

BETTER Water-management for Advancing Resilient-communities in Europe

Action D4 – Assessment of socio-economic impact accounting for the hydrologic effectiveness of the interventions

Guida ai costi di realizzazione degli interventi di ritenzione naturale delle acque

Project Data

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

Beneficiary Data

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

Report drafting

Partners involved:	TESAF and COMSAN
Scientific Project Head for TESAF:	Prof. Vincenzo D'Agostino
Action D4 Scientific Manager:	Prof.ssa Edi Defrancesco



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

TESAF

BETTER Water-management for Advancing Resilient-communities in Europe

Action D4 – Assessment of socio-economic impact accounting for the hydrologic effectiveness of the interventions

Handbook on the costs to sustain for the realization of natural water retention measures

Dati del Progetto

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

Dati del Beneficiario

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

Stesura del report

Partners coinvolti:	TESAF e COMSAN
Responsabile scientifico per TESAF:	Prof. Vincenzo D'Agostino
Responsabile scientifico dell'azione D4	Prof.ssa Edi Defrancesco



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

TESAF

Indice

Indice.....	3
1 Abstract.....	4
2 Introduzione.....	5
3 Giardini pluviali.....	6
4 Serbatoi fuori terra.....	9
5 Pavimentazione drenante.....	11
6 Verde pensile.....	13
7 Pozzi perdenti.....	16
8 Bibliografia.....	18

1 Abstract

The aim of this “Handbook” is to provide citizens, practitioners and administrators with reliable information about the costs to sustain for the realization of natural water retention measures. This is to eliminate uncertainties and scepticisms on the expected costs that could prevent the realization of NWRM already in the initial phase of intervention choice, favoring traditional interventions.

We need to point out that the considered intervention types present a wide range of costs due to the high variability of materials and design solutions that can be adopted. As a consequence, we did not consider a unique cost for each type of intervention, but we propose cost intervals which can evenly be very useful for evaluating spending budgets in both the private and public areas.

The report analyses four different sources of data in order to define the range of costs for each intervention: *i)* literature information, *ii)* real cost incurred by the respondents of the questionnaire (details about the questions in the deliverable of Action D4 “Report about ex ante data collection”), *iii)* real cost incurred in the realization of the interventions of action C4, and *iv)* *ad hoc* bill of quantities.

For each type of intervention, comparisons were made between the different sources of data above described. This allowed to reduce the evaluation errors that can be generated by the lack of data in a single source.

Finally, for each type of intervention, a summary of the information collected is proposed.

2 Introduzione

La presente relazione riporta un'analisi dei costi necessari alla realizzazione delle principali Misure di Ritenzione Naturale delle Acque (Natural Water Retention Measures - NWRM) in ambiente urbano, in contesto privato e pubblico. All'interno di ogni tipologia di intervento considerata, le soluzioni progettuali applicative possono presentare un'elevata variabilità per venire incontro alle esigenze specifiche di ogni intervento. Questa variabilità può includere ad esempio:

- lo spessore degli strati drenanti che varia a seconda della quantità d'acqua che si intende gestire;
- lo spessore dello strato di coltivazione che può variare a seconda delle varietà vegetali che si intende utilizzare;
- la vegetazione che ha costi eterogenei a seconda di tipologia e qualità utilizzata;

Tutte queste variabili vanno ad incidere fortemente sul costo finale dell'opera. In aggiunta, le NWRM sono tipologie costruttive ancora poco diffuse e, per alcune tipologie di intervento, un vero e proprio mercato non è ancora esistente sul nostro territorio. Questo ha reso ancora più difficile un'individuazione univoca e certa dei costi da sostenere per la loro realizzazione.

Pertanto, la presente relazione si limita a proporre degli intervalli di costo che possono essere comunque molto utili per valutare i budget di spesa sia in ambito privato che pubblico.

Le fonti utilizzate per individuare gli intervalli di costo, riportati nei capitoli successivi, sono le seguenti:

- FONTE 1. dati di letteratura** riportati in report e pubblicazioni, realizzati anche in contesti extranazionali, dove è presente una maggior diffusione di queste soluzioni progettuali. Laddove possibile, tuttavia si è fatto riferimento agli interventi realizzati in Italia. Al fine di ottenere valori confrontabili con quelli raccolti attraverso l'analisi delle altre fonti, i dati relativi ai costi di intervento presentati in letteratura sono stati rivalutati al 2020¹, facendo riferimento all'indice del costo di costruzione di un fabbricato residenziale (dati mensili - base 2015 = 100);
- FONTE 2.** raccolta dati tramite **questionari** somministrati a singoli cittadini residenti nel territorio dell'Altovicentino ai quali sono state chieste informazioni in merito ai costi sostenuti per la realizzazione delle diverse tipologie di interventi;
- FONTE 3.** costi effettivi sostenuti per la realizzazione degli **interventi** previsti dal progetto **BEWARE** (interventi dell'azione C.4 di progetto);
- FONTE 4.** analisi dei **prezziari e computi** metrici stimativi **realizzati ad hoc**, nel caso di tipologie di intervento poco o per nulla diffuse sul territorio delle quali non siamo riusciti a recuperare informazioni dalle altre fonti.

Per ogni tipologia di intervento sono stati effettuati dei confronti tra le tipologie di fonte sopradescritte al fine di ridurre gli errori di valutazione che si possono generare dalla carenza di dati nella singola fonte.

Infine, un box colorato riporta, per ciascuna delle tipologie di interventi proposta, una sintesi delle indicazioni raccolte e consigliate.

¹ Si è deciso di non rivalutare ai prezzi del 2021, in virtù di un forte rialzo dei prezzi osservato nell'anno in corso. Tale rialzo potrebbe avere natura unicamente congiunturale, per un eccesso di domanda legata alla situazione post-covid e per l'attuale normativa relativa al cd. bonus 110%.

3 Giardini pluviali

I giardini pluviali (o rain garden) sono depressioni vegetate che raccolgono l'acqua proveniente da una superficie impermeabile (tetto, parcheggio, strada ...), ne facilitano l'accumulo e l'infiltrazione nel terreno, favoriscono la percolazione in profondità verso la falda sottostante e la filtrazione dell'acqua per migliorarne la qualità.

Il giardino pluviale si presenta come una vera e propria aiuola fiorita che migliora l'estetica dei siti e di tutta la zona circostante e fornisce un habitat per la fauna selvatica. A titolo di esempio, in Figura 1 si riportano due immagini di giardini pluviali realizzati in ambito pubblico e privato.



Figura 1. A sinistra il giardino pluviale realizzato nel cimitero di via dei Prati (Santorso), mentre a destra un esempio di giardino pluviale realizzato nel cortile di una casa privata (dal web).

Nel caso di costruzione di un'abitazione ex-novo o di ristrutturazione/sistemazione di un cortile, un giardino pluviale presenta costi molto simili a quelli di una normale aiuola fiorita rialzata.

Per la realizzazione di un giardino pluviale convertendo un'aiuola già esistente, invece, abbiamo individuato i seguenti costi:

FONTE 1. In letteratura, non abbiamo trovato riferimenti relativi ai costi per questa tipologia di NWRM implementati in Italia. La recente rassegna bibliografica proposta da Ruangpan et al. (2020) analizza un vasto numero di studi relativi all'implementazione di NWRM e, per ciascuno di essi, suggerisce un costo per metro quadrato, basandosi sulle stime di CNT (2009), Nordman et al. (2018) e De Risi et al. (2018). Per i giardini pluviali, il costo suggerito è alquanto elevato (circa 564\$/mq pari a 462€/mq), probabilmente a causa di alcune specificità nazionali. Più in generale, infatti, nei manuali viene riportato che il costo dipende molto dal contesto in cui viene inserito (se sono necessarie operazioni di preparazione della zona di intervento, ad esempio la rimozione di una superficie impermeabile che il giardino pluviale va a sostituire), dalla conformazione dell'intervento, dai movimenti terra necessari alla sua realizzazione, e dalla tipologia di piante che si intende utilizzare. Per quest'ultima voce, Masseroni et al. (2018), con riferimento al caso Italiano, riporta costi compresi tra i 5,07 €/mq per la semina di piante erbacee (costo comprensivo di lavorazioni meccaniche, semina, concimazione, rullatura e prima irrigazione), ai 15,21-60,83 €/mq per la messa a dimora di specie erbacee ed arbustive, fino ai 30,41-50,69 € per le singole piante arboree.

FONTE 2. Un solo cittadino ha riportato la realizzazione di un intervento assimilabile alla categoria dei giardini pluviali comunicando una spesa di 50 €/mq.

FONTE 3. I giardini pluviali realizzati dal progetto BEWARE riguardano interventi in ambito pubblico per la gestione di grandi superfici impermeabili (parcheggi pubblici); i costi sostenuti non sono quindi rappresentativi della spesa di un singolo privato (giardino pluviale realizzato per la gestione dell'acqua proveniente dal tetto di una casa o un piccolo condominio), ma

forniscono indicazioni utili ad amministratori e professionisti che desiderano utilizzare questo tipo di intervento per la gestione dell'acqua di drenaggio nel territorio comunale e in particolare nelle zone altamente impermeabilizzate. In Tabella 1 si riportano i costi sostenuti per la realizzazione dei giardini pluviali del progetto BEWARE (Azione C4).

Tabella 1. Costi sostenuti per la realizzazione dei giardini pluviali realizzati nell'ambito del progetto BEWARE.

	<i>Superficie impermeabile gestita (mq)</i>	<i>Superficie del giardino pluviale (mq)</i>	<i>Costo dell'intervento (€)</i>	<i>Rapporto tra costo dell'intervento e superficie gestita (€/mq)</i>	<i>Costo per metro quadro di giardino pluviale (€/mq)</i>
<i>Giardino pluviale di piazza della libertà (Santorso)</i>	780	66,5	13.500	17,30	203,00
<i>Giardini pluviale del cimitero di via dei Prati (Santorso)</i>	1145	172	25.500	22,30	148,30
<i>Area di detenzione con giardino pluviale interno presso le scuole medie di Marano Vicentino</i>	1080	45 (+ 112 mq di area di detenzione esterna)	8.280	7,30	184,00 (53,00 €/mq se si considera tutta l'area di detenzione)
<i>Giardino pluviale presso la scuola elementare di Marano Vicentino</i>	900	99	9.250	10,30	93,40

La tabella evidenzia dei costi leggermente più alti per i primi due interventi, quelli nel Comune di Santorso). Questo è giustificato dalle seguenti motivazioni:

- gli interventi di Santorso comprendono manufatti necessari al monitoraggio non presenti nei giardini pluviali delle scuole di Marano Vicentino;
- negli interventi di Santorso si sono rese necessarie delle demolizioni della pavimentazione del parcheggio.
- Nel giardino pluviale della scuola media di Marano, la vegetazione erbacea perenne interessa solo una porzione della superficie totale.

Mediamente le spese sostenute sono nell'ordine dei 10-20 € per metro quadrato di superficie impermeabile gestita, e di 100-200 € per metro quadro di giardino pluviale.

FONTE 4. Per quanto riguarda la stima dei costi tramite computo metrico abbiamo ipotizzato la realizzazione di un giardino pluviale di 10 mq utile a gestire l'acqua di pioggia proveniente da una superficie impermeabile con una superficie compresa di massimo 100 mq (dimensioni che rispecchiano le condizioni tipo di abitazioni singole e piccoli condomini). Per la gestione di superfici più grandi Abbiamo ipotizzato l'intervallo di costi ipotizzando la realizzazione di uno strato di coltivazione di spessore variabile tra 15 cm (valore minimo) e 40 cm (valore massimo). I costi riguardano le spese per il substrato (sabbia + compost), tubazioni di collegamento, e piante. Per quanto riguarda il substrato i costi variano dai 23 ai 62 €/mq (a seconda dello spessore che si intende utilizzare), per le piante dai 15 ai 60 €/mq (a seconda

della tipologia di piante utilizzate), mentre per le tubazioni abbiamo considerato 40 euro forfettari per tutto l'intervento.

I costi per il materiale variano quindi dai 38 ai 120 €/mq, per un totale quindi di 380-1200 € del giardino completo. La soluzione più comune (spessore medio del substrato di 25 cm e piante di qualità intermedia) riporta costi di materiale compresi tra 500 e 600 euro.

Nel caso in cui questo venga realizzato da un professionista è necessario aggiungere il costo della manodopera. Ipotizzando un carico di lavoro compreso tra 1,5 e 2,5 giornate di lavoro per due operai qualificati, la manodopera si aggira tra i 720 e i 1200 €.

Sulla base di questi dati abbiamo stimato gli intervalli di costo al metro quadro riportati nella tabella seguente.

Tabella 2. Intervallo di costi necessari alla realizzazione di un giardino pluviale identificati tramite computo metrico estimativo.

	Costo minimo	Costo massimo	Costo medio
Giardino pluviale autocostruito (solo materiale)	38 €/mq	120 €/mq	80 €/mq
Giardino pluviale realizzato da un professionista	110 €/mq	242 €/mq	175 €/mq

Box sintesi Giardini pluviali

I costi identificati tramite le fonti 1 e 2 sono coerenti con quelli identificati tramite computo metrico estimativo (fonte 4). Si suggerisce quindi di utilizzare gli intervalli di costo riportati in Tabella 2 per la valutazione dei costi per la realizzazione di un giardino pluviale in ambito privato, quindi per la gestione dell'acqua di deflusso proveniente da superfici impermeabili di massimo 200 mq.

Per quanto riguarda interventi in ambito pubblico, dove è possibile utilizzare degli strati di drenaggio più profondi per aumentare la capacità di invaso del giardino pluviale e permettergli di gestire una superficie impermeabile più vasta, i costi di riferimento sono quelli riportati nella fonte 3 ovvero spese nell'ordine dei 10-20 € per metro quadrato di superficie impermeabile gestita, e di 100-200 € per metro quadro di giardino pluviale.

4 Serbatoi fuori terra

I serbatoi permettono di immagazzinare l'acqua meteorica che cade su coperture e superfici impermeabili (tipicamente quella raccolta dai tetti degli edifici) per poi essere riutilizzata per scopi non potabili come l'irrigazione, approvvigionamento idrico a scopo di antiincendio, il riempimento delle cassette dei WC, l'utilizzo per la lavatrice.

In questo capitolo consideriamo i serbatoi fuori terra per l'immagazzinamento di acqua per uso irriguo (giardino, orto), in quanto sono la tipologia di serbatoio che può essere maggiormente diffusa tra i cittadini visto il basso costo e la facilità di installazione.

FONTE 1. I dati raccolti a dal progetto pilota "Atmospheric Precipitation. Protection and Efficient use of Freshwater: Integration of Natural Water Retention Measures (NWRM) in River basin Management"², considerando tutte le tipologie di serbatoio, riportano valori di costo compresi tra i 5 e i 60 € per mq di tetto gestito. Per il contesto italiano, invece, Masseroni et al. (2018), considerando specificatamente i serbatoi fuori terra, riportano valori compresi tra 0,11 e 0,63 € per ogni litro di capienza del serbatoio.

FONTE 2. Ben 37 rispondenti hanno dichiarato di possedere un serbatoio per la raccolta dell'acqua piovana. Di questi, 10 hanno fornito indicazioni sulla spesa sostenuta. I valori di costo riportati nei questionari presentano una variabilità elevata, spiegata dall'eterogeneità delle dimensioni dei serbatoi installati. Si va da valori inferiori a 100 € per serbatoi con capienza fino a 500 l, fino ai 3.000 – 3.500 € per serbatoi con capienze comprese tra i 5.000 e gli 8.500 litri. Il prezzo per litro di capienza (con valori minimi di 0,12 €/l e massimi di 0,70 €/l) risulta coerente con l'intervallo di valori proposto da Masseroni et al. (2018) e riportati nella fonte 1.

FONTE 3. Nell'ambito del progetto BEWARE sono stati acquistati e installati cinque serbatoi fuori terra per la raccolta e riuso dell'acqua piovana. Le soluzioni individuate sono cinque serbatoi diversi fra loro e con un'estetica piacevole, in modo che si integrassero in modo armonico al contesto in cui sono stati inseriti, che sia un giardino privato o la facciata di un edificio pubblico. I prezzi di acquisto dei serbatoi variano da 380 a 570 € (comprensivi di accessori e spese di spedizione), con capienze tra i 260 e i 350 litri. L'installazione è stata realizzata in economia dai cittadini o dagli operai comunali.

FONTE 4. Non sono stati analizzati i prezziari regionali in quanto non riportano informazioni per dispositivi di questo tipo. I serbatoi per la raccolta di acqua piovana, comunque, sono dispositivi che cominciano a diffondersi anche nel nostro Paese, non tanto per la presenza di ditte e rivenditori diffusi sul territorio, ma soprattutto grazie agli acquisti on-line. Da un'analisi dell'offerta disponibile in rete, i costi per i serbatoi fuori terra da installare per la raccolta di acqua piovana al fine di irrigare il verde privato (giardino, orto, piante in vaso) hanno costi di acquisto compresi tra i 60 e i 500 € (capienze inferiori ai 600 l). Per serbatoi di dimensioni maggiori (tra 1000 e 13000 litri, generalmente dotati di elettropompa), i prezzi di acquisto possono salire in un intervallo compreso tra i 500 e i 5000 €. Queste sono le soluzioni che presentano i benefici maggiori dal punto di vista idrologico/idraulico, ma che difficilmente si integrano dal punto di vista estetico nel luogo in cui vengono inseriti (Figura 2).

² Per maggiori informazioni sul progetto "Atmospheric Precipitation. Protection and Efficient use of Freshwater: Integration of Natural Water Retention Measures (NWRM) in River basin Management" e sui dati raccolti, visitare il sito www.nwrm.eu.

L'analisi delle informazioni ricavate dalle diverse fonti ci ha portato a considerare costi diversi per serbatoi a capienza elevata (Figura 2, sinistra), e serbatoi a capienza ridotta per installazione a vista in giardini (Figura 2, destra). Per la stima dei costi abbiamo dei serbatoi piccoli sono stati presi in considerazione i valori riportati dalle diverse fonti; in particolare l'analisi di mercato riportata nella Fonte 4 ha permesso di stimare i seguenti valori minimi e massimi di circa 0,6 €/l e 2,6€/l.

Per quanto riguarda la stima dei costi sostenuti per la realizzazione dei serbatoi di grandi dimensioni l'intervallo di valori è coerente tra tutte le fonti ed è quello riportato in Tabella 3 .

Tabella 3. Intervallo di costi necessari alla realizzazione dei serbatoi

	Costo minimo	Costo massimo	Costo medio
Serbatoio X < 500L	0,6 €/l	2,6 €/l	1,6 €/l
Serbatoio 1000 < X < 13000	0,12 €/mq	0,70 €/mq	0,43 €/mq

Box sintesi Serbatoi fuori terra

Riassumendo, si considera di utilizzare un intervallo di prezzo compreso tra 0,11 e 0,70 € per ogni litro di capienza per i serbatoi a capienza elevata (Figura 2, sinistra), e valori tra i 100 e i 500 € (valore medio pari a 300 €) per serbatoi a capienza ridotta per installazione a vista in giardini privati (Figura 2, destra).



Figura 2. Esempi di serbatoi fuori terra: a sinistra un tipico esempio di serbatoio a capienza elevata (tipicamente tra 500 e 10000 l), mentre a destra uno dei serbatoi installati a Santorso nell'ambito del progetto BEWARE (esempio di serbatoio di piccole dimensioni, ma di maggior valore estetico).

5 Pavimentazione drenante

Si tratta di sistemi pavimentati realizzati con masselli a elevata porosità o posati in modo da favorire l'infiltrazione dell'acqua, permettendole di percolare e di raggiungere gli strati sottostanti e svolgendo, inoltre, una parziale funzione di trattenimento delle sostanze inquinanti.

Generalmente sono composti da due distinti strati: quello più superficiale è composto da una pavimentazione permeabile che ha la funzione di assorbire e fare penetrare nello strato sottostante le acque meteoriche che defluiscono sulla superficie. Il secondo strato, posto tra la pavimentazione e il terreno, è composto da uno strato di ghiaia o ghiaietto lavato che ha la funzione facilitare l'infiltrazione delle acque nel suolo sottostante. Lo strato superficiale della pavimentazione può essere realizzato in getto ricorrendo ad asfalti o conglomerati porosi oppure utilizzando elementi prefabbricati di forma alveolare in materiale lapideo o sintetico, masselli in calcestruzzo poroso o masselli con distanziali maggiorati. Il mercato offre numerose soluzioni a seconda delle esigenze e del tipo di applicazione (soluzioni adatte anche a classi di traffico medio e pesante).

I costi di installazione variano a seconda del tipo di pavimentazione utilizzata e della superficie da pavimentare. Per quanto riguarda le diverse tipologie di pavimentazione drenante, in ordine crescente di costo, troviamo le seguenti categorie: **sterrati inerbiti** (superfici costituite da uno strato di terreno miscelato con ghiaia e seminato con specie erbacee resistenti al calpestio), **grigliati inerbiti** (realizzati in materiale plastico o in calcestruzzo vibrocompresso, riempiti con un substrato di coltivazione e seminati con specie erbacee resistenti al calpestio), **blocchi in calcestruzzo vibrocompresso** (il drenaggio avviene solo attraverso le fughe tra i blocchi di calcestruzzo), **blocchi di conglomerato cementizio filtrante** (calcestruzzo poroso – l'acqua viene drenata attraverso la pavimentazione stessa).

Per la realizzazione di una pavimentazione drenante abbiamo individuato i seguenti costi:

FONTE 1. Dall'analisi dei dati di letteratura, diversi autori riportano intervalli di costo molto variabili per questa tipologia di intervento. Le stime proposte da Ruangpan et al. (2020), sulla base dei lavori di CNT (2009), Nordman et al. (2018) e De Risi et al. (2018) per il contesto extra-europeo, suggeriscono un costo medio pari a circa 252 \$/mq (ovvero 206.36 €/mq). In contesto europeo (con dati riferiti soprattutto al contesto inglese) il sito nwrn.eu riporta costi variabili in un intervallo compreso tipicamente tra i 40 e i 90 €/mq. In Italia, invece, Masseroni et al. (2018) riporta per il contesto lombardo costi compresi tra i 24,33 e i 56,77 €/mq (comprese le spese per la posa in opera).

FONTE 2. 20 rispondenti hanno riportato realizzazioni di pavimentazioni drenanti sulla loro proprietà privata, ma solo uno di questi ha fornito indicazioni sui costi sostenuti per la loro realizzazione. Il costo riportato è di 10 €/mq.

FONTE 3. La pavimentazione drenante installata negli interventi del progetto BEWARE è composta da masselli in calcestruzzo poroso caratterizzati da una percentuale di vuoti che varia tra il 15% e il 20% che consente l'assorbimento dell'acqua al momento del contatto con la superficie. Lo spessore degli strati drenanti sottostanti è stato, inoltre, sovradimensionato al fine di aumentare la capacità di invaso dell'intervento. Questo significa che i costi sostenuti possono considerarsi rappresentativi della fascia di costi più alta.

Le superfici a pavimentazione drenante previste dal progetto, si collocano all'interno di interventi più ampi, che hanno previsto la realizzazione congiunta di altre tipologie di NWRM (giardini pluviali, trincee drenanti, aree di bioritenzione) che sono state realizzate insieme a queste, utilizzando in parte la stessa manodopera. Pertanto, non è stato possibile effettuare una facile separazione dei costi a fine lavori. I costi considerati in questo documento fanno quindi riferimento ai computi metrici estimativi realizzati in fase di progettazione. Questi riportano costi di 80 €/mq per l'intervento in cui la pavimentazione drenante sia stata installata su suolo attualmente privo di pavimentazione, e di 145 €/mq nel caso in cui la realizzazione della pavimentazione drenante sia stata prevista su una zona asfaltata (il costo

più alto è dovuto quindi alla demolizione della pavimentazione attuale e al suo trasporto e smaltimento in discarica).

Per ulteriori informazioni sugli interventi è possibile consultare i progetti completi nella sezione 'Materiale' del sito ufficiale del progetto BEWARE (www.lifebeware.eu).

Box sintesi Pavimentazione drenante

Dai dati raccolti possiamo quindi affermare che i costi di realizzazione di una pavimentazione drenante si aggirano mediamente tra i **20-40 €/mq per le soluzioni più economiche** (grigliati inerbiti in materiale plastico o calcestruzzo), fino ai **100-150 €/mq per le soluzioni più performanti** (compresa la posa in opera).

6 Verde pensile

I tetti verdi (o verde pensile) sono strutture verdi multistrato realizzate sulle coperture piane o inclinate di edifici o altre infrastrutture (tettoie, garage, pensiline). Si distinguono due tipologie principali:

- tetti verdi intensivi: tipologia più costosa e strutturata in quanto prevedono la possibilità di accesso diretto delle persone e la fruizione come se fosse un normale giardino; la struttura ha uno spessore più alto perché sono costruiti in modo da poter ospitare una grande varietà di specie erbacee, arbustive e anche di piccoli alberi, oltre ad altri elementi per rendere la zona accogliente e gradevole dal punto di vista estetico;
- tetti verdi estensivi: non sono accessibili e sulla loro superficie vengono coltivate piante di dimensioni ridotte, generalmente erbacee e tappezzanti, e per questo presentano un costo inferiore rispetto ai tetti verdi intensivi; sono caratterizzati da un minor peso strutturale e richiedono una bassa manutenzione; si tratta di soluzioni che prediligono la funzionalità all'estetica, adatte ad essere installate su superfici difficilmente raggiungibili o inclinate.



Figura 3. Foto di un tetto verde estensivo realizzato sulla copertura di un supermercato (a sinistra) e su una tettoia per il posteggio dell'auto (a destra).

Oltre alla tipologia di tetto verde, altre variabili che vanno ad influenzarne il costo finale sono:

- la dimensione del tetto (più grande è la superficie e minore sarà il prezzo al mq);
- l'accessibilità del tetto;
- l'inclinazione del tetto;
- la necessità di effettuare verifiche statiche, strutturali ed igrotermiche;
- edificio di nuova costruzione o edificio esistente;
- la necessità di prevedere un impianto di irrigazione.

Anche in questo caso, non è quindi possibile fornire informazioni precise sui costi, che variano molto a seconda del caso specifico. Ad ogni modo, i dati raccolti permettono di fornire al lettore un'idea di massima sui costi da sostenere per l'installazione di un sistema a verde pensile. Si ricorda tuttavia, che il mercato del verde pensile è comunque molto attivo sul territorio italiano, con la presenza di un certo numero di aziende che producono e forniscono prodotti specifici e si occupano della posa in opera. Non è difficile quindi recuperare preventivi *ad hoc* per questa tipologia di NWRM.

FONTE 1. I dati raccolti a livello europeo dal progetto pilota "Atmospheric Precipitation. Protection and Efficient use of Freshwater: Integration of Natural Water Retention Measures (NWRM) in River basin Management" mostrano valori di costo per la realizzazione di un tetto verde estensivo compresi tra 25 e 130 €/mq, e di 130 - 300 €/mq per i tetti verdi di tipo intensivo. In Italia, Marani (2016), tramite interviste a professionisti del settore, riporta valori minimi di 30 €/mq per verde pensile estensivo, che possono arrivare fino a 200 €/mq per i giardini

fruibili. Berto et al. (2018), nella loro valutazione sulla competitività economica dei tetti verdi, utilizzano un costo medio di installazione di circa 142 €/mq. Perini e Rosasco (2016), invece, riportano differenze di costo di installazione, rispetto a un tetto tradizionale, di 64,76 €/mq per tetti verdi estensivi e 141,86 €/mq per quelli intensivi. Maria Elena La Rosa, responsabile ufficio tecnico Harpo, azienda triestina specializzata nelle coperture a verde, in un'intervista del 2015 riporta costi di circa 72,24 - 123,85 €/mq per verde pensile estensivo, e di circa 206,41 €/mq un sistema che comprende anche arbusti: la spesa media per un condominio si aggira intorno ai 31 mila euro.

FONTE 2. Nessuna delle persone intervistate ha installato sistemi a verde pensile presso la propria abitazione.

FONTE 3. Non sono stati realizzati sistemi a verde pensile nell'ambito del progetto BEWARE.

FONTE 4. Il Prezziario della Regione Veneto non riporta voci relative al verde pensile e ai suoi componenti. Tuttavia è possibile trovare alcune indicazioni di prezzo nei siti web delle maggiori ditte che si occupano di verde pensile in Italia.

Tra le proposte in questo campo, alcune ditte forniscono kit pronti all'installazione (solo materiale, senza vegetazione) per sistemi a verde pensile estensivo su piccole superfici (tipicamente tettoie e garage) con prezzi che variano tra i 55 e i 79 €/mq.

Utilizzando, invece, i prezzi dei singoli componenti del sistema a tetto verde, e assemblandoli secondo gli schemi di realizzazione proposti da alcune delle principali ditte che commercializzano questi prodotti in Italia, il costo per il solo materiale per un tetto verde estensivo varia tra i 30 e i 35 €/mq, e tra i 45 e 85 €/mq per un sistema a verde pensile intensivo (vegetazione erbacea compresa). I prezzi in questo caso sono inferiori rispetto ai kit sopraelencati, in quanto il materiale viene venduto solo in quantità elevate. Nel caso del verde pensile intensivo, il costo può aumentare se si prevede l'utilizzo di arbusti o piccoli alberi.

A queste cifre è necessario aggiungere il costo della manodopera, nonché il costo di elementi accessori il cui costo varia a seconda della dimensione e conformazione del tetto su cui vanno installati (raccordi perimetrali dello strato di impermeabilizzazione e per il drenaggio dell'acqua, pozzetti di controllo, impianto di irrigazione, sistemi di ancoraggio per effettuare la manutenzione in sicurezza ...). A tal riguardo, alcune ditte riportano indicazioni riguardo il costo della fornitura e posa in opera di un tetto verde estensivo riportando valori compresi tra gli 80 e i 100 €/mq.

Box sintesi Verde pensile

Analizzando i dati soprariportati possiamo considerare l'intervallo di valori di rappresentativo del costo necessario per la fornitura e posa in opera di un sistema a verde pensile nel l'intervallo il seguente intervallo indicativo della fornitura e posa in opera di un sistema a verde pensile.

Tabella 4. Costi medi per la fornitura e posa in opera di un sistema a verde pensile.

	Costo minimo	Costo massimo	Costo medio
Sistema a verde pensile estensivo	70 €/mq	140 €/mq	105 €/mq
Sistema a verde pensile estensivo	130 €/mq	300 €/mq	215 €/mq

7 Pozzi perdenti

I pozzi perdenti sono camere sotterranee per l'accumulo e l'infiltrazione delle acque di drenaggio superficiale. In genere sono realizzate tramite scavi quadrati o circolari, al cui interno viene posizionata una struttura tipicamente cilindrica (anelli finestrati in calcestruzzo o strutture cilindriche forate in polietilene), rivestite esternamente da uno strato di materiale granulare altamente drenante (pietrame, ciottoli e ghiaia).



Figura 4. Fase di realizzazione del pozzo perdente di Corte Acquasaliente (Santorso, VI) realizzato nell'ambito del progetto BEWARE. Si osserva la camera in calcestruzzo con chiusino per l'ispezione, e la posa del geotessuto di separazione posizionato tra il terreno naturale e lo strato di materiale drenante.

Il costo dei pozzi perdenti varia a seconda della dimensione (diametro) e della profondità di scavo.

FONTE 1. I dati raccolti a livello europeo dal progetto pilota "Atmospheric Precipitation. Protection and Efficient use of Freshwater: Integration of Natural Water Retention Measures (NWRM) in River basin Management" mostrano valori minimi di costo per la realizzazione di un pozzo perdente variabili tra 90 e 140 € per metro cubo di acqua invasata. Per il contesto italiano, invece, Masseroni et al. (2018) riportano costi, onnicomprensivi del costo della messa in opera del dispositivo, variabili da un minimo 0,10 € ad un massimo 0,71 € per ogni litro invasato (ovvero compresi tra 101,38 e 709,65 € per mc di acqua invasata).

FONTE 2. Un buon numero di rispondenti (35) ha dichiarato di aver installato almeno un pozzo perdente presso la sua proprietà. Di questi, però, solo quattro riportano informazioni sui costi sostenuti.

Uno di questi dichiara di aver speso 300 € per un pozzo perdente di piccole dimensioni (0,7 m di diametro). Il basso costo dichiarato ci fa pensare che la spesa dichiarata sia solo per il materiale e che abbia provveduto autonomamente all'installazione. Altre tre persone, invece, dichiarano di aver speso cifre comprese tra 3.000 e 3.500 € per pozzi con dimensioni comprese tra 1,5 e 2,0 m. Considerando che pozzi di quelle dimensioni hanno mediamente una capacità attorno ai 1 € per litro di acqua invasata.

FONTE 3. Nell'ambito del progetto BEWARE, tre pozzi perdenti sono stati realizzati presso Corte Acquasaliente (Santorso). Due di questi hanno un diametro di 1,5 m per una profondità di

2,0 m, mentre il terzo ha diametro pari a 1,0 m e profondità di 1,5 m. La spesa sostenuta è stata di 10.000 € in totale, comprensivi della progettazione e delle opere accessorie. Il costo della fornitura e posa in opera dei singoli pozzetti è risultato di 2.000 € per ognuno dei due pozzi con diametro pari a 1,5 m, e di 1.000 € per quello con diametro pari a 1,0 m. Le altre spese riguardano le spese tecniche (1.000 € circa), gli imprevisti (675 €), il materiale e le opere accessorie (tubi in PVC, canalette in cls, riposa delle betonelle, prove sul materiale di scarto per il trasporto in discarica). Dal rapporto tra la spesa sostenuta per la realizzazione dei 3 pozzi perdenti (10.000 €) e il volume totale di acqua invasata (8,3 metri cubi) abbiamo stimato il costo per metro cubo di acqua invasata (1210 € per metro cubo → 1,21 €/l circa).

FONTE 4. Non abbiamo individuato nel Prezziario della Regione Veneto una voce specifica per questo tipo di intervento. Abbiamo quindi analizzato i prezziari delle regioni limitrofe. In Friuli Venezia Giulia si riportano costi per la fornitura e posa in opera di pozzo perdente prefabbricato in calcestruzzo pari a 1.020 € per un diametro di 150 cm e profondità di 2,0 m, e di 1.983 € per un diametro di 200 cm e profondità di 3,0 m. In regione Lombardia, invece, sempre per la fornitura e posa pozzo perdente ad anelli prefabbricati in cemento (profondità 2,0 m) troviamo prezzi che variano dagli 850 € per un diametro di 80 cm fino ai 1.700 € per un diametro di 200 cm (in questo caso è necessario aggiungere 200 euro per il sigillo carrabile).

Box sintesi Pozzi perdenti

Dall'analisi dei dati soprariportati si osserva che la fornitura e posa in opera di un pozzo perdente ha costi variabili tra i 1.000 e 2.000 €, a seconda della dimensione del pozzo e della profondità raggiunta. A questi costi è necessario aggiungere il costo dell'analisi geotecnica, la progettazione, eventuali opere accessorie come canalette, tubazioni e pozzetti di raccolta, e il costo dell'eventuale smaltimento del materiale di risulta.

Se viene considerato nel costo anche un costo mediamente osservate per queste voci, l'intervallo di costo per un singolo pozzo perdente va mediamente dai 2.000 ai 4.000 €, con un **costo medio di 3.000€**.

Tabella 5. Costi medi per la costruzione dei pozzi pendenti.

			Costo minimo	Costo massimo	Costo medio
Pozzo	Perdente	spesa	0,77 €/l	1,32 €/l	1,12 €/l
complessiva					
Pozzo	Perdente	senza costi	0,18€/l	0,78€/l	0,48€/l
accessori					

8 Bibliografia

- Berto, R., Stival, C. A., & Rosato, P. (2018). Enhancing the environmental performance of industrial settlements: An economic evaluation of extensive green roof competitiveness. *Building and Environment*, 127, 58-68.
- CNT (2009), National Green Values™ Calculator Methodology, Center for Neighborhood Technology, Chicago.
- De Risi, R., De Paola, F., Turpie, J., and Kroeger, T. (2018). Life Cycle Cost and Return on Investment as complementary decision variables for urban flood risk management in developing countries, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 28, 88–106.
- Marani, R. (2016). *Vivere al verde: analisi del fenomeno dei green roof e wall*. Tesi di laurea, Università degli Studi di Padova, Relatore: Prof. Marco Bettiol.
- Masseroni, D., Massara, F., Gandolfi C., Bischetti, G.B. (2018). *Manuale sulle buone pratiche di utilizzo dei sistemi di drenaggio urbano sostenibile*, Colophon Ed.
- Nordman, E. E., Isely, E., Isely, P., and Denning, R. (2018). Benefit-cost analysis of stormwater green infrastructure practices for Grand Rapids, Michigan, USA, *Journal of Cleaner Production*, 200, 501–510, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.152>.
- Perini, K., & Rosasco, P. (2016). Is greening the building envelope economically sustainable? An analysis to evaluate the advantages of economy of scope of vertical greening systems and green roofs. *Urban Forestry & Urban Greening*, 20, 328-337.
- Ruangpan, L., Vojinovic, Z., Di Sabatino, S., Leo, L.S., Capobianco, V., Oen, A.M.P., McClain, M.E., and Lopez-Gunn, E. (2020). Nature-based solutions for hydro-meteorological risk reduction: a state-of-the-art review of the research area, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20, 243–270.