	Capacità media [l]	Costo medio [€]	Costo parametrico medio [€/l]
piccola	750	1450	1,93
media	3250	2425	0,75
grossa	6500	3500	0,54

Tabella 62: Costi medi impianti di recupero acqua piovana (termine di confronto 1)

Alcuni costi riportati sono stati confermati anche da altre fonti secondo le quali un impianto di raccolta dell'acqua piovana permette di raggiungere dei risparmi pari al 50% dei consumi di acqua e l'investimento può essere ammortizzato in circa 10-15 anni. Inoltre, per un impianto definito di piccole dimensioni con capacità di circa 2000 litri, si possono spendere circa € 1.000-1.500 pertanto considerato un costo medio di € 1.250 corrisponde a 0,62 €/l.

Infine si riporta un ulteriore termine di paragone fornito da indagini di mercato che coinvolgono una ditta europea, più precisamente tedesca. Di seguito si riporta una tabella con le capacità e i prezzi di vendita della suddetta ditta, determinando i costi parametrici al litro è possibile notare come questi siano maggiori per i serbatoi di piccole dimensioni per poi andare e stabilizzarsi a 0,51 €/l con qualche piccola oscillazione.

Capacità [l]	Costo [€]	Costo parametrico [€/l]
1 500,00	1 815,00	1,21
3 000,00	2 525,00	0,84
5 000,00	3 219,00	0,64
7 100,00	3 899,00	0,55
10 000,00	5 359,00	0,54
13 000,00	6 885,00	0,53
15 000,00	7 499,00	0,50
20 000,00	10 279,00	0,51
25 000,00	12 849,00	0,51
30 000,00	15 419,00	0,51
35 000,00	17 989,00	0,51
40 000,00	20 559,00	0,51
45 000,00	23 129,00	0,51
50 000,00	25 185,00	0,50
55 000,00	28 269,00	0,51

Tabella 63: Costi medi serbatoi di recupero acqua piovana (termine di confronto 3)

Procedendo ad un primo confronto tra i vari termini di paragone è possibile constatare che il primo caso risulta avere costi maggiori rispetto agli altri, ma si deve anche tenere in considerazione che è inclusa la manodopera per l'installazione dell'intero impianto, inoltre comprende range molto ampi, pertanto non può fornire valori precisi come i casi successivi.

Considerando che i tre serbatoi che vengono installati hanno una capacità pari a 20.000 litri ciascuno e la sola fornitura ha un costo pari a € 10.000,00 pertanto il costo parametrico sulla base dell'acqua che può essere contenuta all'interno è pari a 50 centesimi compatibile con i termini di confronto del terzo caso. Se si considera anche l'installazione del solo serbatoio con filtro e tubi telescopici si raggiunge la cifra pari a €15.000,00 che corrisponde a circa 75 centesimi per litro di acqua stoccata.

La successiva parte del presente paragrafo è dedicata alla definizione di termini di paragone dei due bacini di laminazione che sono state dimensionati e computati nell'ambito delle migliorie del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica. Per prima cosa si procede alla distinzione tra il rain garden e la piazza d'acqua che è stata effettuata in fase di definizione degli elementi progettuali e sarà mantenuta anche nella fase di confronto, pertanto si avranno dei termini di confronto per ciascuna delle due categorie.

Per quanto riguarda i rain garden un primo caso di confronto viene estratto dall'articolo "City greening by rain gardens - costs and benefits" di Ewelina Siwiec, Anne Maren Erlandsen, Haakon Vennemo. Secondo quanto riportato nel suddetto riferimento bibliografico, il costo di costruzione di un rain garden dipende da una serie di fattori tra i quali le dimensioni, le condizioni del terreno, la tipologia di piante e i materiali utilizzati dividendo i costi tra investimento e mantenimento.

Sebbene i dati relativi ai costi di un rain garden siano esigui, secondo Fundacja Sendzimira il costo totale di un rain garden 2.000-2.500 PLN per 2 m² (2015) pertanto considerando che

uno Zloty polacco equivale a 0,22 euro³² e un incremento del costo di costruzione pari al 26,5% corrispondente ad un indice di costo di un capannone industriale³³ (il dato è stato aggiornato ad agosto 2023, ultimo dato disponibile). In seguito alla premessa effettuata è possibile affermare che il costo per unità di superficie del rain garden è compreso tra 278,30 €/m² e 347,88 €/m².

Un secondo termine di confronto è stato estratto dall'articolo "Valori non di mercato dei progetti urbani sensibili all'acqua: un caso di studio sui giardini pluviali" redatto da Md Sayed Iftexhar, Fan Zhang, Maksym Polyakov, James Fogarty e Michael Burton. Il costo di costruzione dei rain garden è stato derivato da Brinckerhoff³⁴ e corrisponde a 1.269 dollari al m² nel 2016.

Il valore riportato per il costo di costruzione del giardino pluviale è desunto da un costo medio da un valore massimo per unità di superficie pari a \$ 2962 e uno minimo pari a \$ 846.

I valori relativi a questo caso di confronto risalgono al 2016 e sono espressi in dollari pertanto, in modo analogo la precedente caso, si effettua la conversione in euro considerando che un dollaro equivale a 95 centesimi³⁵ e secondo i dati Istat il percentuale di incremento del costo di costruzione risulta essere pari a 19,7%. Secondo quanto riportato il costo di costruzione per unità di metro quadrato risulta essere pari a € 1.443,04.

Un differente caso studio, utilizzato per confrontare i costi di costruzione di un giardino pluviale, afferma che varia tra 3 e 15 dollari per piede quadrato di superficie di sviluppo. Pertanto il costo medio desunto dal questionario risulta essere pari a \$9 (2008), valore che risulta essere una stima ragionevole per l'installazione del rain garden nella zona di studio situata nei pressi della Chesapeake Bay.

In modo analogo ai casi precedenti i costi devono essere attualizzati e convertiti in €/m² pertanto i dati Istat dicono che la percentuale di incremento sia pari a 32,7%, mentre le due equivalenze da considerare sono 1\$ = 0,95cent e un piede quadrato corrisponde a 0,3048 m². Si evince, dunque, che il costo di costruzione per unità di superficie risulta essere pari a 37,28 €/m².

³² Dato estratto in data 13/10/2023.

³³ Si considera un capannone industriale perché ha una minore quantità e complessità di impianti, quindi più simile al caso in oggetto, più vicine a opere civili di infrastrutture del territorio.

³⁴ P. Brinckerhoff, "Costo del ciclo di vita della progettazione urbana sensibile all'acqua - Rapporto di analisi dei dati: rapporto preparato per Melbourne Water" (2013), Melbourne, Australia

³⁵ Dati estratti in data 13/10/2023.

RAIN GARDEN			
Anno	Stato	Valore [€/m ²]	Valore attuale [€/m ²]
2015	Polonia	247,5	313,09
2016	U.S.A.	1 205,55	1 443,04
2008	U.S.A.	31,14	37,28
Proposta progettuale			
Materiali che non rispettano i requisiti C.A.M.			83,77
Materiali che rispettano i requisiti C.A.M.			102,61

Tabella 64: Riepilogo dati a confronto rain garden

Nella tabella 64 sono stati inseriti i costi parametrici dei termini di paragone che sono stati presi in considerazione per confrontarli con quelli della proposta che è stata sviluppata. In prima istanza si evince che se si utilizza il costo parametrico riferito alla superficie della piazza esso risulta nettamente inferiore in quanto i termini di confronto utilizzano come superficie parametrica quella effettiva del giardino pluviale.

In secondo luogo è possibile notare che il valori di confronto sono molto differenti tra loro (si tratta addirittura di un ordine di grandezza). Una motivazione di tale delta potrebbe essere legata alla profondità del giardino pluviale che è stata ipotizzata pari a 35 cm e risulta essere sufficientemente analoga all'intervento del 2008 che prevedeva una profondità di circa 5 pollici equivalenti a 0,127 metri. Inoltre, si evidenzia la correlazione con la profondità in quanto ad essa sono legate le lavorazioni come attività di scavo e quantità di materiale di risulta. Non è stata presa in considerazione la superficie di tale bacino in quanto i costi considerati sono parametrici per unità di superficie, pertanto risulta ininfluenza l'estensione delle opere.

Tra i valori riportati nella tabella 64 è possibile notare che vi sia un caso studio caratterizzato da un costo nettamente superiore agli altri. Ai fini del confronto tale valore non è stato preso in considerazione perché eccessivo, come riscontrato anche attraverso indagini di mercato dirette. Si presume, pertanto, che tale costo possa essere associato a particolari sistemi (come quello di stoccaggio) realizzati nel sottosuolo.

Si riporta inoltre quanto riscontrato attraverso un'indagine di mercato diretta svolta contattando l'ingegner Anacleto Rizzo di IRIDRA: secondo quanto riscontrato dallo stesso i rain garden possono avere 3 differenti fasce relativamente al costo di costruzione parametrico degli stessi. La prima tipologia prevede un costo di realizzazione minimo, circa pari a 50 euro per unità di superficie, e si rientra in questa casistica ogni qualvolta si preveda la realizzazione di una depressione all'interno di un'area verde senza andare a definire una precisa stratigrafia del terreno sottostante. Quindi si tratta di un caso che prevede solo movimenti terra con trasporto in discarica del materiale di risulta e rinterro a formazione delle scarpate secondo la pendenza in progetto.

La fascia di costo individuata, compresa tra i 100 ed i 200 euro per unità di superficie, prevede la realizzazione del rain garden su un'area verde (come nel caso precedente) ma andando a realizzare strati con materiale selezionato per migliorare la capacità di infiltrazione del terreno stesso, pertanto si prevederà ghiaia con granulometria maggiore per gli strati sottostanti e ghiaia/sabbia di diametro inferiore per gli strati più in superficie.

Infine, la terza fascia individuata, compresa tra i 300 ed i 500 euro per unità di superficie, può essere applicata ogni qualvolta si preveda la realizzazione di strati utilizzando materiale opportunamente selezionato, ma a differenza del caso precedente la preesistenza è caratterizzata da materiale impermeabile. Si tratta pertanto di casi in cui è presente una pavimentazione, anche bituminosa, e si deve agire andando a svolgere un'operazione di "deimpermeabilizzazione".

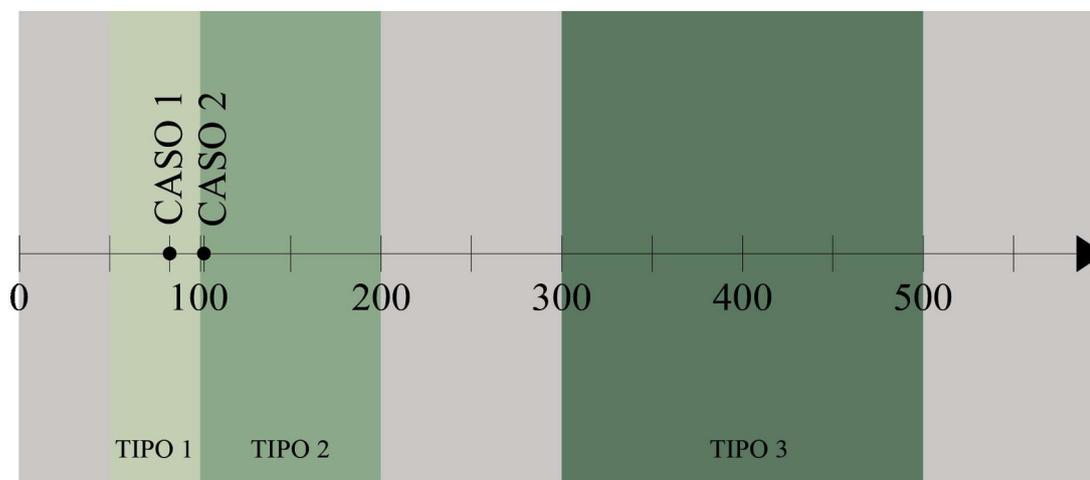


Figura 76: Schema tipologie rain garden

Nella Figura 76 si riporta quanto espresso nel precedente paragrafo individuando con i termini "Tipo 1", "Tipo 2" e "Tipo 3" le tre tipologie di intervento che determinano le differenti fasce di costo individuate.

Sono inoltre stati identificati il caso 1 e il caso 2 che corrispondono a quanto progettato nel presente elaborato di tesi, si tratta infatti della stessa opera computata ottenendo i valori di progetto e gli stessi con migliori C.A.M. che determinano un differente costo di costruzione.

Si evidenzia dunque una posizione al limite tra una fascia e l'altra, da un punto di vista teorico l'opera in progetto si dovrebbe collocare nella categoria "Tipo 2" in quanto è stata studiata un'opportuna stratigrafia per migliorare le capacità filtranti del terreno sottostante. Si evince, però, che la profondità del rain garden in progetto sia minima, ovvero pari a 40 cm, e non tutta la superficie coinvolta dall'intervento è caratterizzata da una depressione, riducendo così i volumi di scavo e i costi relativi alla realizzazione dell'opera stessa.

Infine la terza tipologia di dati a confronto riguarda le piazze d'acqua, in questo caso il termine di paragone rispetto all'intervento descritto nel presente elaborato è caratterizzato dalla water square di Rotterdam, ovvero un bacino di raccolta delle acque piovane nel centro della città. Di seguito si riporta una scheda riassuntiva dell'intervento preso in considerazione per il confronto.

Water Square Benthemplein (Rotterdam, Paesi Bassi)



Figura 77: Vista dall'alto Water Square Benthemplein

(FONTE: www.publicspace.org/works/-/project/h034-water-square-in-benthemplein)



Figura 78: Localizzazione intervento (FONTE: earth.google.com)

Costo totale:	€ 2,5 milioni	Costo al m ² :	€ 277,78 (2013) € 332,50 (2023)
Superficie [m ²]:	9000 m ²		
Termine lavori:	2013		

Descrizione:

Si tratta di uno spazio pubblico all'interno della città caratterizzato da una duplice funzione: spazio pubblico e deposito di acqua piovana.

Per la maggior parte del tempo la piazza rimane asciutta ospitando spazi ricreativi per il pubblico con campi da basket all'interno di un anfiteatro, mentre durante le giornate caratterizzate da precipitazioni piovose si trasforma in un bacino dedicato allo stoccaggio temporaneo di acqua piovana (fino a 1700 m³).

L'acqua riempie prima i due bacini laterali (di dimensioni ridotte) e poi la zona dell'anfiteatro, l'acqua viene poi convogliata lentamente attraverso tubi verso il bacino idrico più vicino senza sovraccaricare il sistema fognario.

Per la realizzazione dell'opera sono stati impiegati € 2,5 milioni dei quali circa € 1,2 milioni sono stati finanziati dalla Commissione Europea per terminare i lavori a 2 anni dall'inizio nel 2013.



Figura 79: Water Square Benthemplein (FONTE: www.publicspace.org/works/-/project/h034-water-square-in-benthemplein)

Tabella 65: Scheda descrittiva water square Rotterdam

WATER SQUARE			
Anno	Stato	Valore [€/m ²]	Valore attuale [€/m ²]
2013	Paesi Bassi	277,78	332,50
Proposta progettuale			
Materiali che non rispettano i requisiti C.A.M.			412,87
Materiali che rispettano i requisiti C.A.M.			408,23

Tabella 66: Riepilogo dati a confronto water square

In questo caso, come già accennato, il termine di paragone è uno solo, ma si evince che il delta dei costi di costruzione sia inferiore a €100,00; si potrebbe dunque affermare che i costi siano circa analoghi evidenziando che la water square di Rotterdam abbiamo un costo inferiore rispetto al caso dell'area Tabasso, ciò potrebbe essere ricondotto a differenti finiture tra i due casi oppure alla differente complessità dell'intervento. Si evince, inoltre, che le superfici a confronto siano nettamente differenti, si parla infatti di 9000 m² per il caso dei Paesi Bassi a confronto con 3482,56 m², tale differenza viene evidenziata, ma non risulta influente nel confronto dei valori riportati nella tabella 66 perché espressi per unità di superficie.

Conclusioni

Nel presente elaborato è stata presentata la tematica delle aree industriali dismesse andando a dimensionare il problema e localizzandolo. Approcciandosi ad un caso specifico, durante la fase di analisi è stata riscontrata la presenza di un Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica. Per tale ragione sono state approfondite le tematiche del recupero delle acque piovane e dei sistemi di drenaggio per il raggiungimento dell'invarianza idraulica, temi non sviluppati negli elaborati precedentemente redatti.

La proposta presentata prevede due tipologie di intervento per migliorare la gestione dell'acqua piovana basandosi sui principi di uno sviluppo sostenibile e puntando a raggiungere così i Goal 6 e 14.

Per quanto riguarda il recupero delle acque piovane sono stati dimensionati 3 serbatoi che permettono di risparmiare le risorse idriche attraverso il riutilizzo delle acque grigie che altrimenti andrebbero perdute in fognatura.

Oltre ai benefici, come la gestione sostenibile della risorsa, è possibile identificare un beneficio economico, quindi tangibile, perché si avrà sicuramente un costo iniziale dell'impianto, ma esso sarà ammortizzato negli anni sino al raggiungimento di una situazione nella quale l'impianto avrà un costo minimo legato alla manutenzione a fronte di una riduzione dei costi per l'irrigazione anche sino al 60%.

Per quanto riguarda il secondo obiettivo posto, si è scelto di applicare la filosofia del drenaggio urbano per il convogliamento delle acque e la riduzione delle portate scaricate in fognatura. Per il conseguimento di tale scopo un'area verde sarà trasformata in rain garden e una porzione di piazza in water square con il fine ultimo di mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici, in particolare delle inondazioni, sul lotto oggetto di intervento.

I benefici dei due bacini di ritenzione, ovvero del rain garden e della water square, sono molteplici, ma non sono facilmente tangibili come per i serbatoi, in quanto essi possono essere misurati solo in termini di riduzione dei danni causati dalle inondazioni e dei disagi evitati. Infatti l'obiettivo posto nella presente tesi è proprio quello di risolvere allagamenti localizzati che si verificano in caso di perturbazioni intense e per tale motivo l'acqua viene stoccata temporaneamente. Se si parla di interventi locali piuttosto che urbani, la letteratura non presenta esempi relativi ai benefici correlati alla realizzazione di tali opere, pertanto si sceglie di estrarre un caso realizzato a livello urbano nella città di Toledo, Ohio.

Secondo quanto riportato nel report "*Economic Assessment of Green Infrastructure Strategies for Climate Change Adaptation: Pilot Studies in The Great Lakes Region*" realizzato da Eastern Research Group, si può procedere solo con una sottostima dei benefici effettivi in quanto sono stati valutati i danni agli edifici che sono stati evitati, ma non sono stati determinati elementi come congestione del traffico, incidenti, pericoli per i pedoni, problemi con le fognature e molti altri. Secondo l'analisi condotta nel 2014 i benefici, calcolati come i danni evitati, su un periodo di 20 anni ammontano a 700.000 dollari (ovvero circa 116 €/m², valore attualizzato) corrispondenti a circa 38.000 dollari l'anno (ovvero circa 6-7 €/m² annui, valore attualizzato).

Considerando che i costi di realizzazione delle infrastrutture superano il milione di dollari, se si considera un tempo pari a 20 anni l'investimento non risulta redditizio (considerando che si tratta di una sottostima), ma se il tempo di ritorno considerato fosse pari a 50 anni il costo dei danni ammonterebbe a 1,77 milioni di dollari (ovvero circa 295 €/m², valore attualizzato) pertanto l'intervento andrebbe in pareggio. I costi relativi ai danni risultano essere nuovamente sottovalutati in quanto, secondo le previsioni in merito ai cambiamenti climatici, i fenomeni tenderebbero ad essere sempre più intensi e, di conseguenza, a provocare maggiori danni.

Alla luce dei benefici evidenziati si deve tenere anche in considerazione che per incentivare la realizzazione di infrastrutture verdi, è necessario anche l'intervento delle pubbliche amministrazioni ad esempio attraverso strumenti urbanistici. In alternativa si potrebbe incentivare il cittadino a realizzare sistemi per la gestione delle acque piovane attraverso agevolazioni fiscali.

In conclusione, gli elementi progettati nel presente elaborato e opportunamente dimensionati permettono una riduzione degli allagamenti localizzati per un tempo di ritorno pari a 50 anni, permettendo inoltre una corretta gestione delle acque piovane e il loro recupero secondo un utilizzo sostenibile di tale risorsa.

Bibliografia

- [1] Linee Guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo, Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente
- [2] Decreto del Presidente della Repubblica 13 giugno 2017, n. 120 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164"
- [3] Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale"
- [4] Archivio Storico Comune di Chieri, Fondo Cotonificio Felice Tabasso, A.C.T. 36, 49, 193, 195;
- [5] Marina Caudano, Alessandro Crivello, Teresa Martini, "IMPRESE e PARENTELE nell'industria tessile a Chieri negli anni del boom 1958-1963"
- [6] E. HORTON (Luigi Fanizzi - ECOACQUE ®)
- [7] Quaderni CSEI Catania III Serie Vol. 24, Invarianza idraulica e idrologica principi tecniche e normative, S. Alecci, S. Barbagallo, A. Campisano, Catania Novembre 2022
- [8] Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 (Regione Lombardia) 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
- [9] Sustainable Drainage Systems Soluzioni progettuali tipo di infrastrutture verdi per la gestione delle acque meteoriche © Raffaele Bonsignori, Giulio Senes - Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università degli Studi di Milano
- [10] Linee guida sull'adozione di tecniche di drenaggio urbano sostenibile per una città più resiliente ai cambiamenti climatici (Aprile 2008)
- [11] Md Sayed Iftekhar, Fan Zhang, Maksym Polyakov, James Fogarty e Michael Burton, "Economic Assessment of Green Infrastructure Strategies for Climate Change Adaptation: Pilot Studies in The Great Lakes Region", National Oceanic and Atmospheric Administration Coastal Services Center, Maggio 2014
- [12] Ewelina Siwiec, Anne Maren Erlandsen, Haakon Vennemo, "City greening by rain gardens - costs and benefits", Sciendo, 2018
- [13] David A. Newburn, Anna Alberini, "Household response to environmental incentives for rain garden adoption", AGU, 2016
- [14] Md Sayed Iftekhar, Fan Zhang, Maksym Polyakov, James Fogarty, Michael Burton, "Non-market values of water sensitive urban designs: A case study on rain gardens", Elsevier, 2021

Sitografia

- [1] www.isprambiente.gov.it (data ultima consultazione 15/09/2023)
- [2] www.treccani.it/enciclopedia (data ultima consultazione 30/05/2023)
- [3] www.storiaefuturo.eu/la-conservazione-del-patrimonio-industriale-in-italia-tracce-di-storia-interpretazione-metodi/ (ultima consultazione 30/05/2023)
- [4] <https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/suolo-e-territorio-1/miniere-e-cave/progetto-remi-rete-nazionale-dei-parchi-e-musei-minerari-italiani/banche-dati/censimento-nazionale-siti-minerari-dismessi>
- [5] www.relazione.ambiente.piemonte.it/2023/it/territorio/fattori/siti (ultima consultazione 10/09/2023)
- [6] www.unctad.org/publication/world-investment-report-2023 (ultima consultazione 10/09/2023)
- [7] www.archiportale.com/news/2007/02/architettura/torino-il-nuovo-polo-universitario-nell-area-ex-italgas_9268_3.html (ultima consultazione 30/08/2023)
- [8] ww.mole24.it/2021/08/15/campus-einaudi-il-polo-universitario-di-torino/ (ultima consultazione 30/08/2023)
- [9] www.grascalce.it/referenze/polo-fieristico-rho-pero-2/ (ultima consultazione 30/08/2023)
- [10] www.quaderni.org/verde-raffineria-petrolio/ (ultima consultazione 31/08/2023)
- [11] www.arketipomagazine.it/il-cantiere-di-bonifica/ (ultima consultazione 31/08/2023)
- [12] www.soc.chim.it/sites/default/files/chimind/pdf/2009_1_86_ca.pdf (ultima consultazione 31/08/2023)
www.firenze.repubblica.it/cronaca/2015/01/28/news/la_seconda_vita_della_centrale_ex_fiat_anche_un_ristorante-105998019/ (ultima consultazione 31/08/2023)
- [13] www.righettiemonteassociati.net/schede/2012_cartiere_verona.pdf (ultima consultazione 31/08/2023)
www.italianostra.org/sezioni-e-consigli-regionali/veneto/verona-le-ex-cartiere-piazza-bra-e-piazza-corrubio/ (ultima consultazione 31/08/2023)
- [14] www.tuttogreen.it/riqualificare-edifici-esistenti-il-caso-dei-gasometri-di-vienna/ (ultima consultazione 02/09/2023)
- [15] www.archeologiaindustriale.net/1964_la-ex-cable-factory-di-helsinki-oggi-il-piu-grande-centro-culturale-in-finlandia/#prettyPhoto (ultima consultazione 02/09/2023)
- [16] www.firenze.repubblica.it/cronaca/2015/01/28/news/la_seconda_vita_della_centrale_ex_fiat_anche_un_ristorante-105998019/ (ultima consultazione 02/09/2023)
- [17] www.architetturaecosostenibile.it/architettura/progetti/quartiere-ecologico-malmo-bo01-svezia-132 (ultima consultazione 02/09/2023)
- [18] www.rigeneriamoterritorio.it/il-gas-works-park-di-seattle-primario-recupero-industriale/ (ultima consultazione 02/09/2023)
- [19] www.lakeunionhistory.org/Gasworks_History.html (ultima consultazione 02/09/2023)
- [20] www.rove.me/it/to/seattle/gas-works-park (ultima consultazione 02/09/2023)
- [21] www.servizi.comune.chieri.to.it/web/trasparenza/papca-p/-/papca/display/59592?p_p_state=pop_up (ultima consultazione 15/10/2023)

- [22] www.webgis.arpa.piemonte.it/agportal/apps/webappviewer/index.html?id=378e0fcb7d44565ba836c07dd1c4c9b (ultima consultazione 20/09/2023)
- [23] www.comune.chieri.to.it/edilizia-urbanistica/piano-regolatore-generale-chieri
- [24] www.gpp.mite.gov.it/CAM-vigenti (data ultima consultazione 27/07/2023)
- [25] www.sciendo.com/article/10.2478/oszn-2018-0001
- [26] www-sciencedirect-com.ezproxy.biblio.polito.it/science/article/pii/S2212428421000037 (ultima consultazione 20/09/2023)
- [27] www.agupubs-onlinelibrary-wiley-com.ezproxy.biblio.polito.it/doi/full/10.1002/2015WR018063 (ultima consultazione 20/09/2023)
- [28] www.edilnet.it/guida/impianto-di-recupero-acqua-piovana-qual-e-il-costo-711 (ultima consultazione 30/10/2023)
- [29] www.immobilgreen.it/news/caratteristiche-green/recupero-acqua-piovana-risorsa-ecologica/ (ultima consultazione 30/10/2023)
- [30] www.rewatec.de/wp-content/uploads/kataloge/INRW9201_Gro%C3%9Ftanks_mit-Preisen.pdf (ultima consultazione 30/10/2023)
- [31] www.publicspace.org/works/-/project/h034-water-square-in-benthemplein (ultima consultazione 30/10/2023)
- [32] www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/flood_management_slides_120214_0.pdf (ultima consultazione 30/10/2023)
- [33] ww.coast.noaa.gov/data/digitalcoast/pdf/climate-change-adaptation-pilot.pdf (ultima consultazione 30/10/2023)
- [34] www.brianzacque.it/it/water-plaza-agrate-brianza (ultima consultazione 08/11/2023)

Allegato 1: Computo metrico estimativo

ANALISI PREZZO INSTALLAZIONE SERBATOIO										
Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
A.P.	Da indagine di mercato	Fornitura e posa cisterna	1,00				cad	15 000,00	1,00	15 000,00
		Fornitura e posa di pacchetto filtro								
		Fornitura e posa di tubo telescopico								
TOTALE										15 000,00

ANALISI PREZZO POSA POZZETTO										
Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
A.P. 2	01.P01.A20.005	Operaio qualificato - ore normali	1,00				h	34,21	1,00	34,21
	01.P24.A65.005	Nolo di pala gommata con retro escavatore munita di cucchiaia rovescia e benna frontale caricatrice, compreso manovratore, carburante, lubrificante, trasporto in loco ed ogni onere connesso per il tempo di effettivo impiego. Della potenza fino a 80 HP	1,00				h	66,48	1,00	66,48
TOTALE										100,69

ANALISI PREZZO FORNITURA ED INSTALLAZIONE POMPA										
Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
A.P. 3	Da indagine di mercato	Fornitura ed installazione pompa	1,00				cad	1 500,00	1,00	1 500,00
TOTALE										1 500,00

ANALISI PREZZO FORNITURA ED INSTALLAZIONE FONTANA										
Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
A.P. 4	DEI I-13	Fornitura ed installazione fontana	1,00				a corpo	59 573,94	1,00	59573,94
	DEI I-13	Impianto idrico	1,00				a corpo	15 393,92	1,00	15393,92
TOTALE										74 967,86

ANALISI PREZZO REALIZZAZIONE IMPERMABILIZZAZIONE										
Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
A.P. 5	Da indagine di mercato	Fornitura del materiale per la realizzazione di impermeabilizzazione	1,00				m ²	14,00	1,00	14,00
		Manodopera per la realizzazione di impermeabilizzazione	1,00				m ²	15,00	1,00	15,00
TOTALE										29,00

COMPUTO METRICO ZONA 1

Il presente computo è stato redatto non tenendo conto dei C.A.M. richiesti per i materiali utilizzati

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
SERBATOIO 1										
SCAVO										
1	01.A01.A05.010	Esecuzione di scotico dello strato superficiale del terreno, con adeguati mezzi meccanici, per profondità fino a 30 cm, compreso l'asportazione di cespugli e sterpaglie esistenti e sistemazione entro l'area del cantiere		14,92	10,92	0,30	m³	5,44	48,88	265,90
2	01.A01.A10.010	Scavo generale, di sbancamento o splateamento a sezione aperta, in terreni sciolti o compatti, fino a 4 m di profondità, eseguito con mezzi meccanici, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m³, misurato in sezione effettiva, compreso il carico sugli automezzi, trasporto e sistemazione entro l'area del cantiere								
		Fondo scavo		6,50	2,50	4,06				
		Scarpata 1	2,00	2,03	10,56	4,06	m³	4,62	207,07	956,68
		Scarpata 2	2,00	2,03	6,56	4,06				
3	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza								
		Scotico (aumento in volume 10%)	1,10			48,88	m³	5,53	281,55	1 556,96
		Scavo generale (aumento in volume 10%)	1,10			207,07				
GEOTESSUTO										
4	01.P28.A15.015	Geotessile non tessuto a filo continuo al 100% di propilene coesionato a caldo senza l'impiego di collanti o resine da g/m² 68 a 280, per la costruzione di drenaggi, strade, piazzali, parcheggi, la stabilizzazione del suolo, il controllo dell'erosione, impianti sportivi, giardini pensili. g/m² 150								
		Fondo scavo		6,50	2,50					
		Sopra strato drenante		7,10	3,10					
		Scarpata 1	2,00	10,21	4,36		m²	0,89	188,48	167,75
		Scarpata 2	2,00	6,21	4,36					
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00		0,25				
5	01.A21.G55.005	Posa di geotessile su terreni e manufatti già predisposti quali scarpate livellate, muri di sostegno etc.; puntato, graffiato e cucito a regola d'arte. In fibra di poliestere o simile								
		Fondo scavo		6,50	2,50					
		Sopra strato drenante		7,10	3,10					
		Scarpata 1	2,00	10,21	4,36		m²	2,36	181,44	428,20
		Scarpata 2	2,00	6,21	4,36					
6	01.A21.G50.005	Posa di geotessile filtrante per l'avvilupamento di tubi drenanti a un solo giro, completo di cucitrice o a calza o posto con idonea sovrapposizione, munito di fascette di ancoraggio e legature per rendere stabile il tessuto sulle zone fessurate del tubo drenante. In fibra di poliestere o simile di qualsiasi diametro								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00		0,25	m	1,78	7,04	12,53
FORNITURA E POSA DI TUBO DRENO										
7	01.P08.F10.005	Tubo speciale in PVC per formazione drenaggi, Diametro mm 80 - doppia finestratura								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00			m	4,73	28,00	132,44
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			13,24
8	01.A21.G60.005	Posa in opera di tubo dreno per drenaggio. In PVC rigido microfessurato								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00			m	6,49	28,00	181,72
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			18,17
STRATO DRENANTE										
9	01.P03.A90.005	Ghiaia semplicemente vagliata								
		Strato drenante		6,80	2,80	0,30	m³	26,39	5,71	150,74
10	18.A85.A05.015	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la ciliindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. ghiaia vagliata, pietrisco e ciotoli sparsi con mezzo meccanico								
		Strato drenante		6,80	2,80	0,30	m³	6,12	5,71	34,96
SABBIA										

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
11	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139.								
		Sabbia granita di cava								
		primi 20 cm		7,30	3,30	0,20	m³	32,52	288,17	9 371,31
		oltre 20 cm		10,90	6,90	4,06				
	(a dedurre volume della cisterna)	-22,00								
12	18.A85.A05.005	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindatura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. materiali terrosi, sabbia, graniglia, pietrischetto stabilizzato e simili, sparsi con mezzi meccanici								
		primi 20 cm		7,30	3,30	0,20	m³	4,63	288,17	1 334,23
		oltre 20 cm		10,90	6,90	4,06				
			(a dedurre volume della cisterna)	-22,00						
CISTERNA										
13	A.P. 1	Fornitura e posa cisterna	1,00				cad	15 000,00	1,00	15 000,00
		Fornitura e posa di pacchetto filtro								
		Fornitura e posa di tubo telescopico								
14	08.A40.I75.040	Provvista e posa in opera di tubazioni in polietilene ad alta densità PE/A 100 sigma 80 = 80 kgf/cm² ad elevata prestazione, idonee a posa in assenza di letto di sabbia -prodotte secondo specifica tecnica PAS 1075, UNI EN 12201, rispondenti alle prescrizioni igienico sanitarie del ministro della sanità relative a manufatti per liquidi, compresa la discesa nelle trincee e nei manufatti con sistemazione a livelletta, esecuzione dei giunti, mediante manicotti di raccordo o flange oppure con saldature per fusione nel caso di polietilene in barre, compreso collaudo e prova idraulica ed ogni opera accessoria:								
		DE 355, PN 6		0,80		m	109,22	0,80	87,38	
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)				a corpo			8,74	
15	A.P. 4	Acqua per la cisterna	20,00				m³	1,37	20,00	27,40
POZZETTO E CHIUSINO										
16	08.P05.B75.005	Pozzetto di ispezione a sezione rettangolare da 1200x1400 mm, h 1400 mm, spessore parete 130 mm con fondo a sezione idraulica per tubazioni diametro max 1200 mm, completo di soletta in c.a. con foro per passo d'uomo	2,00				cad	730,77	2,00	1461,54
17	A.P. 2	Posa pozzetto	2,00				cad	100,69	2,00	201,38
18	01.P13.E41.010	Chiusino di ispezione 600mm in ghisa sferoidale rispondente alle norme UNI EN 124-2, classe D 400 per traffico intenso, a telaio circolare o quadrato con suggello circolare articolato autocentrante ed estraibile con bloccaggio di sicurezza in posizione aperta, munito di guarnizione in elastomero antirumore. Prodotto dotato di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto come richiesto dal D.M. 11/10/2017 paragrafo 2.4.1.2. dimensione esterna quadrata 850x850 mm	2,00				cad	386,23	2,00	386,23
19	08.A25.F15.015	Posa in opera di chiusini in ghisa e relative staffe, compreso il fissaggio, la misurazione, ecc. e ogni altra provvista e mano d'opera, escluso il trasporto: per chiusini 0,80x0,80, 0,80x0,85 o superiori	2,00				cad	75,47	2,00	150,94
20	A.P. 3	Fornitura ed installazione pompa	1,00				cad	1 500,00	1,00	1 500,00
INSTALLAZIONE SERBATOIO 1 - TOTALE EURO										33 448,43
TUBAZIONE DA SERBATOIO 1 A RAIN GARDEN										
SCAVO										
21	01.A01.A65.010	Scavo a sezione obbligata o a sezione ristretta per posa tubazione e manufatti, in terreni sciolti o compatti, fino a 2 m di profondità rispetto al piano di sbancamento, eseguito con idonei mezzi meccanici, con eventuale intervento manuale ove occorre, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m³, misurato in sezione effettiva, con deposito dei materiali ai lati dello scavo stesso. Anche in presenza di acqua fino ad un battente massimo di 20 cm		40,00	0,60	0,75	m³	12,67	18,00	228,06

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
22	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza (aumento in volume 10%)	1,10	40,00	0,60	0,75	m ³	5,53	19,80	109,49
POSA TUBO										
23	08.A40.I75.040	Provvista e posa in opera di tubazioni in polietilene ad alta densità PE/A 100 sigma 80 = 80 kgf/cm ² ad elevata prestazione, idonee a posa in assenza di letto di sabbia -prodotte secondo specifica tecnica PAS 1075, UNI EN 12201, rispondenti alle prescrizioni igienico sanitarie del ministro della sanità relative a manufatti per liquidi, compresa la discesa nelle trincee e nei manufatti con sistemazione a livelletta, esecuzione dei giunti, mediante manicotti di raccordo o flange oppure con saldature per fusione nel caso di polietilene in barre, compreso collaudo e prova idraulica ed ogni opera accessoria:								
		DE 355, PN 6		40,00			m	109,22	40,00	4 368,80
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			436,88
RINTERRO CON SABBIA										
24	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139. Sabbia granita di cava (a dedurre volume del tubo)		40,00	0,60	0,75	m ³	32,52	14,04	456,61
			-0,10	40,00						
25	18.A85.A05.005	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. materiali terrosi, sabbia, graniglia, pietrischetto stabilizzato e simili, sparsi con mezzi meccanici		40,00	0,60	0,75	m ³	4,63	14,04	65,01
		(a dedurre volume del tubo)	-0,10	40,00						
REALIZZAZIONE TUBAZIONE DA SERBATOIO I A RAIN GARDEN - TOTALE EURO										5 664,85
TUBAZIONE DA SERBATOIO I A RAIN GARDEN										
SCAFO										
26	01.A01.A05.010	Esecuzione di scotico dello strato superficiale del terreno, con adeguati mezzi meccanici, per profondità fino a 30 cm, compreso l'asportazione di cespugli e sterpaglie esistenti e sistemazione entro l'area del cantiere area in pianta 333,67 m ²								
					333,67	0,30	m ³	5,44	100,10	544,55
27	01.A01.A10.010	Scavo generale, di sbancamento o splateamento a sezione aperta, in terreni sciolti o compatti, fino a 4 m di profondità, eseguito con mezzi meccanici, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m ³ , misurato in sezione effettiva, compreso il carico sugli automezzi, trasporto e sistemazione entro l'area del cantiere								
		livello 1 (area pianta 129,84 m ²)			129,84	0,60				
		Scarpata (area sez. 1,86 m ²)		50,33		2,00	m ³	4,62	323,92	1 496,49
		livello 2 (area pianta 103,83 m ²)			103,83	1,40				
28	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza								
		Scotico (aumento in volume 10%)	1,10			100,10	m ³	5,53	466,42	2 579,30
		Scavo generale (aumento in volume 10%)	1,10			323,92				
GEOTESSUTO										
29	01.P28.A15.015	Geotessile non tessuto a filo continuo al 100% di propilene coesionato a caldo senza l'impiego di collanti o resine da g/m ² 68 a 280, per la costruzione di drenaggi, strade, piazzali, parcheggi, la stabilizzazione del suolo, il controllo dell'erosione, impianti sportivi, giardini pensili. g/m ² 150								
		livello 1 (area pianta 129,84 m ²)			129,84					
		Scarpata		50,33		2,12	m ²	0,89	106,70	94,96
		livello 2 (area pianta 103,83 m ²)			103,83					
30	01.A21.G55.005	Posa di geotessile su terreni e manufatti già predisposti quali scarpate livellate, muri di sostegno etc.; puntato, graffiato e cucito a regola d'arte. In fibra di poliestere o simile				106,70	m ²	2,36	106,70	251,81

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
31	01.A21.G50.005	Posa di geotessile filtrante per l'avviluppamento di tubi drenanti a un solo giro, completo di cucitrice o a calza o posto con idonea sovrapposizione, munito di fascette di ancoraggio e legature per rendere stabile il tessuto sulle zone fessurate del tubo drenante. In fibra di poliestere o simile di qualsiasi diametro								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	100,00		0,25	m	1,78	50,27	89,47
FORNITURA E POSA DI TUBO DRENO										
32	01.P08.F10.005	Tubo speciale in PVC per formazione drenaggi. Diametro mm 80 - doppia finestratura								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	100,00			m	4,73	200,00	946,00
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			94,60
33	01.A21.G60.005	Posa in opera di tubo dreno per drenaggio. In PVC rigido microfessurato								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	100,00			m	6,49	200,00	1 298,00
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			129,80
STRATO DRENANTE + DI TRANSIZIONE + FILTRANTE										
34	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139. Sabbia granita di cava								
		s. filtrante livello 1 (area pianta 129,84 m ²)			129,84	0,40	m ³	32,52	118,32	3 847,64
		s. filtrante scarpata (area sez. 0,70 m ²)		50,33	0,70					
		s. filtrante livello 2 (area pianta 103,83 m ²)			103,83	0,30				
35	01.P03.A90.005	Ghiaia semplicemente vagliata					m ³	26,39	154,45	4 075,95
		s. drenante livello 1 (area pianta 229,84 m ²)			129,84	0,50				
		s. drenante scarpata (area sez. 0,70 m ²)		50,33	0,70					
		s. drenante livello 2 (area pianta 103,83 m ²)			103,83	0,20				
		s. di transizione livello 1 (area pianta 229,84 m ²)			129,84	0,10				
		s. di transizione scarpata		50,33	2,02	0,10				
		s. di transizione livello 2 (area pianta 103,83 m ²)			103,83	0,10				
36	18.A85.A05.015	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindatura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. ghiaia vagliata, pietrisco e ciotoli sparsi con mezzo meccanico					m ³	6,12	272,77	1 669,33
		Strato filtrante	118,32							
		Strato drenante + di transizione	154,45							
TERRENO + PACCIAMATURA										
37	20.A27.A10.015	Formazione di prato, compresa la regolarizzazione del piano di semina con livellamento sminuzzamento e rastrellatura della terra, provvista delle sementi e semina, carico e trasporto ad impianto di trattamento autorizzato degli eventuali materiali di risulta					m ²	3,93	93,25	366,48
		Compresa, inoltre, aratura e fresatura, alla profondità non inferiore ai cm 30			129,84	0,40				
				50,33	2,02	0,10				
					103,83	0,30				
CORDOLO										
38	01.P05.B45.005	Cordoli prefabbricati retti in calcestruzzo cementizio con resistenza Rbk 350 kg/cm ² e cemento tipo 425 gettato in cassero metallico e vibrato a superficie liscia sulle due facce verticali e su una orizzontale - spigoli smussati di cm 1 fra le facce suddette - rastremazione minima da permettere l'estrazione dai casseri - foro verticale di diametro cm 4 e profondità cm 25 con leggera armatura in corrispondenza dei suddetti secondo disegno della città - della lunghezza nominale di m 1,20 e tale comunque da consentire un interasse tra foro e foro del cordolo successivo posato di m 1,20, spessore minimo cm 12 altezza cm 30		71,71			m	10,71	71,71	768,01

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
39	01.A21.F10.005	Posa in opera di cordoli in calcestruzzo cementizio vibrati in cassero metallico comprendente: lo scavo per far posto al cordolo ed al sottofondo in calcestruzzo secondo le quote stabilite dalla direzione dei lavori; il trasporto dei materiali di rifiuto del materiale di risulta ad impianto di recupero e riciclo autorizzato; il sottofondo per il letto di posa in calcestruzzo cementizio dello spessore di cm 15 e della larghezza di cm 35 (cemento kg 150/m³, sabbia m³ 0.400, ghiaietta m³ 0.800); il rinfianco in calcestruzzo come sopra; lo scarico; l'accatastamento e le garanzie contro le rotture; la sigillatura delle superfici di combacio a mezzo di malta di cemento dosata a kg 600/m³; la rifilatura dei giunti; il ripassamento durante e dopo la posa. Cordoli aventi sezione rettangolare (base cm 12 altezza cm 30) con foro verticale in mezzzeria, realizzando tra foro e foro del cordolo successivo posato un interasse di mm 1200 + o mm 3, con scavo per far posto al cordolo eseguito a macchina, con il rinfianco di sezione triangolare avente cm 20 di base e cm 20 di altezza.		71,71			m	19,98	71,71	1432,77
REALIZZAZIONE RAIN GARDEN - TOTALE EURO										19 685,16
TUBAZIONE DA RAIN GARDEN A FOGNATURA										
SCAVO										
40	01.A01.A65.010	Scavo a sezione obbligata o a sezione ristretta per posa tubazione e manufatti, in terreni sciolti o compatti, fino a 2 m di profondità rispetto al piano di sbancamento, eseguito con idonei mezzi meccanici, con eventuale intervento manuale ove occorra, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m³, misurato in sezione effettiva, con deposito dei materiali ai lati dello scavo stesso. Anche in presenza di acqua fino ad un battente massimo di 20 cm		56,00	0,60	0,75	m³	12,67	25,20	319,28
41	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza (aumento in volume 10%)	1,10	56,00	0,60	0,75	m³	5,53	27,72	153,29
POSA TUBO										
42	08.A40.175.005	Provvista e posa in opera di tubazioni in polietilene ad alta densità 'PE/A 100 sigma 80 = 80 kgf/cm² ad elevata prestazione, idonee a posa in assenza di letto di sabbia -prodotte secondo specifica tecnica PAS 1075, UNI EN 12201, rispondenti alle prescrizioni igienico sanitarie del ministro della sanità relative a manufatti per liquidi, compresa la discesa nelle trincee e nei manufatti con sistemazione a livelletta, esecuzione dei giunti, mediante manicotti di raccordo o flange oppure con saldature per fusione nel caso di polietilene in barre, compreso collaudo e prova idraulica ed ogni opera accessoria: DE 160, PN 6 EVENTUALI RACCORDI (+10%)		56,00			m a corpo	30,57	56,00	1 711,92 171,19
RINTERRO CON SABBIA										
43	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139. Sabbia granita di cava (a dedurre volume del tubo)		56,00	0,60	0,75	m³	32,52	24,07	782,89
44	18.A85.A05.005	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. materiali terrosi, sabbia, graniglia, pietrischetto stabilizzato e simili, sparsi con mezzi meccanici (a dedurre volume del tubo)		56,00	0,60	0,75	m³	4,63	24,07	111,46
TOTALE EURO										3 078,85
TOTALE OPERE ZONA 1										61 877,29
COMPUTO METRICO ZONA 2										

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
Il presente computo è stato redatto non tenendo conto dei C.A.M. richiesti per i materiali utilizzati										
SERBATOIO 2										
SCAVO										
1	01.A01.A05.010	Esecuzione di scotico dello strato superficiale del terreno, con adeguati mezzi meccanici, per profondità fino a 30 cm, compreso l'asportazione di cespugli e sterpaglie esistenti e sistemazione entro l'area del cantiere		14,92	10,92	0,30	m³	5,44	48,88	265,90
2	01.A01.A10.010	Scavo generale, di sbancamento o splateamento a sezione aperta, in terreni sciolti o compatti, fino a 4 m di profondità, eseguito con mezzi meccanici, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m³, misurato in sezione effettiva, compreso il carico sugli automezzi, trasporto e sistemazione entro l'area del cantiere								
		Fondo scavo		6,50	2,50	4,06				
		Scarpata 1	2,00	2,03	10,56	4,06	m³	4,62	207,07	956,68
		Scarpata 2	2,00	2,03	6,56	4,06				
3	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza								
		Scotico (aumento in volume 10%)	1,10			48,88				
		Scavo generale (aumento in volume 10%)	1,10			207,07	m³	5,53	281,55	1 556,96
GEOTESSUTO										
4	01.P28.A15.015	Geotessile non tessuto a filo continuo al 100% di propilene coesionato a caldo senza l'impiego di collanti o resine da g/m² 68 a 280, per la costruzione di drenaggi, strade, piazzali, parcheggi, la stabilizzazione del suolo, il controllo dell'erosione, impianti sportivi, giardini pensili. g/m² 150								
		Fondo scavo		6,50	2,50					
		Sopra strato drenante		7,10	3,10					
		Scarpata 1	2,00	10,21	4,36		m²	0,89	188,48	167,75
		Scarpata 2	2,00	6,21	4,36					
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00		0,25				
5	01.A21.G55.005	Posa di geotessile su terreni e manufatti già predisposti quali scarpate livellate, muri di sostegno etc.; puntato, graffiato e cucito a regola d'arte. In fibra di poliestere o simile								
		Fondo scavo		6,50	2,50					
		Sopra strato drenante		7,10	3,10					
		Scarpata 1	2,00	10,21	4,36		m²	2,36	181,44	428,20
		Scarpata 2	2,00	6,21	4,36					
6	01.A21.G50.005	Posa di geotessile filtrante per l'avviluppo di tubi drenanti a un solo giro, completo di cucitrice o a calza o posto con idonea sovrapposizione, munito di fascette di ancoraggio e legature per rendere stabile il tessuto sulle zone fessurate del tubo drenante. In fibra di poliestere o simile di qualsiasi diametro								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00		0,25	m	1,78	7,0371675	12,53
FORNITURA E POSA DI TUBO DRENO										
7	01.P08.F10.005	Tubo speciale in PVC per formazione drenaggi. Diametro mm 80 - doppia finestratura								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00			m	4,73	28,00	132,44
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			13,24
8	01.A21.G60.005	Posa in opera di tubo dreno per drenaggio. In PVC rigido microfessurato								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00			m	6,49	28,00	181,72
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			18,17
STRATO DRENANTE										
9	01.P03.A90.005	Ghiaia semplicemente vagliata								
		Strato drenante		6,80	2,80	0,30	m³	26,39	5,71	150,74
10	18.A85.A05.015	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. ghiaia vagliata, pietrisco e ciotoli sparsi con mezzo meccanico								
		Strato drenante		6,80	2,80	0,30	m³	6,12	5,71	34,96
SABBIA										
11	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139. Sabbia granita di cava								
		primi 20 cm		7,30	3,30	0,20				
		oltre 20 cm		10,90	6,90	3,45	m³	32,52	242,29	7 879,35

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
		(a dedurre volume della cisterna)	-22,00							
12	18.A85.A05.005	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. materiali terrosi, sabbia, graniglia, pietrischetto stabilizzato e simili, sparsi con mezzi meccanici								
		primi 20 cm		7,30	3,30	0,20				
		oltre 20 cm		10,95	6,90	3,40	m³	4,63	239,71	1 109,83
		(a dedurre volume della cisterna)	-22,00							
CISTERNA										
13	A.P.1	Fornitura e posa cisterna	1,00				cad	15 000,00	1,00	15 000,00
		Fornitura e posa di pacchetto filtro								
		Fornitura e posa di tubo telescopico								
14	08.A40.175.050	Provvista e posa in opera di tubazioni in polietilene ad alta densità PE/A 100 sigma 80 = 80 kgf/cm² ad elevata prestazione, idonee a posa in assenza di letto di sabbia -prodotte secondo specifica tecnica PAS 1075, UNI EN 12201, rispondenti alle prescrizioni igienico sanitarie del ministro della sanità relative a manufatti per liquidi, compresa la discesa nelle trincee e nei manufatti con sistemazione a livelletta, esecuzione dei giunti, mediante manicotti di raccordo o flange oppure con saldature per fusione nel caso di polietilene in barre, compreso collaudo e prova idraulica ed ogni opera accessoria:								
		DE 450, PN 6		0,80			m	163,61	0,80	130,89
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			13,09
15	A.P. 4	Acqua per la cisterna	20,00				m³	1,37	20,00	27,40
POZZETTO E CHIUSINO										
16	08.P05.B75.005	Pozzetto di ispezione a sezione rettangolare da 1200x1400 mm, h 1400 mm, spessore parete 130 mm con fondo a sezione idraulica per tubazioni diametro max 1200 mm, completo di soletta in c.a. con foro per passo d'uomo	2,00				cad	730,77	2,00	1461,54
16	A.P.2	Posa pozzetto	2,00				cad	15 000,00	2,00	30000
17	01.P13.E41.010	Chiusino di ispezione 600mm in ghisa sferoidale rispondente alle norme UNI EN 124-2, classe D 400 per traffico intenso, a telaio circolare o quadrato con suggello circolare articolato autocentrante ed estraibile con bloccaggio di sicurezza in posizione aperta, munito di guarnizione in elastomero antirumore. Prodotto dotato di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto come richiesto dal D.M. 11/10/2017 paragrafo 2.4.1.2. dimensione esterna quadrata 850x850 mm	2,00				cad	386,23	2,00	772,46
18	08.A25.F15.015	Posa in opera di chiusini in ghisa e relative staffe, compreso il fissaggio, la misurazione, ecc. e ogni altra provvista e mano d'opera, escluso il trasporto: per chiusini 0,80x0,80, 0,80x0,85 o superiori	2,00				cad	75,47	2,00	150,94
19	A.P. 3	Fornitura ed installazione pompa	2,00				cad	1 500,00	2,00	3000,00
INSTALLAZIONE SERBATOIO 2 - TOTALE EURO										63 464,79
FONTANA										
20	A.P. 4	Fornitura ed installazione fontana	1,00				a corpo	1 500,00	1,00	1 500,00
REALIZZAZIONE E INSTALLAZIONE FONTANA - TOTALE EURO										1 500,00
TUBO DA SERBATOIO 2 A WATER SQUARE										
SCAVO										
21	01.A01.A65.010	Scavo a sezione obbligata o a sezione ristretta per posa tubazione e manufatti, in terreni sciolti o compatti, fino a 2 m di profondità rispetto al piano di sbancamento, eseguito con idonei mezzi meccanici, con eventuale intervento manuale ove occorra, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m³, misurato in sezione effettiva, con deposito dei materiali ai lati dello scavo stesso. Anche in presenza di acqua fino ad un battente massimo di 20 cm		5,00	0,60	0,80	m³	12,67	2,40	30,41

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
22	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza (aumento in volume 10%)	1,10	5,00	0,60	0,80	m³	5,53	2,64	14,60
POSA TUBO										
23	08.A40.I75.050	Provvista e posa in opera di tubazioni in polietilene ad alta densità PE/A 100 sigma 80 = 80 kgf/cm² ad elevata prestazione, idonee a posa in assenza di letto di sabbia -prodotte secondo specifica tecnica PAS 1075, UNI EN 12201, rispondenti alle prescrizioni igienico sanitarie del ministro della sanità relative a manufatti per liquidi, compresa la discesa nelle trincee e nei manufatti con sistemazione a livelletta, esecuzione dei giunti, mediante manicotti di raccordo o flange oppure con saldature per fusione nel caso di polietilene in barre, compreso collaudo e prova idraulica ed ogni opera accessoria:								
		DE 450, PN 6		5,00			m	163,61	5,00	818,05
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			81,81
RINTERRO CON SABBIA										
24	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139. Sabbia granita di cava (a dedurre volume del tubo)		5,00	0,60	0,80	m³	32,52	1,60	52,19
			-0,16	5,00						
25	18.A85.A05.005	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. materiali terrosi, sabbia, graniglia, pietrischetto stabilizzato e simili, sparsi con mezzi meccanici (a dedurre volume del tubo)		5,00	0,60	0,80	m³	4,63	1,60	7,43
			-0,16	5,00						
REALIZZAZIONE TUBAZIONE DA SERBATOIO 2 A WATER SQUARE - TOTALE EURO										1 004,48
WATER SQUARE										
SCAVO										
26	01.A01.A05.010	Esecuzione di scotico dello strato superficiale del terreno, con adeguati mezzi meccanici, per profondità fino a 30 cm, compreso l'asportazione di cespugli e sterpaglie esistenti e sistemazione entro l'area del cantiere								
		piazza (area in pianta 170 m²)	170,00			0,30				
		banca (area in pianta 39,5 m²)	39,50			0,30	m³	5,44	79,95	434,93
		scarpata (area in pianta 57 m²)	57,00			0,30				
27	01.A01.A10.010	Scavo generale, di sbancamento o splateamento a sezione aperta, in terreni sciolti o compatti, fino a 4 m di profondità, eseguito con mezzi meccanici, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m³, misurato in sezione effettiva, compreso il carico sugli automezzi, trasporto e sistemazione entro l'area del cantiere								
		piazza (area in pianta 170 m²)	170,00			1,01				
		banca (area in pianta 39,5 m²)	39,50			1,01	m³	4,62	240,38	1110,56
		scarpata (area in pianta 57 m²)	57,00			0,51				
28	01.A01.A65.010	Scavo a sezione obbligatoria o a sezione ristretta per posa tubazione e manufatti, in terreni sciolti o compatti, fino a 2 m di profondità rispetto al piano di sbancamento, eseguito con idonei mezzi meccanici, con eventuale intervento manuale ove occorra, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m³, misurato in sezione effettiva, con deposito dei materiali ai lati dello scavo stesso. Anche in presenza di acqua fino ad un battente massimo di 20 cm								
		fondazione perimetrale		37,00	1,25	0,45				
		fondazione rampa		13,80	1,05	0,45	m³	12,67	33,10	419,35
		fondazione scale		12,20	1,05	0,45				
		Reinterro degli scavi in genere, con le materie di scavo precedentemente estratte e depositate nell'ambito del cantiere, compreso carico, trasporto, scarico, costipazione e regolarizzazione. Eseguito con mezzo meccanico								

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
29	01.A01.B87.020	dietro muro perimetrale (area sezione 1,59m ²)	1,59	46,40			m ³	9,44	116,34	1 098,21
		sotto rampe scale (area sezione 1,13m ²)	1,13	12,70						
		sotto rampa tra cordoli (area sezione 0,32m ²)	0,32	29,53						
		sotto rampa parte inclinata		15,65	1,45	0,68				
		sotto rampa parte in piano 1		2,00	1,45	0,16				
		sotto rampa parte in piano 2		0,85	1,45	0,38				
		sotto rampa parte in piano 3		1,70	1,45	0,97				
30	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza					m ³	5,53	388,77	2 149,90
		scotico (aumento in volume 10%)	1,10			79,95				
		scavo generale (aumento in volume 10%)	1,10			240,38				
		scavo a sezione obbligata (aumento in volume 10%)	1,10			33,10				
MAGRONE MURI DI CONTENIMENTO										
31	01.A04.B17.020	Calcestruzzo per uso non strutturale prodotto con un processo industrializzato. Classe di consistenza al getto S4, dmax aggregati 32 mm, Cl 0.4; fornitura a pie' d'opera, escluso ogni altro onere. Classe di resistenza a compressione minima C12/15					m ³	118,86	7,36	874,22
		fondazione perimetrale		37,00	1,25	0,10				
		fondazione rampa		13,80	1,05	0,10				
		fondazione scale		12,20	1,05	0,10				
32	01.A04.C03.010	Getto in opera di calcestruzzo cementizio eseguito direttamente da autobetoniera con apposita canaletta. In strutture di fondazione					m ³	28,74	7,36	211,38
MURI DI CONTENIMENTO										
33	01.A04.B20.005	Calcestruzzo a prestazione garantita in accordo alla UNI EN 206, per strutture di fondazione (plinti con altezza < 1.5 m. platee di fondazione e muri di spessore < 80 cm. cordoli, pali, travi rovesce, paratie) e muri interrati a contatto con terreni non aggressivi. Classe di esposizione ambientale XC2 (UNI 11104), classi di consistenza al getto S4 e S5 Dmax aggregati 32 mm. Cl 0.4. Fornitura a piè d'opera, escluso ogni altro onere. Classe di resistenza a compressione minima C25/30					m ³	136,50	45,39	6 195,24
		fondazione perimetrale		37,00	1,05	0,35				
		fondazione rampa		13,80	0,85	0,35				
		fondazione scale		12,20	0,85	0,35				
		elevazione perimetrale		37,00	0,25	1,28				
		elevazione rampa		13,80	0,25	0,64				
		elevazione scale		12,20	0,25	0,40				
		soletta rampa		15,65	1,45	0,15				
		rampa scale (area sez. 0,39 m ²)	0,39	13,80						
34	01.A04.C03.010	Getto in opera di calcestruzzo cementizio eseguito direttamente da autobetoniera con apposita canaletta. In strutture di fondazione	45,39				m ³	28,74	45,39	1 304,40
35	01.A04.F10.005	Acciaio per calcestruzzo armato ordinario, laminato a caldo, classe tecnica B450C, saldabile ad alta duttilità, in accordo alla UNI EN 10080 e conforme al D.M. 17/01/2018, disposto in opera secondo gli schemi di esecuzione del progettista strutturista, compreso gli oneri per la sagomatura, la legatura e le eventuali saldature per giunzioni e lo sfrido					kg	2,11	10 688,49	22 552,72
		3% del volume di calcestruzzo x peso specifico 7850 kg/m ³	0,03	45,39		7 850,00				
36	01.A04.H00.005	Casserature per strutture in cemento armato, semplice o precompresso, a sezione ridotta quali solette, traversi etc., compreso il puntellamento ed il disarmo misurando esclusivamente lo sviluppo delle parti a contatto dei getti. In legname di qualunque forma					m ²	56,58	201,98	11 427,89
		fondazione perimetrale	2,00	37,00		0,35				
		fondazione rampa	2,00	14,30		0,35				
		fondazione scale	2,00	11,70		0,35				
		elevazione perimetrale	2,00	37,00		1,28				
		elevazione rampa	2,00	14,30		0,64				
		elevazione scale	2,00	11,70		0,40				
		soletta rampa	1,00	15,65		0,15				
		rampa scale (area sez. 0,39 m ²)	2,00			0,39				
		alzate	6,00	13,40		0,15				
		soletta rampa scale		14,30	1,42					
IMPERMEABILIZZAZIONE										
37	A.P. 5	Impermeabilizzazione					m ²	29,00	187,62	5 440,98
		Scale 1 (lunghezza in sezione 3,65 m)		3,65	4,75					
		Scale 2 (lunghezza in sezione 3,65 m)		3,65	5,15					
		Scale 3 (lunghezza in sezione 3,65 m)		3,65	3,50					
		Rampa		1,70	14,30					
		Perimetro (lunghezza in sezione 2,20 m)		2,20	52,00					

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
PAVIMENTAZIONE FONDO SCAVO										
38	01.A21.G55.005	Posa di geotessile su terreni e manufatti già predisposti quali scarpatate livellate, muri di sostegno etc.; puntato, graffiato e cucito a regola d'arte. In fibra di poliestere o simile								
		Fondo piazza (area in pianta 109,02 m ²)	228,44				m ²	2,36	228,44	539,12
39	01.P28.A15.015	Geotessile non tessuto a filo continuo al 100% di propilene coesionato a caldo senza l'impiego di collanti o resine da g/m ² 68 a 280, per la costruzione di drenaggi, strade, piazzali, parcheggi, la stabilizzazione del suolo, il controllo dell'erosione, impianti sportivi, giardini pensili. g/m ² 150								
		Fondo piazza (area in pianta 109,02 m ²)	228,44				m ²	0,89	228,44	203,31
40	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139. Sabbia granita di cava								
		Fondo piazza - strato sabbia (area in pianta 109,02 m ²)	109,02			0,05	m ³	32,52	5,45	177,27
41	01.P03.A90.005	Ghiaia semplicemente vagliata								
		Fondo piazza - strato ghiaia (area in pianta 109,02 m ²)	109,02			0,30	m ³	26,39	32,71	863,11
42	18.A85.A05.015	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. ghiaia vagliata, pietrisco e ciotoli sparsi con mezzo meccanico								
		Fondo piazza - strato sabbia (area in pianta 109,02 m ²)	109,02			0,05	m ³	6,12	38,16	233,52
		Fondo piazza - strato ghiaia (area in pianta 109,02 m ²)	109,02			0,30				
FORNITURA E POSA DI TUBO DRENO										
43	01.P08.F10.005	Tubo speciale in PVC per formazione drenaggi. Diametro mm 80 - doppia finestratura								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	20,00			m	4,73	40,00	189,20
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			18,92
44	01.A21.G60.005	Posa in opera di tubo dreno per drenaggio. In PVC rigido microfessurato								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	20,00			m	6,49	40,00	259,60
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			25,96
PAVIMENTAZIONE E GRADINI										
45	01.P07.B45.009	Provvista di piastrelle per pavimenti e rivestimenti in gres ceramico fine porcellanato, ottenuto da impasto di argille nobili, di tipo omogeneo a tutto spessore, privo di trattamento superficiale, inassorbente, antigelivo, altamente resistente agli attacchi fisici e chimici, con superficie a vista tipo naturale o tipo antisdrucchiolo. Nei formati cm 60X60								
		Alzate - scale 1	6,00	4,75						
		Pedate - scale 1	6,00	4,75						
		Alzate - scale 2	6,00	5,15						
		Pedate - scale 2	6,00	5,15						
		Alzate - scale 3	6,00	3,50						
		Pedate - scale 3	6,00	3,50						
		rampa parte inclinata 1 (lunghezza inclinata 2,16m)		2,16	2,00					
		rampa parte piana 1		1,50	2,00					
		rampa parte inclinata 2 (lunghezza inclinata 3,02m)		3,02	1,50		m ²	30,11	95,52	2 876,15
		rampa parte piana 2		1,50	2,00					
		rampa parte inclinata 3 (lunghezza inclinata 8,10m)		8,10	1,70					
		rampa parte piana 3		1,70	1,70					
		parte laterale rampa (lunghezza totale 2+2,30+7,50 m)		11,80	0,45					
		area laterale scale			1,70	0,90				
		parete contro biblioteca			16,00	0,90				
46	01.A12.G00.005	Posa in opera di rivestimento di pareti con piastrelle rettangolari o quadrate, con o senza bisello dato in opera con malta cementizia, con giunti sigillati a cemento bianco; escluso il rinzaffo. In caolino, maiolica smaltata o gres ceramico, per superfici di almeno m ² 0,20	95,52				m ²	35,78	95,52	3 417,76

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
47	01.P11.B42.020	Marmette autobloccanti in calcestruzzo cementizio vibrato e pressato ad alta resistenza (resistenza caratteristica 500 kg/cm ²) per pavimentazioni esterne, con disegno a scelta della città. Spessore cm 5-6 colore grigio								
		Fondo piazza (area in pianta 109,02 m ²)	109,02				m ²	12,28	109,02	1 338,77
48	01.A23.C80.005	Posa di pavimentazione in marmette autobloccanti di calcestruzzo pressato e vibrato, comprendente la provvista e lo stendimento della sabbia per il sottofondo dello spessore da cm 4 a cm 6, la compattazione con piastra vibrante dei blocchetti e la chiusura degli interstizi tra un elemento e l'altro mediante lavatura e scopatura. Dello spessore di cm 4 e 6								
		Fondo piazza (area in pianta 109,02 m ²)	109,02				m ²	13,03	109,02	1 420,53
BARRIERE DI SICUREZZA										
49	01.A18.E06.005	Fornitura e posa in opera di parapetto in acciaio CORTEN per sentieri, parchi, piste ciclabili etc.; il tutto costituito da montanti verticali in acciaio del diametro di 114 mm, sp 2 mm, h. 1150 mm, da porre in opera alla distanza di circa 2,50 m, provvisti di due fori passanti per permettere l'inserimento dei correnti orizzontali. I montanti saranno provvisti di linguette pieghevoli con foro per il fissaggio dei correnti orizzontali e coperchi in acciaio CORTEN per la protezione dagli agenti atmosferici								
		rampa (lunghezza 2,16*2+1,50+3,02+8,10+1,70+1,70 m)		20,34			m	288,70	32,34	9 336,56
		scale	6,00	2,00						
CADITOIE										
50	08.A35.H50.005	Fornitura e posa in opera di tubazioni in PVC ø 200 mm tipo SN 8 kN/m ² conformi alla norma UNI EN 1401 per formazione caditoie, compreso il disfacimento della pavimentazione stradale di qualunque spessore, lo scavo a sezione obbligata a pareti verticali, il rinfianco delle tubazioni con cls C12/15 (Rek 15) N/mm ² (inclusa la fornitura), il trasporto ad impianto di recupero e riciclo autorizzato dei materiali di risulta, la fornitura, la costipatura e l'innaffiatura di misto granulare anidro, il ripristino definitivo della pavimentazione stradale con stesa di tout-venant sp. cm 10 e quant'altro per completare l'opera a regola d'arte. Diametro esterno 200 mm	2,00	14,50	8,30		m	77,77	45,60	3 546,31
REALIZZAZIONE WATER SQUARE - TOTALE EURO										77 665,84
TUBO DA WATER SQUARE A FOGNATURA										
SCAVO										
51	01.A01.A65.010	Scavo a sezione obbligata o a sezione ristretta per posa tubazione e manufatti, in terreni sciolti o compatti, fino a 2 m di profondità rispetto al piano di sbancamento, eseguito con idonei mezzi meccanici, con eventuale intervento manuale ove occorra, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m ³ , misurato in sezione effettiva, con deposito dei materiali ai lati dello scavo stesso. Anche in presenza di acqua fino ad un battente massimo di 20 cm		11,00	0,60	0,75	m ³	12,67	4,95	62,72
52	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza (aumento in volume 10%)	1,10	11,00	0,60	0,75	m ³	5,53	5,45	30,11
POSA TUBO										

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
53	08.A40.I75.005	Provvista e posa in opera di tubazioni in polietilene ad alta densita' PE/A 100 sigma 80 = 80 kgf/cm² ad elevata prestazione, idonee a posa in assenza di letto di sabbia -prodotte secondo specifica tecnica PAS 1075, UNI EN 12201, rispondenti alle prescrizioni igienico sanitarie del ministro della sanita' relative a manufatti per liquidi, compresa la discesa nelle trincee e nei manufatti con sistemazione a livelletta, esecuzione dei giunti, mediante manicotti di raccordo o flange oppure con saldature per fusione nel caso di polietilene in barre, compreso collaudo e prova idraulica ed ogni opera accessoria:								
		DE 160, PN 6		11,00			m	30,57	11,00	336,27
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			33,63
RINTERRO CON SABBIA										
54	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139. Sabbia granita di cava (a dedurre volume del tubo)		11,00	0,60	0,75	m³	32,52	4,73	153,78
			-0,02	11,00						
55	18.A85.A05.005	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. materiali terrosi, sabbia, graniglia, pietrischetto stabilizzato e simili, sparsi con mezzi meccanici		11,00	0,60	0,75	m³	4,63	4,73	21,89
		(a dedurre volume del tubo)	-0,02	11,00						
REALIZZAZIONE TUBAZIONE DA WATER SQUARE A FOGNATURA - TOTALE EURO										638,40
TOTALE OPERE ZONA 2										144 273,52
COMPUTO METRICO ZONA 3										
Il presente computo è stato redatto non tenendo conto dei C.A.M. richiesti per i materiali utilizzati										
SERBATOIO 3										
SCAVO										
1	01.A01.A05.010	Esecuzione di scotico dello strato superficiale del terreno, con adeguati mezzi meccanici, per profondità fino a 30 cm, compreso l'asportazione di cespugli e sterpaglie esistenti e sistemazione entro l'area del cantiere		14,92	10,92	0,30	m³	5,44	48,88	265,90
2	01.A01.A10.010	Scavo generale, di sbancamento o splateamento a sezione aperta, in terreni sciolti o compatti, fino a 4 m di profondità, eseguito con mezzi meccanici, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m³, misurato in sezione effettiva, compreso il carico sugli automezzi, trasporto e sistemazione entro l'area del cantiere								
		Fondo scavo		6,50	2,50	4,06				
		Scarpata 1	2,00	2,03	10,56	4,06	m³	4,62	207,07	956,68
		Scarpata 2	2,00	2,03	6,56	4,06				
3	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza								
		Scotico (aumento in volume 10%)	1,10			48,88				
		Scavo generale (aumento in volume 10%)	1,10			207,07	m³	5,53	281,55	1 556,96
GEOTESSUTO										
4	01.P28.A15.015	Geotessile non tessuto a filo continuo al 100% di propilene coesionato a caldo senza l'impiego di collanti o resine da g/m² 68 a 280, per la costruzione di drenaggi, strade, piazzali, parcheggi, la stabilizzazione del suolo, il controllo dell'erosione, impianti sportivi, giardini pensili. g/m² 150								
		Fondo scavo		6,50	2,50					
		Sopra strato drenante		7,10	3,10					
		Scarpata 1	2,00	10,21	4,36		m²	0,89	188,48	167,75
		Scarpata 2	2,00	6,21	4,36					
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00		0,25				
5	01.A21.G55.005	Posa di geotessile su terreni e manufatti già predisposti quali scarpate livellate, muri di sostegno etc.; puntato, graffiato e cucito a regola d'arte. In fibra di poliestere o simile								
		Fondo scavo		6,50	2,50					
		Sopra strato drenante		7,10	3,10					
		Scarpata 1	2,00	10,21	4,36		m²	2,36	181,44	428,20
		Scarpata 2	2,00	6,21	4,36					

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
6	01.A21.G50.005	Posa di geotessile filtrante per l'avviluppo di tubi drenanti a un solo giro, completo di cucitrice o a calza o posto con idonea sovrapposizione, munito di fascette di ancoraggio e legature per rendere stabile il tessuto sulle zone fessurate del tubo drenante. In fibra di poliestere o simile di qualsiasi diametro								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00		0,25	m	1,78	7,0371675	12,53
FORNITURA E POSA DI TUBO DRENO										
7	01.P08.F10.005	Tubo speciale in PVC per formazione drenaggi, Diametro mm 80 - doppia finestratura								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00			m	4,73	28,00	132,44
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			13,24
8	01.A21.G60.005	Posa in opera di tubo dreno per drenaggio. In PVC rigido microfessurato								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00			m	6,49	28,00	181,72
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			18,17
STRATO DRENANTE										
9	01.P03.A90.005	Ghiaia semplicemente vagliata								
		Strato drenante		6,80	2,80	0,30	m³	26,39	5,712	150,73968
10	18.A85.A05.015	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. ghiaia vagliata, pietrisco e ciotoli sparsi con mezzo meccanico								
		Strato drenante		6,80	2,80	0,30	m³	6,12	5,712	34,95744
SABBIA										
11	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139. Sabbia granita di cava								
		primi 20 cm		7,30	3,30	0,20				
		oltre 20 cm		10,90	6,90	3,45	m³	32,52	242,29	7 879,35
		(a dedurre volume della cisterna)	-22,00							
12	18.A85.A05.005	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. materiali terrosi, sabbia, graniglia, pietrischetto stabilizzato e simili, sparsi con mezzi meccanici								
		primi 20 cm		7,30	3,30	0,20				
		oltre 20 cm		10,95	6,90	3,40	m³	4,63	239,71	1 109,83
		(a dedurre volume della cisterna)	-22,00							
CISTERNA										
13	A.P. 1	Fornitura e posa cisterna	1,00				cad	15 000,00	1,00	15 000,00
		Fornitura e posa di pacchetto filtro								
		Fornitura e posa di tubo telescopico								
14	08.A40.175.045	Provvista e posa in opera di tubazioni in polietilene ad alta densità PE/A 100 sigma 80 = 80 kgf/cm² ad elevata prestazione, idonee a posa in assenza di letto di sabbia -prodotte secondo specifica tecnica PAS 1075, UNI EN 12201, rispondenti alle prescrizioni igienico sanitarie del ministro della sanità relative a manufatti per liquidi, compresa la discesa nelle trincee e nei manufatti con sistemazione a livelletta, esecuzione dei giunti, mediante manicotti di raccordo o flange oppure con saldature per fusione nel caso di polietilene in barre, compreso collaudo e prova idraulica ed ogni opera accessoria:								
		DE 400, PN 6		0,80			m	134,22	0,80	107,376
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			10,74
15	A.P. 4	Acqua per la cisterna	20,00				m³	1,37	20,00	27,40
POZZETTO E CHIUSINO										
16	08.P05.B75.005	Pozzetto di ispezione a sezione rettangolare da 1200x1400 mm, h 1400 mm, spessore parete 130 mm con fondo a sezione idraulica per tubazioni diametro max 1200 mm, completo di soletta in c.a. con foro per passo d'uomo	2,00				cad	730,77	2,00	1461,54
17	AP. 2	Posa pozzetto	2,00				cad	15 000,00	2,00	30000

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
18	01.P13.E41.010	Chiusino di ispezione 600mm in ghisa sferoidale rispondente alle norme UNI EN 124-2, classe D 400 per traffico intenso, a telaio circolare o quadrato con suggello circolare articolato autocentrante ed estraibile con bloccaggio di sicurezza in posizione aperta, munito di guarnizione in elastomero antirumore. Prodotto dotato di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto come richiesto dal D.M. 11/10/2017 paragrafo 2.4.1.2. dimensione esterna quadrata 850x850 mm	2,00				cad	386,23	2,00	386,23
19	08.A25.F15.015	Posa in opera di chiusini in ghisa e relative staffe, compreso il fissaggio, la misurazione, ecc. e ogni altra provvista e mano d'opera, escluso il trasporto: per chiusini 0,80x0,80, 0,80x0,85 o superiori	2,00				cad	75,47	2,00	150,94
20	A.P. 3	Fornitura ed installazione pompa	1,00				cad	1 500,00	1,00	1 500,00
INSTALLAZIONE SERBATOIO 2 - TOTALE EURO										61 552,70
TUBAZIONE DA SERBATOIO 3 A FOGNATURA										
SCAVO										
21	01.A01.A65.010	Scavo a sezione obbligatoria o a sezione ristretta per posa tubazione e manufatti, in terreni sciolti o compatti, fino a 2 m di profondità rispetto al piano di sbancamento, eseguito con idonei mezzi meccanici, con eventuale intervento manuale ove occorra, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m ³ , misurato in sezione effettiva, con deposito dei materiali ai lati dello scavo stesso. Anche in presenza di acqua fino ad un battente massimo di 20 cm		43,00	0,60	0,80	m ³	12,67	20,64	261,51
22	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza (aumento in volume 10%)	1,10	43,00	0,60	0,80	m ³	5,53	22,70	125,55
POSA TUBO										
23	08.A40.I75.045	Provvista e posa in opera di tubazioni in polietilene ad alta densità PE/A 100 sigma 80 = 80 kgf/cm ² ad elevata prestazione, idonee a posa in assenza di letto di sabbia -prodotte secondo specifica tecnica PAS 1075, UNI EN 12201, rispondenti alle prescrizioni igienico sanitarie del ministro della sanità relative a manufatti per liquidi, compresa la discesa nelle trincee e nei manufatti con sistemazione a livelletta, esecuzione dei giunti, mediante manicotti di raccordo o flange oppure con saldature per fusione nel caso di polietilene in barre, compreso collaudo e prova idraulica ed ogni opera accessoria: DE 400, PN 6		43,00			m	134,22	43,00	5 771,46
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)								577,15
RINTERRO CON SABBIA										
24	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139. Sabbia granita di cava (a dedurre volume del tubo)		43,00	0,60	0,80	m ³	32,52	15,24	495,49
		(a dedurre volume del tubo)	-0,13	43,00						
25	18.A85.A05.005	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. materiali terrosi, sabbia, graniglia, pietrischetto stabilizzato e simili, sparsi con mezzi meccanici (a dedurre volume del tubo)		43,00	0,60	0,80	m ³	4,63	15,24	70,54
		(a dedurre volume del tubo)	-0,13	43,00						
REALIZZAZIONE TUBAZIONE DA SERBATOIO 3 A FOGNATURA - TOTALE EURO										7 301,70
TOTALE OPERE ZONA 3										68 854,40
COMPUTO METRICO ZONA 1 (C.A.M.)										
Il presente computo è stato redatto tenendo conto dei C.A.M. richiesti per i materiali utilizzati										
SERBATOIO 1										
SCAVO										

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
1	01.A01.A05.010	Esecuzione di scotico dello strato superficiale del terreno, con adeguati mezzi meccanici, per profondità fino a 30 cm, compreso l'asportazione di cespugli e sterpaglie esistenti e sistemazione entro l'area del cantiere		14,92	10,92	0,30	m³	5,44	48,88	265,90
2	01.A01.A10.010	Scavo generale, di sbancamento o splateamento a sezione aperta, in terreni sciolti o compatti, fino a 4 m di profondità, eseguito con mezzi meccanici, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m³, misurato in sezione effettiva, compreso il carico sugli automezzi, trasporto e sistemazione entro l'area del cantiere								
		Fondo scavo		6,50	2,50	4,06	m³	4,62	207,07	956,68
		Scarpata 1	2,00	2,03	10,56	4,06				
Scarpata 2	2,00	2,03	6,56	4,06						
3	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza								
		Scotico (aumento in volume 10%)	1,10			48,88	m³	5,53	281,55	1 556,96
		Scavo generale (aumento in volume 10%)	1,10			207,07				
GEOTESSUTO										
4	01.P28.A15.015	Geotessile non tessuto a filo continuo al 100% di propilene coesionato a caldo senza l'impiego di collanti o resine da g/m² 68 a 280, per la costruzione di drenaggi, strade, piazzali, parcheggi, la stabilizzazione del suolo, il controllo dell'erosione, impianti sportivi, giardini pensili. g/m² 150								
		Fondo scavo		6,50	2,50	m²	0,89	188,48	167,75	
		Sopra strato drenante		7,10	3,10					
		Scarpata 1	2,00	10,21	4,36					
		Scarpata 2	2,00	6,21	4,36					
Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00	0,25							
5	01.A21.G55.005	Posa di geotessile su terreni e manufatti già predisposti quali scarpate livellate, muri di sostegno etc.; puntato, graffiato e cucito a regola d'arte. In fibra di poliestere o simile								
		Fondo scavo		6,50	2,50	m²	2,36	181,44	428,20	
		Sopra strato drenante		7,10	3,10					
		Scarpata 1	2,00	10,21	4,36					
		Scarpata 2	2,00	6,21	4,36					
Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00	0,25							
6	01.A21.G50.005	Posa di geotessile filtrante per l'avviluppamento di tubi drenanti a un solo giro, completo di cucitrice o a calza o posto con idonea sovrapposizione, munito di fascette di ancoraggio e legature per rendere stabile il tessuto sulle zone fessurate del tubo drenante. In fibra di poliestere o simile di qualsiasi diametro								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00	0,25	m	1,78	7,04	12,53	
FORNITURA E POSA DI TUBO DRENO										
7	30.P35.L20.015	Tubi fessurati in plastica riciclata in polietilene ad alta densità (PEAD) per la raccolta di percolati e captazione biogas in discariche rifiuti e per il drenaggio di opere civili, configurazione fino a 4 fessure radiali (materiali rispondenti al paragrafo 2.5.12 di cui al decreto MITE del 23 giugno 2022).								
		Dotati di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto relativamente al contenuto di riciclato come richiesto dal decreto MITE 23 giugno 2022 paragrafo 2.5. Barra 6 e12 m SDR 26 Diametro Nominale DN 90								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00			m	12,94	28,00	362,32
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			36,23
8	01.A21.G60.005	Posa in opera di tubo dreno per drenaggio. In PVC rigido microfessurato								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00			m	6,49	28,00	181,72
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			18,17
STRATO DRENANTE										
9	01.P03.A90.005	Ghiaia semplicemente vagliata Strato drenante		6,80	2,80	0,30	m³	26,39	5,71	150,74
10	18.A85.A05.015	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. ghiaia vagliata, pietrisco e ciotoli sparsi con mezzo meccanico								

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
		Strato drenante		6,80	2,80	0,30	m³	6,12	5,71	34,96
SABBIA										
11	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139. Sabbia granita di cava								
		primi 20 cm		7,30	3,30	0,20				
		oltre 20 cm		10,90	6,90	4,06	m³	32,52	288,17	9 371,31
		(a dedurre volume della cisterna)	-22,00							
12	18.A85.A05.005	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. materiali terrosi, sabbia, graniglia, pietrischetto stabilizzato e simili, sparsi con mezzi meccanici								
		primi 20 cm		7,30	3,30	0,20				
		oltre 20 cm		10,90	6,90	4,06	m³	4,63	288,17	1 334,23
		(a dedurre volume della cisterna)	-22,00							
CISTERNA										
13	A.P. 1	Fornitura e posa cisterna								
		Fornitura e posa di pacchetto filtro	1,00				cad	15 000,00	1,00	15 000,00
		Fornitura e posa di tubo telescopico								
14	08.A40.I75.040	Provvista e posa in opera di tubazioni in polietilene ad alta densità PE/A 100 sigma 80 = 80 kgf/cm² ad elevata prestazione, idonee a posa in assenza di letto di sabbia -prodotte secondo specifica tecnica PAS 1075, UNI EN 12201, rispondenti alle prescrizioni igienico sanitarie del ministro della sanità relative a manufatti per liquidi, compresa la discesa nelle trincee e nei manufatti con sistemazione a livelletta, esecuzione dei giunti, mediante manicotti di raccordo o flange oppure con saldature per fusione nel caso di polietilene in barre, compreso collaudo e prova idraulica ed ogni opera accessoria:								
		DE 355, PN 6		0,80			m	109,22	0,80	87,38
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			8,74
15	A.P. 4	Acqua per la cisterna	20,00				m³	1,37	20,00	27,40
POZZETTO E CHIUSINO										
16	08.P05.B75.005	Pozzetto di ispezione a sezione rettangolare da 1200x1400 mm, h 1400 mm, spessore parete 130 mm con fondo a sezione idraulica per tubazioni diametro max 1200 mm, completo di soletta in c.a. con foro per passo d'uomo	2,00				cad	730,77	2,00	1461,54
17	A.P. 2	Posa pozzetto	2,00				cad	15 000,00	2,00	30000
18	01.P13.E41.010	Chiusino di ispezione 600mm in ghisa sferoidale rispondente alle norme UNI EN 124-2, classe D 400 per traffico intenso, a telaio circolare o quadrato con suggello circolare articolato autocentrante ed estraibile con bloccaggio di sicurezza in posizione aperta, munito di guarnizione in elastomero antirumore. Prodotto dotato di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto come richiesto dal D.M. 11/10/2017 paragrafo 2.4.1.2. dimensione esterna quadrata 850x850 mm	2,00				cad	386,23	2,00	386,23
19	30.P05.L00.000	Chiusino di ispezione in ghisa sferoidale rispondente alle norme UNI EN 124-2:2015. Dotati di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto relativamente al contenuto di riciclato come richiesto dal D.M. 23 giugno 2022 paragrafo 2.5.								
		Si vedano gli articoli relativi 01.P13.E41, 01.P13.E42, 06.P12.E03, 08.P40.I63, 08.P40.I64, 13.P11.A25 e 15.P05.A45								
20	08.A25.F15.015	Posa in opera di chiusini in ghisa e relative staffe, compreso il fissaggio, la misurazione, ecc. e ogni altra provvista e mano d'opera, escluso il trasporto: per chiusini 0,80x0,80, 0,80x0,85 o superiori	2,00				cad	75,47	2,00	150,94
21	A.P. 3	Fornitura ed installazione pompa	1,00				cad	1 500,00	1,00	1 500,00
INSTALLAZIONE SERBATOIO 1 - TOTALE EURO										63 499,92
TUBAZIONE DA SERBATOIO 1 A RAIN GARDEN										
SCAVO										

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
22	01.A01.A65.010	Scavo a sezione obbligata o a sezione ristretta per posa tubazione e manufatti, in terreni sciolti o compatti, fino a 2 m di profondità rispetto al piano di sbancamento, eseguito con idonei mezzi meccanici, con eventuale intervento manuale ove occorra, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m ³ , misurato in sezione effettiva, con deposito dei materiali ai lati dello scavo stesso. Anche in presenza di acqua fino ad un battente massimo di 20 cm		40,00	0,60	0,75	m ³	12,67	18,00	228,06
23	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza (aumento in volume 10%)	1,10	40,00	0,60	0,75	m ³	5,53	19,80	109,49
POSA TUBO										
24	30.P35.L08.040	Tubi monostrato in plastica riciclata in polietilene alta densità (PEAD) per condotte per drenaggi interrati e fognature in pressione e in depressione sia in sottosuolo che in acqua che fuoriterra. Dotati di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto relativamente al contenuto di riciclato come richiesto dal decreto MITE 23 giugno 2022 paragrafo 2.5. PN 6 (SDR 26) - diametro nominale DN 355		40,00			m	124,59	40,00	4983,60
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			498,36
25	01.A08.B10.005	Posa in opera di tubi di qualunque spessore, diametro e dimensione, con o senza bicchiere, per fognatura, pluviali, esalatori, per condotte verticali o orizzontali, con giunti sigillati in cemento, staffe in ferro per ogni giunto se verticali, compresi i pezzi speciali ed esclusi gli eventuali scavi e reinterri In materiale plastico		40,00			m	30,51	40,00	1 220,40
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			122,04
RINTERRO CON SABBIA										
26	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139. Sabbia granita di cava (a dedurre volume del tubo)		40,00	0,60	0,75	m ³	32,52	14,04	456,61
			-0,10	40,00						
27	18.A85.A05.005	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. materiali terrosi, sabbia, graniglia, pietrischetto stabilizzato e simili, sparsi con mezzi meccanici (a dedurre volume del tubo)		40,00	0,60	0,75	m ³	4,63	14,04	65,01
			-0,10	40,00						
REALIZZAZIONE TUBAZIONE DA SERBATOIO I A RAIN GARDEN - TOTALE EURO										7 683,57
RAIN GARDEN										
Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
SCAVO										
28	01.A01.A05.010	Esecuzione di scotico dello strato superficiale del terreno, con adeguati mezzi meccanici, per profondità fino a 30 cm, compreso l'asportazione di cespugli e sterpaglie esistenti e sistemazione entro l'area del cantiere area in pianta 333,67 m ²			333,67	0,30	m ³	5,44	100,10	544,55
29	01.A01.A10.010	Scavo generale, di sbancamento o splateamento a sezione aperta, in terreni sciolti o compatti, fino a 4 m di profondità, eseguito con mezzi meccanici, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m ³ , misurato in sezione effettiva, compreso il carico sugli automezzi, trasporto e sistemazione entro l'area del cantiere livello 1 (area pianta 129,84 m ²) Scarpata (area sez. 1,86 m ²) livello 2 (area pianta 103,83 m ²)			129,84	0,60				
				50,33		2,00	m ³	4,62	323,92	1 496,49
					103,83	1,40				
30	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza Scotico (aumento in volume 10%)	1,10			100,10	m ³	5,53	466,42	2 570,20

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
		Scavo generale (aumento in volume 10%)	1,10				m	323,92		
GEOTESSUTO										
31	01.P28.A15.015	Geotessile non tessuto a filo continuo al 100% di propilene coesionato a caldo senza l'impiego di collanti o resine da g/m ² 68 a 280, per la costruzione di drenaggi, strade, piazzali, parcheggi, la stabilizzazione del suolo, il controllo dell'erosione, impianti sportivi, giardini pensili. g/m ² 150								
		livello 1 (area pianta 129,84 m ²)								
		Scarpata		50,33		2,12	m ²	0,89	106,70	94,96
		livello 2 (area pianta 103,83 m ²)				103,83				
32	01.A21.G55.005	Posa di geotessile su terreni e manufatti già predisposti quali scarpate livellate, muri di sostegno etc.; puntato, graffiato e cucito a regola d'arte. In fibra di poliestere o simile				106,70	m ²	2,36	106,70	251,81
33	01.A21.G50.005	Posa di geotessile filtrante per l'avviluppo di tubi drenanti a un solo giro, completo di cucitrice o a calza o posto con idonea sovrapposizione, munito di fascette di ancoraggio e legature per rendere stabile il tessuto sulle zone fessurate del tubo drenante. In fibra di poliestere o simile di qualsiasi diametro								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	100,00		0,25	m	1,78	50,27	89,47
FORNITURA E POSA DI TUBO DRENO										
34	30.P35.L08.005	Tubi monostrato in plastica riciclata in polietilene alta densità (PEAD) per condotte per drenaggi interrati e fognature in pressione e in depressione sia in sottosuolo che in acqua che fuoriterra. Dotati di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto relativamente al contenuto di riciclato come richiesto dal decreto MITE 23 giugno 2022 paragrafo 2.5. PN 6 (SDR 26) - diametro nominale DN 160								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	100,00			m	23,12	200,00	4 624,00
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			462,40
35	01.A21.G60.005	Posa in opera di tubo dreno per drenaggio. In PVC rigido microfessurato								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	100,00			m	6,49	200,00	1 298,00
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			129,80
STRATO DRENANTE + DI TRANSIZIONE + FILTRANTE										
36	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139. Sabbia granita di cava								
		s. filtrante livello 1 (area pianta 129,84 m ²)				129,84	0,40			
		s. filtrante scarpata (area sez. 0,70 m ²)		50,33		0,70		m ³	32,52	118,32
		s. filtrante livello 2 (area pianta 103,83 m ²)				103,83	0,30			
		Ghiaia semplicemente vagliata								
		s. drenante livello 1 (area pianta 129,84 m ²)				129,84	0,50			
		s. drenante scarpata (area sez. 0,70 m ²)		50,33		0,70				
		s. drenante livello 2 (area pianta 103,83 m ²)				103,83	0,20			
37	01.P03.A90.005	s. di transizione livello 1 (area pianta 129,84 m ²)				129,84	0,10	m ³	26,39	154,45
		s. di transizione scarpata		50,33		2,02	0,10			
		s. di transizione livello 2 (area pianta 103,83 m ²)				103,83	0,10			
38	18.A85.A05.015	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. ghiaia vagliata, pietrisco e ciotoli sparsi con mezzo meccanico								
		Strato filtrante	118,32					m ³	6,12	272,77
		Strato drenante + di transizione	154,45							1 669,33
TERRENO + PACCIAMATURA										
39	20.A27.A10.015	Formazione di prato, compresa la regolarizzazione del piano di semina con livellamento sminuzzamento e rastrellatura della terra, provvista delle sementi e semina, carico e trasporto ad impianto di trattamento autorizzato degli eventuali materiali di risulta								
		Compresa, inoltre, aratura e fresatura, alla profondità non inferiore ai cm 30				229,84	0,40			
				50,33		2,02	0,10	m ²	3,93	133,25
						103,83	0,30			
CORDOLO										

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
40	30.P15.P00.050	Cordoli retti in calcestruzzo cementizio monostrato o multistrato vibrocompressore. Dotati di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto relativamente al contenuto di riciclato come richiesto dal decreto MITE 23 giugno 2022 paragrafo 2.5. Sezione trapezoidale spessore 8/11 cm grigio bocciardato		71,71			m	13,81	71,71	990,32
41	01.A21.F10.005	Posa in opera di cordoli in calcestruzzo cementizio vibrati in cassero metallico comprendente: lo scavo per far posto al cordolo ed al sottofondo in calcestruzzo secondo le quote stabilite dalla direzione dei lavori; il trasporto dei materiali di rifiuto del materiale di risulta ad impianto di recupero e riciclo autorizzato; il sottofondo per il letto di posa in calcestruzzo cementizio dello spessore di cm 15 e della larghezza di cm 35 (cemento kg 150/m³, sabbia m³ 0.400, ghiaietta m³ 0.800); il rinfianco in calcestruzzo come sopra; lo scarico; l'accatastamento e le garanzie contro le rotture; la sigillatura delle superfici di combacio a mezzo di malta di cemento dosata a kg 600/m³; la rifilatura dei giunti; il ripassamento durante e dopo la posa. Cordoli aventi sezione rettangolare (base cm 12 altezza cm 30) con foro verticale in mezzzeria, realizzando tra foro e foro del cordolo successivo posato un interasse di mm 1200 + o mm 3, con scavo per far posto al cordolo eseguito a macchina, con il rinfianco di sezione triangolare avente cm 20 di base e cm 20 di altezza.		71,71			m	19,98	71,71	1432,77
REALIZZAZIONE RAIN GARDEN - TOTALE EURO										24 110,46
TUBAZIONE DA RAIN GARDEN A FOGNATURA										
SCAVO										
42	01.A01.A65.010	Scavo a sezione obbligata o a sezione ristretta per posa tubazione e manufatti, in terreni sciolti o compatti, fino a 2 m di profondità rispetto al piano di sbancamento, eseguito con idonei mezzi meccanici, con eventuale intervento manuale ove occorra, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m³, misurato in sezione effettiva, con deposito dei materiali ai lati dello scavo stesso. Anche in presenza di acqua fino ad un battente massimo di 20 cm		56,00	0,60	0,75	m³	12,67	25,20	319,28
43	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza (aumento in volume 10%)	1,10	56,00	0,60	0,75	m³	5,53	27,72	153,29
POSA TUBO										
44	30.P35.L08.005	Tubi monostrato in plastica riciclata in polietilene alta densità (PEAD) per condotte per drenaggi interrati e fognature in pressione e in depressione sia in sottosuolo che in acqua che fuoriterra. Dotati di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto relativamente al contenuto di riciclato come richiesto dal decreto MITE 23 giugno 2022 paragrafo 2.5.								
		PN 6 (SDR 26) - diametro nominale DN 160		56,00			m	23,12	56,00	1 294,72
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			129,47
45	01.A08.B10.005	Posa in opera di tubi di qualunque spessore, diametro e dimensione, con o senza bicchiere, per fognatura, pluviali, esalatori, per condotte verticali o orizzontali, con giunti sigillati in cemento, staffe in ferro per ogni giunto se verticali, compresi i pezzi speciali ed esclusi gli eventuali scavi e reinterri								
		In materiale plastico		56,00			m	30,51	56,00	1 708,56
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			170,86
RINTERRO CON SABBIA										
46	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139. Sabbia granita di cava		56,00	0,60	0,75	m³	32,52	24,07	782,89
		(a dedurre volume del tubo)	-0,02	56,00						

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
47	18.A85.A05.005	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. materiali terrosi, sabbia, graniglia, pietrischetto stabilizzato e simili, sparsi con mezzi meccanici		56,00	0,60	0,75	m³	4,63	24,07	111,46
		(a dedurre volume del tubo)	-0,02	56,00						
REALIZZAZIONE TUBAZIONE DA RAIN GARDEN A FOGNATURA - TOTALE EURO										2 661,65
TOTALE OPERE ZONA 1										97 955,60
COMPUTO METRICO ZONA 2 (C.A.M.)										
Il presente computo è stato redatto tenendo conto dei C.A.M. richiesti per i materiali utilizzati										
SERBATOIO 2										
SCAVO										
1	01.A01.A05.010	Esecuzione di scotico dello strato superficiale del terreno, con adeguati mezzi meccanici, per profondità fino a 30 cm, compreso l'asportazione di cespugli e sterpaglie esistenti e sistemazione entro l'area del cantiere		14,92	10,92	0,30	m³	5,44	48,88	265,90
2	01.A01.A10.010	Scavo generale, di sbancamento o splateamento a sezione aperta, in terreni sciolti o compatti, fino a 4 m di profondità, eseguito con mezzi meccanici, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m³, misurato in sezione effettiva, compreso il carico sugli automezzi, trasporto e sistemazione entro l'area del cantiere								
		Fondo scavo		6,50	2,50	4,06				
		Scarpata 1	2,00	2,03	10,56	4,06	m³	4,62	207,07	956,68
		Scarpata 2	2,00	2,03	6,56	4,06				
3	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza								
		Scotico (aumento in volume 10%)	1,10			48,88	m³	5,53	281,55	1 556,96
		Scavo generale (aumento in volume 10%)	1,10			207,07				
GEOTESSUTO										
4	01.P28.A15.015	Geotessile non tessuto a filo continuo al 100% di propilene coesionato a caldo senza l'impiego di collanti o resine da g/m² 68 a 280, per la costruzione di drenaggi, strade, piazzali, parcheggi, la stabilizzazione del suolo, il controllo dell'erosione, impianti sportivi, giardini pensili. g/m² 150								
		Fondo scavo		6,50	2,50					
		Sopra strato drenante		7,10	3,10					
		Scarpata 1	2,00	10,21	4,36		m²	0,89	188,48	167,75
		Scarpata 2	2,00	6,21	4,36					
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00		0,25				
5	01.A21.G55.005	Posa di geotessile su terreni e manufatti già predisposti quali scarpate livellate, muri di sostegno etc.; puntato, graffiato e cucito a regola d'arte. In fibra di poliestere o simile								
		Fondo scavo		6,50	2,50					
		Sopra strato drenante		7,10	3,10					
		Scarpata 1	2,00	10,21	4,36		m²	2,36	181,44	428,20
		Scarpata 2	2,00	6,21	4,36					
6	01.A21.G50.005	Posa di geotessile filtrante per l'avviluppamento di tubi drenanti a un solo giro, completo di cucitrice o a calza o posto con idonea sovrapposizione, munito di fascette di ancoraggio e legature per rendere stabile il tessuto sulle zone fessurate del tubo drenante. In fibra di poliestere o simile di qualsiasi diametro								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00		0,25	m	1,78	7,0371675	12,53
FORNITURA E POSA DI TUBO DRENO										

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale	
7	30.P35.L20.015	Tubi fessurati in plastica riciclata in polietilene ad alta densità (PEAD) per la raccolta di percolati e captazione biogas in discariche rifiuti e per il drenaggio di opere civili, configurazione fino a 4 fessure radiali (materiali rispondenti al paragrafo 2.5.12 di cui al decreto MITE del 23 giugno 2022). Dotati di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto relativamente al contenuto di riciclato come richiesto dal decreto MITE 23 giugno 2022 paragrafo 2.5. Barra 6 e 12 m SDR 26 Diametro Nominale DN 90									
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00			m	12,94	28,00	362,32	
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			36,23	
8	01.A21.G60.005	Posa in opera di tubo dreno per drenaggio. In PVC rigido microfessurato									
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00			m	6,49	28,00	181,72	
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			18,17	
STRATO DRENANTE											
9	01.P03.A90.005	Ghiaia semplicemente vagliata									
		Strato drenante		6,80	2,80	0,30	m³	26,39	5,71	150,74	
10	18.A85.A05.015	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. ghiaia vagliata, pietrisco e ciotoli sparsi con mezzo meccanico									
		Strato drenante		6,80	2,80	0,30	m³	6,12	5,71	34,96	
SABBIA											
11	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139. Sabbia granita di cava									
		primi 20 cm		7,30	3,30	0,20	m³	32,52	242,29	7 879,35	
		oltre 20 cm		10,90	6,90	3,45					
		(a dedurre volume della cisterna)	-22,00								
12	18.A85.A05.005	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. materiali terrosi, sabbia, graniglia, pietrischetto stabilizzato e simili, sparsi con mezzi meccanici									
		primi 20 cm		7,30	3,30	0,20	m³	4,63	239,71	1 109,83	
		oltre 20 cm		10,95	6,90	3,40					
		(a dedurre volume della cisterna)	-22,00								
CISTERNA											
13	A.P.1	Fornitura e posa cisterna	1,00								
		Fornitura e posa di pacchetto filtro					cad	15 000,00	1,00	15 000,00	
		Fornitura e posa di tubo telescopico									
14	08.A40.175.050	Provvista e posa in opera di tubazioni in polietilene ad alta densità PE/A 100 sigma 80 = 80 kgf/cm² ad elevata prestazione, idonee a posa in assenza di letto di sabbia -prodotte secondo specifica tecnica PAS 1075, UNI EN 12201, rispondenti alle prescrizioni igienico sanitarie del ministro della sanità relative a manufatti per liquidi, compresa la discesa nelle trincee e nei manufatti con sistemazione a livelletta, esecuzione dei giunti, mediante manicotti di raccordo o flange oppure con saldature per fusione nel caso di polietilene in barre, compreso collaudo e prova idraulica ed ogni opera accessoria:									
		DE 450, PN 6		0,80			m	163,61	0,80	130,89	
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			13,09	
15	A.P. 4	Acqua per la cisterna	20,00				m³	1,37	20,00	27,40	
POZZETTO E CHIUSINO											
16	08.P05.B75.005	Pozzetto di ispezione a sezione rettangolare da 1200x1400 mm, h 1400 mm, spessore parete 130 mm con fondo a sezione idraulica per tubazioni diametro max 1200 mm, completo di soletta in c.a. con foro per passo d'uomo	2,00					cad	730,77	2,00	1461,54
17	A.P.2	Posa pozzetto	2,00					cad	15 000,00	2,00	30000

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
18	01.P13.E41.010	Chiusino di ispezione 600mm in ghisa sferoidale rispondente alle norme UNI EN 124-2, classe D 400 per traffico intenso, a telaio circolare o quadrato con suggello circolare articolato autocentrante ed estraibile con bloccaggio di sicurezza in posizione aperta, munito di guarnizione in elastomero antirumore. Prodotto dotato di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto come richiesto dal D.M. 11/10/2017 paragrafo 2.4.1.2. dimensione esterna quadrata 850x850 mm	2,00				cad	386,23	2,00	772,46
19	30.P05.L00.000	Chiusino di ispezione in ghisa sferoidale rispondente alle norme UNI EN 124-2;2015. Dotati di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto relativamente al contenuto di riciclato come richiesto dal D.M. 23 giugno 2022 paragrafo 2.5.								
		Si vedano gli articoli relativi 01.P13.E41, 01.P13.E42, 06.P12.E03, 08.P40.I63, 08.P40.I64, 13.P11.A25 e 15.P05.A45								
20	08.A25.F15.015	Posa in opera di chiusini in ghisa e relative staffe, compreso il fissaggio, la misurazione, ecc. e ogni altra provvista e mano d'opera, escluso il trasporto: per chiusini 0,80x0,80, 0,80x0,85 o superiori	2,00				cad	75,47	2,00	150,94
21	A.P. 3	Fornitura ed installazione pompa	2,00				cad	1 500,00	2,00	3000,00
INSTALLAZIONE SERBATOIO 2 - TOTALE EURO										63 717,66
FONTANA										
22	A.P. 4	Fornitura ed installazione fontana	1,00				a corpo	1 500,00	1,00	1 500,00
INSTALLAZIONE FONTANA - TOTALE EURO										1 500,00
TUBAZIONE DA SERBATOIO 2 A WATER SQUARE										
SCAVO										
23	01.A01.A65.010	Scavo a sezione obbligatoria o a sezione ristretta per posa tubazione e manufatti, in terreni sciolti o compatti, fino a 2 m di profondità rispetto al piano di sbancamento, eseguito con idonei mezzi meccanici, con eventuale intervento manuale ove occorra, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m ³ , misurato in sezione effettiva, con deposito dei materiali ai lati dello scavo stesso. Anche in presenza di acqua fino ad un battente massimo di 20 cm		5,00	0,60	0,80	m ³	12,67	2,40	30,41
24	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza (aumento in volume 10%)	1,10	5,00	0,60	0,80	m ³	5,53	2,64	14,60
POSA TUBO										
25	30.P35.L08.050	Tubi monostrato in plastica riciclata in polietilene alta densità (PEAD) per condotte per drenaggi interrati e fognature in pressione e in depressione sia in sottosuolo che in acqua che fuoriterra. Dotati di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto relativamente al contenuto di riciclato come richiesto dal decreto MITE 23 giugno 2022 paragrafo 2.5.								
		PN 6 (SDR 26) - diametro nominale DN 450		5,00			m	199,67	5,00	998,35
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			99,84
26	01.A08.B10.005	Posa in opera di tubi di qualunque spessore, diametro e dimensione, con o senza bicchiere, per fognatura, pluviali, esalatori, per condotte verticali o orizzontali, con giunti sigillati in cemento, staffe in ferro per ogni giunto se verticali, compresi i pezzi speciali ed esclusi gli eventuali scavi e reinterri								
		In materiale plastico		5,00			m	30,51	5,00	152,55
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			15,26
RINTERRO CON SABBIA										
27	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139. Sabbia granita di cava (a dedurre volume del tubo)		5,00	0,60	0,80	m ³	32,52	1,60	52,19
			-0,16	5,00						

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
28	18.A85.A05.005	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. materiali terrosi, sabbia, graniglia, pietrischetto stabilizzato e simili, sparsi con mezzi meccanici (a dedurre volume del tubo)		5,00	0,60	0,80	m ³	4,63	1,60	7,43
REALIZZAZIONE TUBAZIONE DA SERBATOIO 2 A WATER SQUARE - TOTALE EURO										1 370,61
WATER SQUARE										
SCAVO										
29	01.A01.A05.010	Esecuzione di scotico dello strato superficiale del terreno, con adeguati mezzi meccanici, per profondità fino a 30 cm, compreso l'asportazione di cespugli e sterpaglie esistenti e sistemazione entro l'area del cantiere								
		piazza (area in pianta 170 m ²)	170,00			0,30	m ³	5,44	79,95	434,93
		banca (area in pianta 39,5 m ²)	39,50			0,30				
		scarpata (area in pianta 57 m ²)	57,00			0,30				
30	01.A01.A10.010	Scavo generale, di sbancamento o splateamento a sezione aperta, in terreni sciolti o compatti, fino a 4 m di profondità, eseguito con mezzi meccanici, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m ³ , misurato in sezione effettiva, compreso il carico sugli automezzi, trasporto e sistemazione entro l'area del cantiere								
		piazza (area in pianta 170 m ²)	170,00			1,01	m ³	4,62	240,38	1110,56
		banca (area in pianta 39,5 m ²)	39,50			1,01				
		scarpata (area in pianta 57 m ²)	57,00			0,51				
31	01.A01.A65.010	Scavo a sezione obbligatoria o a sezione ristretta per posa tubazione e manufatti, in terreni sciolti o compatti, fino a 2 m di profondità rispetto al piano di sbancamento, eseguito con idonei mezzi meccanici, con eventuale intervento manuale ove occorra, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m ³ , misurato in sezione effettiva, con deposito dei materiali ai lati dello scavo stesso. Anche in presenza di acqua fino ad un battente massimo di 20 cm								
		fondazione perimetrale		37,00	1,25	0,45	m ³	12,67	33,10	419,35
		fondazione rampa		13,80	1,05	0,45				
		fondazione scale		12,20	1,05	0,45				
32	01.A01.B87.020	Reinterro degli scavi in genere, con le materie di scavo precedentemente estratte e depositate nell'ambito del cantiere, compreso carico, trasporto, scarico, costipazione e regolarizzazione. Eseguito con mezzo meccanico								
		dietro muro perimetrale (area sezione 1,59m ²)	1,59	46,40			m ³	9,44	116,34	1 098,21
		sotto rampe scale (area sezione 1,13m ²)	1,13	12,70						
		sotto rampa tra cordoli (area sezione 0,32m ²)	0,32	29,53						
		sotto rampa parte inclinata		15,65	1,45	0,68				
		sotto rampa parte in piano 1		2,00	1,45	0,16				
		sotto rampa parte in piano 2		0,85	1,45	0,38				
		sotto rampa parte in piano 3		1,70	1,45	0,97				
33	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza								
		scotico (aumento in volume 10%)	79,95				m ³	5,53	353,43	1 954,45
		scavo generale (aumento in volume 10%)	240,38							
		scavo a sezione obbligatoria (aumento in volume 10%)	33,10							
MAGRONE MURI DI CONTENIMENTO										
34	30.P10.A00.010	Calcestruzzo per uso non strutturale preconfezionato a prestazione garantita con inerti riciclati di diametro massimo 25 mm, classe di consistenza al getto S4, in accordo alla UNI EN 206-1:2006. Dotato di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto come richiesto dal decreto MITE 23 giugno 2022 paragrafo 2.5. Classe di resistenza C12/15 (Rck 15)								
		fondazione perimetrale		37,00	1,25	0,10	m ³	68,82	7,36	506,17
		fondazione rampa		13,80	1,05	0,10				

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
		fondazione scale		12,20	1,05	0,10				
35	01.A04.C03.010	Getto in opera di calcestruzzo cementizio eseguito direttamente da autobetoniera con apposita canaletta. In strutture di fondazione					m³	28,74	7,36	211,38
MURI DI CONTENIMENTO										
36	30.P10.B00.005	Calcestruzzo per uso strutturale preconfezionato a prestazione garantita, ottenuto dalla miscela di inerti riciclati di diametro massimo 25 mm con cemento tipo Portland 32,5 R, acqua, sabbia e additivi. Classe di consistenza al getto S4, in accordo alla UNI EN 206-1:2006, classe di esposizione XC1. Dotato di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto come richiesto dal decreto MITE 23 giugno 2022 paragrafo 2.5. Classe di resistenza C25/30 (Rck 30)								
		fondazione perimetrale		37,00	1,05	0,35				
		fondazione rampa		13,80	0,85	0,35				
		fondazione scale		12,20	0,85	0,35				
		elevazione perimetrale		37,00	0,25	1,28	m²	77,42	45,39	3 513,81
		elevazione rampa		13,80	0,25	0,64				
		elevazione scale		12,20	0,25	0,40				
		soletta rampa		15,65	1,45	0,15				
		rampa scale (area sez. 0,39 m²)	0,39	13,80						
37	01.A04.C03.010	Getto in opera di calcestruzzo cementizio eseguito direttamente da autobetoniera con apposita canaletta. In strutture di fondazione	45,39				m³	28,74	45,39	1 304,40
38	01.A04.F10.005	Acciaio per calcestruzzo armato ordinario, laminato a caldo, classe tecnica B450C, saldabile ad alta duttilità, in accordo alla UNI EN 10080 e conforme al D.M. 17/01/2018, disposto in opera secondo gli schemi di esecuzione del progettista strutturista, compreso gli oneri per la sagomatura, la legatura e le eventuali saldature per giunzioni e lo sfrido								
		3% del volume di calcestruzzo x peso specifico 7850 kg/m³	0,03	45,39		7 850,00	kg	2,11	10 688,49	22 552,72
39	01.A04.H00.005	Casserature per strutture in cemento armato, semplice o precompresso, a sezione ridotta quali solette, traversi etc., compreso il puntellamento ed il disarmo misurando esclusivamente lo sviluppo delle parti a contatto dei getti. In legname di qualunque forma								
		fondazione perimetrale	2,00	37,00		0,35				
		fondazione rampa	2,00	14,30		0,35				
		fondazione scale	2,00	11,70		0,35				
		elevazione perimetrale	2,00	37,00		1,28	m²	56,58	201,98	11 427,89
		elevazione rampa	2,00	14,30		0,64				
		elevazione scale	2,00	11,70		0,40				
		soletta rampa	1,00	15,65		0,15				
		rampa scale (area sez. 0,39 m²)	2,00			0,39				
		alzate	6,00	13,40		0,15				
		soletta rampa scale		14,30	1,42					
IMPERMEABILIZZAZIONE										
40	A.P. 5	Impermeabilizzazione								
		Scale 1 (lunghezza in sezione 3,65 m)		3,65	4,75					
		Scale 2 (lunghezza in sezione 3,65 m)		3,65	5,15					
		Scale 3 (lunghezza in sezione 3,65 m)		3,65	3,50		m²	29,00	187,62	5 440,98
		Rampa		1,70	14,30					
		Perimetro (lunghezza in sezione 2,20 m)		2,20	52,00					
PAVIMENTAZIONE FONDO SCAVO										
41	01.A21.G55.005	Posa di geotessile su terreni e manufatti già predisposti quali scarpate livellate, muri di sostegno etc.; puntato, graffiato e cucito a regola d'arte. In fibra di poliestere o simile								
		Fondo piazza (area in pianta 109,02 m²)	228,44				m²	2,36	228,44	539,12
42	01.P28.A15.015	Geotessile non tessuto a filo continuo al 100% di propilene coesionato a caldo senza l'impiego di collanti o resine da g/m² 68 a 280, per la costruzione di drenaggi, strade, piazzali, parcheggi, la stabilizzazione del suolo, il controllo dell'erosione, impianti sportivi, giardini pensili. g/m² 150								
		Fondo piazza (area in pianta 109,02 m²)	228,44				m²	0,89	228,44	203,31
43	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139. Sabbia granita di cava								
		Fondo piazza - strato sabbia (area in pianta 109,02 m²)	109,02			0,05	m³	32,52	5,45	177,27
44	01.P03.A90.005	Ghiaia semplicemente vagliata								
		Fondo piazza - strato ghiaia (area in pianta 109,02 m²)	109,02			0,30	m³	26,39	32,71	863,11

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
45	18.A85.A05.015	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. ghiaia vagliata, pietrisco e ciotoli sparsi con mezzo meccanico								
		Fondo piazza - strato sabbia (area in pianta 109,02 m ²)	109,02			0,05	m ³	6,12	38,16	233,52
		Fondo piazza - strato ghiaia (area in pianta 109,02 m ²)	109,02			0,30				
FORNITURA E POSA DI TUBO DRENO										
46	30.P35.L20.015	Tubi fessurati in plastica riciclata in polietilene ad alta densità (PEAD) per la raccolta di percolati e captazione biogas in discariche rifiuti e per il drenaggio di opere civili, configurazione fino a 4 fessure radiali (materiali rispondenti al paragrafo 2.5.12 di cui al decreto MITE del 23 giugno 2022). Dotati di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto relativamente al contenuto di riciclato come richiesto dal decreto MITE 23 giugno 2022 paragrafo 2.5. Barra 6 e12 m SDR 26 Diametro Nominale DN 90								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	20,00			m	12,94	40,00	517,60
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			51,76
47	01.A21.G60.005	Posa in opera di tubo dreno per drenaggio. In PVC rigido microfessurato								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	20,00			m	6,49	40,00	259,60
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			25,96
PAVIMENTAZIONE E GRADINI										
48	30.P55.A05.005	Piastrelle per pavimenti e rivestimenti in gres ceramico fine porcellanato antigelivo e antiscivolo con superficie a vista tipo naturale per ambienti lavorati o zone bagnate per uso interno ed esterno. Dotate di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto relativamente al contenuto di riciclato come richiesto dal decreto MITE 23 giugno 2022 paragrafo 2.5.10.1. Colore grigio								
		Alzate - scale 1	6,00	4,75		0,17	m ²	48,35	95,52	4 618,46
		Pedate - scale 1	6,00	4,75		0,32				
		Alzate - scale 2	6,00	5,15		0,17				
		Pedate - scale 2	6,00	5,15		0,32				
		Alzate - scale 3	6,00	3,50		0,17				
		Pedate - scale 3	6,00	3,50		0,32				
		rampa parte inclinata 1 (lunghezza inclinata 2,16m)		2,16	2,00					
		rampa parte piana 1		1,50	2,00					
		rampa parte inclinata 2 (lunghezza inclinata 3,02m)		3,02	1,50					
		rampa parte piana 2		1,50	2,00					
		rampa parte inclinata 3 (lunghezza inclinata 8,10m)		8,10	1,70					
		rampa parte piana 3		1,70	1,70					
		parte laterale rampa (lunghezza totale 2+2,30+7,50 m)		11,80		0,45				
		area laterale scale			1,70	0,90				
parete contro biblioteca			16,00	0,90						
49	01.A12.G00.005	Posa in opera di rivestimento di pareti con piastrelle rettangolari o quadrate, con o senza bisello dato in opera con malta cementizia, con giunti sigillati a cemento bianco; escluso il rinzafo. In caolino, maiolica smaltata o gres ceramico, per superfici di almeno m ² 0,20	95,52				m ²	35,78	95,52	3 417,76
50	30.P15.O05.005	Masselli autobloccanti drenanti in calcestruzzo vibrocompressato, per pavimentazioni esterne e tappeti erbosi. Dotati di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto relativamente al contenuto di riciclato come richiesto dal decreto MITE 23 giugno 2022 paragrafo 2.5. Spessore 6 cm grigio								
		Fondo piazza (area in pianta 109,02 m ²)	109,02				m ²	14,74	109,02	1 606,95

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
51	01.A23.C80.005	Posa di pavimentazione in marmette autobloccanti di calcestruzzo pressato e vibrato, comprendente la provvista e lo stendimento della sabbia per il sottofondo dello spessore da cm 4 a cm 6, la compattazione con piastra vibrante dei blocchetti e la chiusura degli interstizi tra un elemento e l'altro mediante lavatura e scopatura. Dello spessore di cm 4 e 6								
		Fondo piazza (area in pianta 109,02 m ²)	109,02				m ²	13,03	109,02	1 420,53
BARRIERE DI SICUREZZA										
52	01.A18.E06.005	Fornitura e posa in opera di parapetto in acciaio CORTEN per sentieri, parchi, piste ciclabili etc.; il tutto costituito da montanti verticali in acciaio del diametro di 114 mm, sp 2 mm, h. 1150 mm, da porre in opera alla distanza di circa 2,50 m, provvisti di due fori passanti per permettere l'inserimento dei correnti orizzontali. I montanti saranno provvisti di linguette pieghevoli con foro per il fissaggio dei correnti orizzontali e coperchi in acciaio CORTEN per la protezione dagli agenti atmosferici								
		rampa (lunghezza 2,16*2+1,50+3,02+8,10+1,70+1,70 m)		20,34			m	288,70	32,34	9 336,56
		scale	6,00	2,00						
CADITOIE										
53	08.A35.H50.005	Fornitura e posa in opera di tubazioni in PVC ø 200 mm tipo SN 8 kN/m ² conformi alla norma UNI EN 1401 per formazione caditoie, compreso il disfacimento della pavimentazione stradale di qualunque spessore, lo scavo a sezione obbligata a pareti verticali, il rinfianco delle tubazioni con cls C12/15 (Rek 15) N/mm ² (inclusa la fornitura), il trasporto ad impianto di recupero e riciclo autorizzato dei materiali di risulta, la fornitura, la costipatura e l'innaffiatura di misto granulare anidro, il ripristino definitivo della pavimentazione stradale con stesa di tout-venant sp. cm 10 e quant'altro per completare l'opera a regola d'arte. Diametro esterno 200 mm	2,00	14,50	8,30		m	77,77	45,60	3 546,31
REALIZZAZIONE WATER SQUARE - TOTALE EURO										76 792,67
REALIZZAZIONE TUBAZIONE DA WATER SQUARE A FOGNATURA										
SCAVO										
54	01.A01.A65.010	Scavo a sezione obbligata o a sezione ristretta per posa tubazione e manufatti, in terreni sciolti o compatti, fino a 2 m di profondità rispetto al piano di sbancamento, eseguito con idonei mezzi meccanici, con eventuale intervento manuale ove occorra, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m ³ , misurato in sezione effettiva, con deposito dei materiali ai lati dello scavo stesso. Anche in presenza di acqua fino ad un battente massimo di 20 cm		11,00	0,60	0,75	m ³	12,67	4,95	62,72
55	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza (aumento in volume 10%)	1,10	11,00	0,60	0,75	m ³	5,53	5,45	30,11
POSA TUBO										
56	30.P35.L08.005	Tubi monostrato in plastica riciclata in polietilene alta densità (PEAD) per condotte per drenaggi interrati e fognature in pressione e in depressione sia in sottosuolo che in acqua che fuoriterra. Dotati di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto relativamente al contenuto di riciclato come richiesto dal decreto MITE 23 giugno 2022 paragrafo 2.5.								
		PN 6 (SDR 26) - diametro nominale DN 160		11,00			m	23,12	11,00	254,32
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			25,43
57	01.A08.B10.005	Posa in opera di tubi di qualunque spessore, diametro e dimensione, con o senza bicchiere, per fognatura, pluviali, esalatori, per condotte verticali o orizzontali, con giunti sigillati in cemento, staffe in ferro per ogni giunto se verticali, compresi i pezzi speciali ed esclusi gli eventuali scavi e reinterri								
		In materiale plastico		11,00			m	30,51	11,00	335,61
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			33,56

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
RINTERRO CON SABBIA										
58	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139. Sabbia granita di cava (a dedurre volume del tubo)		11,00	0,60	0,75	m³	32,52	4,73	153,78
			-0,02	11,00						
59	18.A85.A05.005	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. materiali terrosi, sabbia, graniglia, pietrischetto stabilizzato e simili, sparsi con mezzi meccanici (a dedurre volume del tubo)		11,00	0,60	0,75	m³	4,63	4,73	21,89
			-0,02	11,00						
REALIZZAZIONE TUBAZIONE DA WATER SQUARE A FOGNATURA - TOTALE EURO										917,43
TOTALE OPERE ZONA 2										144 298,37
COMPUTO METRICO ZONA 3 (C.A.M.)										
Il presente computo è stato redatto tenendo conto dei C.A.M. richiesti per i materiali utilizzati										
SERBATOIO 3										
SCAVALO										
1	01.A01.A05.010	Esecuzione di scotico dello strato superficiale del terreno, con adeguati mezzi meccanici, per profondità fino a 30 cm, compreso l'asportazione di cespugli e sterpaglie esistenti e sistemazione entro l'area del cantiere		14,92	10,92	0,30	m³	5,44	48,88	265,90
2	01.A01.A10.010	Scavo generale, di sbancamento o splateamento a sezione aperta, in terreni sciolti o compatti, fino a 4 m di profondità, eseguito con mezzi meccanici, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m³, misurato in sezione effettiva, compreso il carico sugli automezzi, trasporto e sistemazione entro l'area del cantiere								
		Fondo scavo		6,50	2,50	4,06				
		Scarpata 1	2,00	2,03	10,56	4,06	m³	4,62	207,07	956,68
		Scarpata 2	2,00	2,03	6,56	4,06				
3	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza								
		Scotico (aumento in volume 10%)	1,10			48,88	m³	5,53	281,55	1 556,96
		Scavo generale (aumento in volume 10%)	1,10			207,07				
GEOTESSUTO										
4	01.P28.A15.015	Geotessile non tessuto a filo continuo al 100% di propilene coesionato a caldo senza l'impiego di collanti o resine da g/m² 68 a 280, per la costruzione di drenaggi, strade, piazzali, parcheggi, la stabilizzazione del suolo, il controllo dell'erosione, impianti sportivi, giardini pensili. g/m² 150								
		Fondo scavo		6,50	2,50					
		Sopra strato drenante		7,10	3,10					
		Scarpata 1	2,00	10,21	4,36		m²	0,89	188,48	167,75
		Scarpata 2	2,00	6,21	4,36					
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00		0,25				
5	01.A21.G55.005	Posa di geotessile su terreni e manufatti già predisposti quali scarpate livellate, muri di sostegno etc.; puntato, graffiato e cucito a regola d'arte. In fibra di poliestere o simile								
		Fondo scavo		6,50	2,50					
		Sopra strato drenante		7,10	3,10					
		Scarpata 1	2,00	10,21	4,36		m²	2,36	181,44	428,20
		Scarpata 2	2,00	6,21	4,36					
6	01.A21.G50.005	Posa di geotessile filtrante per l'avviluppamento di tubi drenanti a un solo giro, completo di cucitrice o a calza o posto con idonea sovrapposizione, munito di fascette di ancoraggio e legature per rendere stabile il tessuto sulle zone fessurate del tubo drenante. In fibra di poliestere o simile di qualsiasi diametro								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00		0,25	m	1,78	7,0371675	12,53
FORNITURA E POSA DI TUBO DRENO										

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
7	30.P35.L20.015	Tubi fessurati in plastica riciclata in polietilene ad alta densità (PEAD) per la raccolta di percolati e captazione biogas in discariche rifiuti e per il drenaggio di opere civili, configurazione fino a 4 fessure radiali (materiali rispondenti al paragrafo 2.5.12 di cui al decreto MITE del 23 giugno 2022). Dotati di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto relativamente al contenuto di riciclato come richiesto dal decreto MITE 23 giugno 2022 paragrafo 2.5. Barra 6 e12 m SDR 26 Diametro Nominale DN 90								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00			m	12,94	28,00	362,32
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			36,23
8	01.A21.G60.005	Posa in opera di tubo dreno per drenaggio. In PVC rigido microfessurato								
		Tubi drenanti fondo scavo	2,00	14,00			m	6,49	28,00	181,72
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			18,17
STRATO DRENANTE										
9	01.P03.A90.005	Ghiaia semplicemente vagliata Strato drenante		6,80	2,80	0,30	m³	26,39	5,712	150,74
10	18.A85.A05.015	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. ghiaia vagliata, pietrisco e ciotoli sparsi con mezzo meccanico								
		Strato drenante		6,80	2,80	0,30	m³	6,12	5,712	34,96
SABBIA										
11	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139. Sabbia granita di cava								
		primi 20 cm		7,30	3,30	0,20	m³	32,52	242,29	7 879,35
		oltre 20 cm		10,90	6,90	3,45				
		(a dedurre volume della cisterna)	-22,00							
12	18.A85.A05.005	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. materiali terrosi, sabbia, graniglia, pietrischetto stabilizzato e simili, sparsi con mezzi meccanici								
		primi 20 cm		7,30	3,30	0,20	m³	4,63	239,71	1 109,83
		oltre 20 cm		10,95	6,90	3,40				
		(a dedurre volume della cisterna)	-22,00							
CISTERNA										
13	A.P. 1	Fornitura e posa cisterna	1,00				cad	15 000,00	1,00	15 000,00
		Fornitura e posa di pacchetto filtro								
		Fornitura e posa di tubo telescopico								
14	08.A40.I75.045	Provvista e posa in opera di tubazioni in polietilene ad alta densità PE/A 100 sigma 80 = 80 kgf/cm² ad elevata prestazione, idonee a posa in assenza di letto di sabbia -prodotte secondo specifica tecnica PAS 1075, UNI EN 12201, rispondenti alle prescrizioni igienico sanitarie del ministro della sanità relative a manufatti per liquidi, compresa la discesa nelle trincee e nei manufatti con sistemazione a livelletta, esecuzione dei giunti, mediante manicotti di raccordo o flange oppure con saldature per fusione nel caso di polietilene in barre, compreso collaudo e prova idraulica ed ogni opera accessoria:								
		DE 400, PN 6		0,80			m	134,22	0,80	107,376
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			10,74
15	A.P. 4	Acqua per la cisterna	20,00				m³	1,37	20,00	27,40
POZZETTO E CHIUSINO										
16	08.P05.B75.005	Pozzetto di ispezione a sezione rettangolare da 1200x1400 mm, h 1400 mm, spessore parete 130 mm con fondo a sezione idraulica per tubazioni diametro max 1200 mm, completo di soletta in c.a. con foro per passo d'uomo	2,00				cad	730,77	2,00	1461,54
17	AP. 2	Posa pozzetto	2,00				cad	15 000,00	2,00	30000

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
18	01.P13.E41.010	Chiusino di ispezione 600mm in ghisa sferoidale rispondente alle norme UNI EN 124-2, classe D 400 per traffico intenso, a telaio circolare o quadrato con suggello circolare articolato autocentrante ed estraibile con bloccaggio di sicurezza in posizione aperta, munito di guarnizione in elastomero antirumore. Prodotto dotato di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto come richiesto dal D.M. 11/10/2017 paragrafo 2.4.1.2. dimensione esterna quadrata 850x850 mm	2,00				cad	386,23	2,00	386,23
19	30.P05.L00.000	Chiusino di ispezione in ghisa sferoidale rispondente alle norme UNI EN 124-2:2015. Dotati di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto relativamente al contenuto di riciclato come richiesto dal D.M. 23 giugno 2022 paragrafo 2.5.								
		Si vedano gli articoli relativi 01.P13.E41, 01.P13.E42, 06.P12.E03, 08.P40.I63, 08.P40.I64, 13.P11.A25 e 15.P05.A45								
20	08.A25.F15.015	Posa in opera di chiusini in ghisa e relative staffe, compreso il fissaggio, la misurazione, ecc. e ogni altra provvista e mano d'opera, escluso il trasporto: per chiusini 0,80x0,80, 0,80x0,85 o superiori	2,00				cad	75,47	2,00	150,94
21	A.P. 3	Fornitura ed installazione pompa	1,00				cad	1 500,00	1,00	1 500,00
INSTALLAZIONE SERBATOIO 3 - TOTALE EURO										61 805,57
REALIZZAZIONE TUBAZIONE DA SERBATOIO 3 A FOGNATURA										
SCAVO										
22	01.A01.A65.010	Scavo a sezione obbligatoria o a sezione ristretta per posa tubazione e manufatti, in terreni sciolti o compatti, fino a 2 m di profondità rispetto al piano di sbancamento, eseguito con idonei mezzi meccanici, con eventuale intervento manuale ove occorra, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi ed i blocchi di muratura fino a 0,50 m ³ , misurato in sezione effettiva, con deposito dei materiali ai lati dello scavo stesso. Anche in presenza di acqua fino ad un battente massimo di 20 cm		43,00	0,60	0,80	m ³	12,67	20,64	261,51
23	01.P26.A60.030	Trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto ad impianto di trattamento autorizzato, esclusi i relativi oneri e tributi se dovuti. In impianto di trattamento autorizzato, da 10 km fino a 30 km di distanza (aumento in volume 10%)	1,10	43,00	0,60	0,80	m ³	5,53	22,70	125,55
POSA TUBO										
24	30.P35.L08.045	Tubi monostrato in plastica riciclata in polietilene alta densità (PEAD) per condotte per drenaggi interrati e fognature in pressione e in depressione sia in sottosuolo che in acqua che fuoriterra. Dotati di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto relativamente al contenuto di riciclato come richiesto dal decreto MITE 23 giugno 2022 paragrafo 2.5.								
		PN 6 (SDR 26) - diametro nominale DN 400		43,00			m	141,30	43,00	6 075,90
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)								607,59
25	01.A08.B10.005	Posa in opera di tubi di qualunque spessore, diametro e dimensione, con o senza bicchiere, per fognatura, pluviali, esalatori, per condotte verticali o orizzontali, con giunti sigillati in cemento, staffe in ferro per ogni giunto se verticali, compresi i pezzi speciali ed esclusi gli eventuali scavi e reinterri								
		In materiale plastico		43,00			m	30,51	43,00	1 311,93
		EVENTUALI RACCORDI (+10%)					a corpo			131,19
RINTERRO CON SABBIA										
26	01.P03.A10.010	Aggregati non frantumati per calcestruzzo conformi alla UNI EN 12620 - UNI EN 13139. Sabbia granita di cava (a dedurre volume del tubo)		43,00	0,60	0,80	m ³	32,52	15,24	495,49
			-0,13	43,00						
27	18.A85.A05.005	Spandimento di materiali vari per spessori superiori a cm 3, provvisti sfusi sul luogo d'impiego, per la formazione di strati regolari, secondo le indicazioni della direzione lavori, compreso gli eventuali ricarichi durante la cilindratura ed ogni altro intervento per regolarizzare la sagoma degli strati. materiali terrosi, sabbia, graniglia, pietrischetto stabilizzato e simili, sparsi con mezzi meccanici		43,00	0,60	0,80	m ³	4,63	15,24	70,54

Nr.	Codice prezzario	Descrizione	Simili	Lung.	Largh.	H/peso	U.M.	Costo unitario	Quantità	Costo totale
		(a dedurre volume del tubo)	-0,13	43,00						
REALIZZAZIONE TUBAZIONE DA SERBATOIO 3 A FOGNATURA - TOTALE EURO										7 029,00
TOTALE OPERE ZONA 3										68 834,56

Ringraziamenti

Per concludere vorrei ringraziare tutti coloro che hanno contribuito e che mi hanno supportata nella realizzazione della mia tesi di laurea.

Ringrazio moltissimo la mia relatrice che insieme alle mie corelatrici, le professoresse ing. Manuela Rebaudengo e ing. Ilaria Butera, ing. Barbara Ruffino e ing. Tiziana Anna Elisabetta Tosco, mi hanno accompagnata durante questo percorso con infinita disponibilità e dedicandomi il loro tempo.

Un ringraziamento è anche destinato all'ing. Matteo Carollo che mi ha guidata dedicandomi il suo tempo con infinita gentilezza e disponibilità.

Vorrei inoltre ringraziare l'ing. Anacleto Rizzo e l'assessore Flavia Bianchi per tutte le informazioni che con me hanno condiviso e per il loro tempo che mi hanno dedicato.

Un grazie speciale lo dedico ai miei genitori e a mia sorella che durante tutti questi anni di università mi hanno supportata, mi hanno incoraggiata e si sono fatti carico delle mie ansie, non mettendo in discussione la possibilità di non farcela ad arrivare a questo traguardo.

Un grazie altrettanto speciale lo rivolgo ad Emanuele, che seppur “contrario” allo studio, mi ha incoraggiata ogni giorno, mi ha sopportata ogni fine settimana passato sui libri facendosi carico di tutte le mie ansie e studiando anche lui un po' con me.

Un grazie particolare lo rivolgo ai nonni che, seppur non più presenti, durante questo percorso hanno seguito passo dopo passo ogni progresso ricordandosi la data di ogni esame e chiamando per sapere come era andata.

Ringrazio tutta la mia famiglia sempre presente e pronta ad incoraggiarmi.

Infine ringrazio tutti gli amici che l'università mi ha permesso di incontrare, con i quali ho trascorso molti bei momenti accanto a molte difficoltà e qualche notte insonne, ma senza i quali questi anni sarebbero stati molto più grigi.