

Realizzazione di un tetto verde estensivo presso la sede
del *Dipartimento di Agricoltura Alimentazione e
Ambiente* – Di3A – Via Santa Sofia, 100 - Catania



Università
di Catania



AGRICOLTURA,
ALIMENTAZIONE
E AMBIENTE

INTERVENTO FINANZIATO NELL'AMBITO DEL PROGETTO



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
European Regional Development Fund



GIFLUID

Green Infrastructures to mitigate Flood risks
in Urban and sub-urban areas and to Improve
the quality of rainwater Discharges

Programma INTERREG V-A Italia-Malta

CUP E65F21001240006

Elaborato

A.1

RELAZIONE TECNICA

Data

7 settembre 2022

Revisione

REV2

IL PROGETTISTA

Dott. Agr. Annibale Sicurella

COLLABORATORI

Pr. Designer Salvatore Monaco

Dott.ssa Michela Pressato

Dott. Antonio Mazzeo

CONSULENZA TECNICO- SCIENTIFICA

Prof. Giuseppe Luigi Cirelli ¹

Prof. Giovanni Cascone ¹

Prof.ssa Daniela Romano¹

Prof.ssa Feliciana Licciardello ¹

Prof. Mirco Milani ¹

Dott. Stefano Cascone ²

Dott.ssa Liviana Sciuto ¹

Dott. Salvatore Barresi ¹

¹ Università degli studi di Catania – UNICT

² Università Mediterranea di Reggio Calabria - UNIRC

Area della Progettazione, dello Sviluppo edilizio e della
Manutenzione APSEMa



Università
di Catania

IL R.U.P.

Ing. Giovanni Luca Iacona

INDICE

- 1. Premessa**
- 2. Descrizione sintetica dell'intervento**
- 3. Le tecnologie di tetto verde impiegate**
- 4. La vegetazione: individuazione, posa in opera e manutenzione**
- 5. Impianto di microirrigazione**
- 6. Valutazione dei carichi sulle strutture esistenti in cls**
- 7. Opere accessorie e di sicurezza**
- 8. Quadro economico**

1. Premessa

Il presente progetto prevede la realizzazione di un tetto verde estensivo sulla copertura dell'atrio del corpo B del Polo Bioscientifico ubicato a Catania in Via S. Sofia 100 e sede del Dipartimento di Agricoltura Alimentazione e Ambiente dell'università di Catania. L'intervento in progetto è finanziato nell'ambito del progetto *"GIFLUID - Green Infrastructures to mitigate flood risks in Urban and sub-urban areas and to improve the quality of rainwater discharges"* (programma INTERREG V A Italia-Malta 2014-2020).

Il progetto GIFLUID, il cui capofila è il *Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente-Di3A* dell'Università di Catania e responsabile scientifico il prof. Giuseppe Cirelli, intende promuovere alcune soluzioni sostenibili per la gestione delle acque di pioggia nelle aree urbane e suburbane tramite l'impiego di infrastrutture verdi (tetti verdi, giardini pluviali pioggia "rain garden", pavimentazioni porose, trincee drenanti, bacini di infiltrazione, ecc.). Appare ormai consolidato a livello internazionale che i sistemi di drenaggio urbano tradizionali non sono più in grado di gestire gli eventi di pioggia estremi, sempre più frequenti anche in relazione ai fenomeni di cambiamento climatico, e pertanto devono essere integrati con infrastrutture verdi e sistemi di recupero e smaltimento delle acque piovane.

Il tetto verde di tipo estensivo per una superficie di circa 900 m² è previsto nell'ambito del *"Work Package n. 4 - The role of Green Roofs to attenuate stormwater runoff and to mitigate environmental pollution (WP4)"* del progetto GIFLUID tra le infrastrutture di tipo dimostrativo che devono essere realizzate dall'Università di Catania (UNICT). La copertura finanziaria per la realizzazione dei lavori è interamente a valere sui fondi del progetto GIFLUID (CUP E65F21001240006) sulle tre voci di spesa *infrastrutture, servizi esterni e spese generali*.

Il tetto verde, la cui manutenzione e gestione è prevista per un periodo di 5 anni post-progetto sarà oggetto di monitoraggio per valutarne gli effetti idraulici, climatici ed ambientali. Le apparecchiature e strumentazioni necessarie per il monitoraggio non sono oggetto del presente progetto e verranno acquistate ed installate, facendo riferimento ad un'altra voce di spesa specifica ("attrezzature") prevista in progetto. In particolare la strumentazione che verrà specificatamente installata per le attività di monitoraggio consiste in: stazione meteorologica dotata di una serie di sensori per la registrazione delle misure dei vari parametri: radiazione solare, direzione e velocità del vento, temperatura e umidità dell'aria,

precipitazioni; sistemi di misura automatica dei deflussi in corrispondenza di alcuni pluviali discendenti; apparecchiature per il monitoraggio dei parametri termo-fisici nell'intradosso della copertura.

La progettazione dell'intervento è stata svolta dal dott. agronomo Annibale Sicurella con la collaborazione dell'arch. Michela Pressato, del dott. Antonio Mazzeo e del sig. Salvatore Monaco e con la consulenza tecnico-scientifica dei seguenti docenti e ricercatori: prof. Giuseppe Cirelli (UNICT), prof. Giovanni Cascone (UNICT), prof.ssa Daniela Romano, prof.ssa Feliciana Licciardello (UNICT), prof. Mirco Milani (UNICT), dott. Stefano Cascone (UNIRC), dott.ssa Liviana Sciuto (UNICT), dott. Salvatore Barresi (UNICT).

2. Descrizione sintetica dell'intervento

L'edificio sul quale verrà realizzato il tetto verde è censito al foglio 6 particella 761 sub.3 del catasto fabbricati del comune di Catania (elaborato B.1). La copertura sulla quale verrà realizzato il tetto verde ha una superficie complessiva di circa 900 m² ed è direttamente accessibile da una porta ubicata al primo piano del corpo B dell'edificio del *polo Bioscientifico di Via S. Sofia n.100* – Catania.

In relazione alle finalità dimostrative del progetto, la copertura dove realizzare il tetto verde estensivo, tenendo conto delle linee di impluvio e displuvio e dei pluviali esistenti, è stata suddivisa in 7 settori (elaborati B.2 e B.4). In particolare, nel presente progetto verranno impiegate 3 diverse tecnologie (vedi paragrafo 3): A – tecnologia con moduli drenanti (4 settori) per una superficie totale di circa 236 m²; B - tecnologia con moduli DAKU (1 settore) per una superficie totale di circa 103 m²; C- tecnologia sperimentale con uso di materiali riciclati (2 settori) per una superficie totale di circa 200 m². I settori saranno isolati idraulicamente con cordoli in cls alleggerito e le acque di pioggia raccolte in ognuno dei suddetti settori verranno convogliate, tramite 1 o 2 pluviali, alla rete di drenaggio ubicata al piano campagna. Le acque di deflusso provenienti da 3 settori realizzati con le 3 diverse tecnologie (elaborato B.2) saranno oggetto di monitoraggio qualitativo e quantitativo dei deflussi. In particolare, si prevede di far confluire ognuno dei pluviali a servizio dei 3 settori oggetto di monitoraggio, in serbatoi cilindrici all'interno dei quali saranno installate delle sonde di livello collegate ad un data-logger per la registrazione in continuo dei volumi di deflusso e la ricostruzione dell'idrogramma.

Per consentire agevolmente la manutenzione ed il monitoraggio del tetto verde, nonché eventuali interventi di manutenzione sulle facciate dell'edificio, il tetto verde verrà distaccato di circa 2.5 m dal prospetto ovest del corpo B e dal prospetto sud del corpo C, e sarà creato un passaggio tra i settori A e C creando una piazzola centrale dove verrà installata la stazione meteo.

In tutti i settori verrà piantata (vedi paragrafo 4 ed elaborato B.3) la medesima vegetazione costituita da: erbacee perenni a portamento compatto; erbacee perenni tappezzanti coprisuolo; graminacee ornamentali.

Il tetto verde sarà inoltre servito da un impianto di microirrigazione a goccia automatizzato (vedi paragrafo 5 ed elaborato B.6) che si allaccerà alla rete idrica esistente a servizio delle aree verdi ubicate al piano campagna.

La realizzazione del tetto verde sul solaio esistente non determina un aggravamento del carico accidentale considerato nel progetto del solaio e delle altre strutture portanti in calcestruzzo armato (vedi paragrafo 6).

Per consentire la fruizione in sicurezza da parte del personale addetto alla manutenzione e monitoraggio del tetto verde, nonché sopralluoghi a scopo didattico-dimostrativo di piccoli gruppi di tecnici e/o studenti, si prevede di installare sul perimetro esterno ed interno della copertura una recinzione di altezza pari a 1.00 m (vedi paragrafo 7 ed elaborato B.4).

3. Le tecnologie di tetto verde impiegate

Come descritto nel paragrafo 2 della presente relazione, sono state previste tre tecnologie di tetto verde estensivo così denominate (elaborati B.2, B.4 e B.5):

- A –Moduli drenanti;
- B - DAKU;
- C – Sperimentale.

La tecnologia A- Moduli drenanti occuperà una superficie complessiva di circa 236 m² ed è suddivisa in 4 settori indipendenti. La tecnologia A- Moduli drenanti è costituita da elemento di drenaggio e accumulo idrico integrato con argilla espansa, geotessuto di separazione e substrato. L'elemento di drenaggio e accumulo idrico, realizzato con pannelli in polipropilene rigenerato, ha un'altezza del pannello di 6 cm e dimensioni in pianta 50x50 cm. L'argilla espansa, con funzione di riempimento dell'elemento di drenaggio e accumulo idrico fino ad uno spessore di 2 cm oltre il raso del suddetto elemento, ha una granulometria 10-12 mm. Il geotessuto di separazione tra il suddetto materiale di riempimento e il substrato ha peso 150 g/m² e spessore 0,90 mm. Il substrato ha spessore (a compattazione avvenuta) di 15 cm ed è costituito da pomice, perlite, torba bionda, torba irlandese 1 e ammendante compostato verde.

La tecnologia B- DAKU verrà realizzata in un unico settore indipendente per una superficie complessiva di circa 103 m². La tecnologia DAKU (B) è costituita da elemento in EPS stampato, elemento filtrante, substrato, fertilizzante di completamento ed elemento di ispezione ai pluviali. Il pannello rigido in polistirene espanso sinterizzato di colore bianco ha dimensioni 80x125 cm e spessore 19,5 cm. Il pannello in EPS rappresenta il supporto per il sistema che comprende due bacini di raccolta dell'acqua di irrigazione, n. 8 percorsi preferenziali per l'alimentazione dei pozzetti di alloggio dei camini capillari, n. 8 camini capillari costituiti da cilindri in polimeri sintetici per la risalita capillare bilanciata dell'acqua di irrigazione aventi altezza compresa tra i 62 e 65 mm, sistema di adduzione d'acqua composto da collettori in tubi in PVC rigido diametro 32 mm e derivazioni in tubazioni in PVC flessibile diametro 16 mm munite di erogatori autocompensanti a portata variabile che consentono di definire i volumi di erogazione dell'acqua di irrigazione per ogni punto irriguo. L'elemento filtrante è realizzato in geotessile stabilizzante in fibre di polipropilene, con spessore 1,10 mm e peso di 200 g/m².

Il substrato ha granulometria entro i limiti definiti dal fuso granulometrico della UNI 11235/2015 e spessore di 15 cm assestati. Il fertilizzante di completamento è del tipo a lento e graduale rilascio dei nutrienti, in granuli ricoperti, in ragione di 5 g/m² per ogni cm di substrato. L'elemento di ispezione dei pluviali ha altezza necessaria al contenimento dello spessore del substrato, è realizzato con profilo presso-piegato e rivettato, in lega di Alluminio-Magnesio, ed è dotato di fessurazioni di altezza 4 mm atte a garantire il deflusso dell'acqua e l'aerazione, comprensivo di coperchio fessurato e richiudibile.

La tecnologia C- Sperimentale verrà realizzata in due settori indipendenti per una superficie complessiva di circa 200 m². La tecnologia C- Sperimentale è costituita da elemento di drenaggio granulare, geotessuto di separazione e substrato. L'elemento di drenaggio, realizzato con granuli di polietilene riciclato contenuti all'interno di sacchi in plastica microforati, provenienti dalla rigenerazione dei filmplastici dismessi utilizzati in agricoltura per la copertura delle serre e la pacciamatura, ha spessore medio di 6 cm. I sacchi di plastica microforati hanno dimensioni in pianta 65 × 55 cm. Il geotessuto di separazione tra il drenaggio granulare e il substrato ha peso 150 g/m² e spessore 0,90 mm. Il substrato è composto da una miscela di biochar e substrato commerciale per tetti verdi (il medesimo utilizzato nella tecnologia Moduli drenanti) con rapporto in peso 1:4 (ovvero 20% biochar e 80% substrato commerciale), e spessore finale a compattazione avvenuta pari a circa 15 cm.

4. La vegetazione: individuazione, posa in opera e manutenzione

La vegetazione prevista in progetto (elaborati A.2, B.3 e B.5) prevede l'utilizzo di piante erbacee perenni prevalentemente a portamento compatto, prostrato e tappezzante.

Le specie vegetali individuate devono rispondere a particolari caratteristiche che sono essenziali per il corretto sviluppo delle piante, in una situazione di "non contatto diretto con il suolo" come nel caso del giardino pensile.

Le piante devono presentare una buona velocità di sviluppo, al fine di coprire con la loro chioma la superficie orizzontale a esse destinata.

Che si tratti di cespugli a portamento compatto, ricadenti o tappezzanti la copertura orizzontale del suolo deve essere garantita entro la fine della prima stagione vegetativa, allo scopo di preservare la superficie del substrato.

Tra le specie vegetali è stato previsto l'inserimento di graminacee ornamentali con lo scopo di aumentare il cromatismo della realizzazione inserendo piante a bassissima manutenzione, molto resistenti al contesto urbano e con un'alta capacità di accestimento e copertura del suolo.

La posa in opera delle piante (elaborato A.2) prevede l'inserimento di:

- erbacee perenni a portamento compatto nella misura di 2 piante/m²
- erbacee perenni tappezzanti coprisuolo nella misura di 3 piante/m²
- graminacee ornamentali nella misura di 1 pianta/m²

Le specie vegetali saranno inserite in buche effettuate nel substrato con strumenti leggeri, mantenendo le giuste distanze di impianto e la loro distribuzione come da indicazioni a metro quadro sopra esposte.

Una volta raggiunta una copertura a verde del suolo di circa l'ottanta per cento, inizia ad attivarsi una corretta competizione delle specie vegetali inserite nei confronti delle piante infestanti, riducendo di fatto le operazioni di scerbatura manuale e quindi la manutenzione complessiva.

In termini generali la manutenzione dello spazio a verde, una volta ottenuta la copertura del suolo, si presenta ridotta ad un massimo di due interventi annuali di controllo dello sviluppo vegetale e contenimento dei volumi.

Si può quindi affermare che con solo due interventi manutentivi l'anno il giardino pensile realizzato rientra a pieno titolo nella categoria dei giardini pensili estensivi, nonostante l'utilizzo di un'ampia varietà di specie vegetali individuate in progetto.

ERBACEE PERENNI A PORTAMENTO COMPATTO
Nome
CANNA INDICA
ACHILLEA
CALLISTEMON NANO
RUDBECKIA
GAURA
PERSICARIA
LEUCANTHEUM VULGARE
CINERARIA MARITTIMA
SPIRAEA JAPONICA
BERBERIS
ABELIA GRANDIFLORA
EUONYMUS FORTUNEI EMERALD
WESTRINGIA FRUTICOSA
LOROPETALUM CHINENSIS
LIGUSTRUM TEXANUM
PHOTINIA NANA
GREVILLEA ROSMARINIFOLIA
GAILLARDIA PULCHELLA
ROSMARINUS
EREMPHILA NIVEA
RAPHIOLEPIS UMBELLATA
LONICERA CAPRIFOLIUM
NANDINA DOMESTICA
PITTOSPORUM TOBIRA NANO
SANTOREGGIA
ECHINACIA
SALVIA DA FIORE
LAVANDULA STOECHAS
AGAPANTHUS

BOUGANVILLEA VARIEGATA
ERICA
POLYGALA MYRTIFOLIA
SANGUISORBA OFFICINALIS
ELLEBORUS ORIENTALIS
TULBAGHIA VARIEGATA

ECHINOPS
AGASTACHE
POTENTILLA
LAVANDULA STOECHAS BIANCA
SALVIA OFFICINALIS

ERBACEE PERENNI - TAPPEZZANTI COPRISUOLO
Nome
FRANKENIA LEAVIS
DIMORPHOTECA
CARISSA GRANDIFLORA
VERBENA PULCHELLA PERENNE
ALLIUM SCHOENOPRASUM
AGATEA
GREVILLEA MT TAMBORITHA
TRADESCANTIA ZEBRINA
LITHODORA
LOTUS BERTHELOTII
LANTANA SELLOWIANA BIANCA
SANTOLINA
SAPONARIA OCYMOIDES
ROSMARINUS OFFICINALIS STRISCIANTE
HEUCHERIA
DIANTHUS
CONVOLVULUS CNEORUM

ARMERIA MARITTIMA
THYMUS SERPILLUM
CERASTIUM TOMENTUOSUM
LIRIOPE MUSCARI
IBERIS SEMPERVIRENS
MUEHLENBECKIA
CALENDULA
GAZANIA
GAZANIA RIGENS
VINCA MINOR
DYMONDIA
COTONEASTER HORIZZONTALIS
PHLOX
CEANOTHUS REPENS
AUBRIETA DELTOIDEA
HYPERICUM CALYCINUM
CAMPANULA PORTENSCHLAGIANA
LIMONIUM
LANTANA MONTEVIDENSIS
ASTER
CYANOTIS SOMALIENSIS
NIREMBERGIA HIPPOMANICA
ARCTOSTAPHYLOS UVA-URSI
DICHONDRA ARGENTEA
HELIANTHEMUM
COREOPSIS
ALYSSUM SAXATILE
OXALIS RUBRA
PACHYSANDRA TERMINALIS
AJUGA REPTANS
ERODIUM

MALVA SYLVESTRIS
HELICHRYSUM BRACTEATUM
SAXIGRAFA
GEUM COCCINEUM
POLYGONIUM CAPITATUM
STOKESIA LAEVIS
FESTUCA GLAUCA
ZOYSIA

GRAMINACEE ORNAMENTALI
Nome
MISCANTHUS ZEBRINUS
PANICUM VIRGATUM
CALAMAGROSTIS
IMPERATA
PENNISETUM ALOPECUROIDES
PENNISETUM NANO
CAREX BRONZE
CAREX COMMANS
PENNISETUM MACROURUM
PENNISETUM VIRIDISCENS
PENNISETUM RED BUTTONS
PENNISETUM RUBRUM
PENNISETUM VILLOSUM
STIPA TENUISSIMA
MUHLENBERGIA CAPILLARIS
ARUNDO DONAX RED

5. Impianto di microirrigazione

Per garantire durante il periodo primaverile ed estivo la sopravvivenza della vegetazione del tetto verde occorre realizzare un impianto di microirrigazione a goccia automatizzato (elaborato B.6). L'impianto irriguo verrà suddiviso in 7 settori irrigui che verranno irrigati in sequenza con durate dell'intervento irriguo valutate in funzione dell'evapotraspirazione.

Il settore del tetto verde con il sistema B-DAKU sarà dotato di un proprio impianto di irrigazione integrato nei moduli DAKU.

Ogni settore sarà dotato di una elettrovalvola collegata al programmatore elettronico di funzionamento. Sul collettore di adduzione principale del DN 32, che si collega alla tubazione di adduzione principale posta al piano terra sarà installato gruppo di comando dotato di: una valvola manuale, uno sfiato, un riduttore di pressione, un filtro a dischi da 120 mesh e portata nominale di circa 5 m³/h, un contatore volumetrico, un tubo di venturi per eventuali interventi di fertirrigazione. Tutte le tubazioni in PE BD dal DN 16 al DN 32 da utilizzare dovranno essere di colore marrone. La tubazione di distribuzione secondaria in PE BD DN 25 PN4 avrà uno schema a maglia chiusa per migliorare uniformità di erogazione e su tale tubazione verranno inserite le ali gocciolanti DN 16 integrali (spessore non inferiore a 40 mil) con gocciolatore cilindrico auto compensante e antisifone, con spaziatura dei gocciolatori da 10 cm e portata nominale di circa 1,1 l/h ad una pressione di esercizio di circa 1 bar. Il particolare design del gocciolatore dovrà permettere l'efficace compensazione della pressione all'interno da 0.5 a 3.5 bar. Ogni settore sarà dotato di un manometro ed un contalitri per valutare l'apporto idrico nei vari settori. Le elettrovalvole verranno alloggiare in pozzetti di PVC ed i cavi elettrici per il cablaggio elettrico delle elettrovalvole saranno posti in opera in cavidotti DN16/25.

I settori irrigui sono stati progettati in modo tale che le parcelle in cui verranno sperimentate le tre tecnologie di tetto verde estensivo impiegate (A, B e C) ed oggetto del monitoraggio idrologico ricevano una dose irrigua simile:

- A – Moduli drenanti (sette 1: superficie circa 70 m², portata oraria 1360 l/h, portata specifica 19.4 L/m² x h);
- B – DAKU (sette 2: superficie circa 103 m², portata oraria 1950 l/h, portata specifica 18.9 L/m² x h);
- C – Sperimentale (sette 3: superficie circa 86 m², portata oraria 1480 l/h, portata specifica 17.4 L/m² x h).

6. Valutazione dei carichi sulle strutture esistenti in cls

L'edificio sul quale verrà realizzato il tetto verde è censito al foglio 6 particella 761 sub.3 del catasto fabbricati del comune di Catania. Il tetto verde in progetto verrà realizzato su un solaio esistente formato da campate di forma quadrata di lato 6,70 m, sostenute da una struttura in calcestruzzo armato costituita da travi aventi sezione 40x70 cm, da pilastri aventi sezione 40x40 cm e da travi di fondazione aventi sezione a *ti* rovescia con base 95 cm e altezza 90 cm. Dagli elaborati grafici esecutivi del progetto delle strutture depositati presso l'Ufficio del Genio Civile di Catania si rileva che il solaio ha struttura in calcestruzzo armato di spessore 29 cm, formata da travetti di base 8 cm posti ad interasse di 33 cm, caldana di spessore 9 cm, fasce piene di larghezza 40 cm e pignatte in laterizio di altezza 20 cm con funzione di cassaforma e di alleggerimento. Dal fascicolo dei calcoli si rileva che le suddette strutture sono state progettate considerando un peso proprio del solaio di 465 kg/m², un carico permanente di 236 kg/m² e un carico accidentale di 100 kg/m². Il carico permanente attualmente gravante sul solaio è valutabile in 155 kg/m², come somma dei seguenti pesi unitari: massetto di peso medio stimato 70 kg/m², guaina impermeabilizzante di peso 5 kg/m², pavimento in marmette di spessore 2 cm di peso medio 60 kg/m², intonaco all'intradosso avente peso stimato 20 kg/m².

Il carico permanente medio delle diverse tecnologie di tetto verde in progetto è valutabile in circa 80 kg/m², come somma dei seguenti pesi unitari: guaina antiradice di peso 2,5 kg/m², strato di drenaggio di spessore medio 6 cm e di peso stimato 4 kg/m², substrato di coltivazione di spessore medio 15 cm e di peso secco stimato 62 kg/m², contenuto idrico medio stimato in 12 kg/m².

Pertanto, la somma del carico permanente attualmente presente sul solaio e del carico permanente determinato dal tetto verde in progetto non è maggiore del carico permanente considerato nel progetto del solaio e delle altre strutture portanti in calcestruzzo armato. In conseguenza di piogge di forte intensità, il tetto verde giunge a saturazione con un contenuto idrico stimato non superiore a 100 kg/m².

In definitiva, la realizzazione del tetto verde sul solaio esistente non determina un aggravamento del carico accidentale considerato nel progetto del solaio e delle altre strutture portanti in calcestruzzo armato.

7. Opere accessorie e di sicurezza

Al fine di impedire il passaggio dell'acqua negli strati sottostanti le porzioni della copertura esistente nelle quali verranno installate le tecnologie di tetto verde sopra definite, è stata prevista la posa in opera di una membrana impermeabilizzante bitume polimero elastoplastomerica di spessore 4 mm, con risvolti di raccordo con le pareti verticali dei cordoli perimetrali per un'altezza minima di 20 cm, da installare al di sopra della pavimentazione esistente. Considerato che lo sviluppo delle radici della vegetazione potrebbe causare il punzonamento nei confronti della membrana impermeabilizzante, con il conseguente danneggiamento di quest'ultima e il passaggio dell'acqua negli strati sottostanti attraverso i fori nella membrana che potrebbero venirsi a creare, la membrana sarà dotata di caratteristiche di resistenza al punzonamento delle radici.

I diversi settori di tetto verde descritti nelle premesse della presente relazione saranno separati da cordoli perimetrali realizzati con blocchi in calcestruzzo aerato autoclavato. I suddetti cordoli di separazione avranno la funzione sia di separare i settori di tetto verde da monitorare da quelli non oggetto di monitoraggio, sia di delimitare il tetto verde rispetto alle aree pavimentate calpestabili della copertura. I cordoli avranno altezza 25 cm, tranne quelli posti lungo il perimetro della tecnologia DAKU che, avendo un'altezza superiore rispetto alle altre tecnologie di tetto verde, avranno altezza 35 cm. I cordoli saranno uniti in orizzontale e verticale con specifica malta collante per l'incollaggio dei blocchi e sarà realizzata una rasatura su entrambe le facce verticali e su quella orizzontale superiore del cordolo. La suddetta rasatura avrà spessore medio di 3 mm. La faccia esterna e quella orizzontale superiore del cordolo (esclusa la faccia a contatto con la copertura verde) saranno pitturate con pittura a base resine e alluminio *leafing*. Inoltre, al fine di consentire il corretto deflusso delle acque dal tetto verde verso i pluviali collocati all'esterno di quest'ultimo, nei blocchi è stato previsto di realizzare dei fori di altezza pari a quella dello strato di drenaggio dei tetti verdi (6 cm). Per quanto concerne i pluviali ubicati all'interno delle tecnologie Moduli drenanti e Sperimentale (nella tecnologia DAKU gli elementi di ispezione dei pluviali sono già compresi nella fornitura tecnologia, come descritto nel precedente paragrafo), verranno installati dei pozzetti realizzati in plastica di dimensioni 25x25x25 cm, completi di chiusino (o coperchio), al fine di impedire che il materiale granulare che costituisce il substrato del tetto verde possa occludere i pluviali. È stato previsto di eseguire un taglio alla base del pozzetto per consentire il passaggio

dell'acqua proveniente dallo strato di drenaggio della copertura verde. Il suddetto taglio dovrà avere altezza 6 cm (pari all'altezza dello strato di drenaggio) e larghezza tale da lasciare piedi di appoggio del pozzetto larghi 5 cm.

Per quanto concerne gli aspetti inerenti alla sicurezza durante la fase di esecuzione dei lavori e la fase di esercizio del tetto verde (fruizione e manutenzione), è stata prevista la realizzazione di una ringhiera in acciaio INOX lungo il perimetro esterno della copertura e attorno le tre bucaure quadrate. La ringhiera è costituita da montanti di altezza 1,00 m, posti ad interasse 2,00 m, e aventi sezione trasversale scatolare di forma quadrata. I suddetti montanti saranno collegati tra loro mediante n. 3 cavi in acciaio grazie a dei fori praticati nei montanti e ad un anello che ha la funzione di serrare i cavi al montante e di metterli in tensione. Inoltre, i montanti saranno collegati alla trave perimetrale in calcestruzzo della copertura esistente mediante una piastra in acciaio e dei tasselli specifici per l'ancoraggio su elementi in calcestruzzo, avendo cura durante l'operazione di ancoraggio a non intercettare l'armatura longitudinale e trasversale della trave in calcestruzzo.

È previsto l'utilizzo di un ponteggio mobile, con dimensione longitudinale di 2,00 m, realizzato con elementi tubolari metallici e provvisto di ruote, di tavole ferma piedi, di parapetti, di scale interne di collegamento tra pianale e pianale da piazzare e successivamente spostare lungo il perimetro esterno della copertura e attorno le tre bucaure quadrate esistenti durante la fase di realizzazione della ringhiera.

Infine, per impedire il passaggio di persone al di sotto e nelle vicinanze della copertura durante l'esecuzione dei lavori, è stata prevista una recinzione perimetrale di protezione in rete estrusa di polietilene ad alta densità HDPE di colore arancione a maglia ovoidale, distante 1,50 m dalla proiezione al suolo del filo esterno della copertura.

8. Quadro economico

Per la realizzazione dell'intervento si prevede un impegno di spesa pari a **188.000,00 €**, di cui **143.864,03 € per lavori a base d'asta** e **44.135,97 € per somme a disposizione**. L'importo dei lavori soggetto al ribasso è pari 140.319,61 €, al netto delle opere provvisorie di sicurezza pari a 3.544,42 €. I lavori oggetto dell'appalto rientrano nelle categorie OS.24 e OG.1.

Per l'intervento progettuale si applica un'aliquota IVA pari a 22 % sull'importo lavori (voce B.1). Le competenze tecniche (voce B.2) sono pari al 2 % dell'importo dei lavori. Nelle somme a disposizione (voce B.3) è stato indicato un importo per imprevisti di € 2.108,60 pari a circa l'1,5% dell'importo dei lavori. Infine, sono stati inclusi nelle somme a disposizione le spese relative alla gestione e manutenzione del tetto verde (voce B.4) per un periodo di 3 anni (eventualmente rinnovabile) dalla data di ultimazione dei lavori.

Lavori a base d'asta			
A)	A.1) Importo lavori	€ 143.864,03	€ 143.864,03
	A.2) Oneri speciali di sicurezza, già inclusi nei lavori (2,463729% sui lavori)	€ 3.544,42	
	A.3) Importo soggetto a ribasso	€ 140.319,61	
Somme a disposizione			
B)	B.1) IVA sui lavori (22%)	€ 31.650,09	€ 44.135,97
	B.2) Competenze tecniche (R.U.P., D.L.,) 2% della voce A.1	€ 2.877,28	
	B.3) Imprevisti (circa 1,5% importo lavori)	€ 2.108,60	
	B.4) Manutenzione e gestione del tetto verde per i 3 anni successivi dall'ultimazione lavori (IVA inclusa)	€ 7.500,00	
Sommano A+B			€ 188.000,00

Negli elaborati C.1, C.2 e C.3 sono riportati rispettivamente il computo metrico estimativo, l'analisi prezzi e l'elenco prezzi. Si è fatto riferimento al prezzario regionale OO. PP della Regione Siciliana del 29.06.2022 (Decreto n.17 /Gab. del 29.06.2022) ovvero è stata effettuata l'analisi dei prezzi (elaborato C.2) per le tipologie di lavori non incluse nel suddetto prezzario.

La copertura finanziaria per la realizzazione dei lavori è interamente a valere sui fondi del progetto GIFLUID (CUP E65F21001240006) sulle tre voci di spesa *infrastrutture, servizi esterni e spese generali*.