



ITALIAN NATIONAL AGENCY FOR
NEW TECHNOLOGIES, ENERGY AND
SUSTAINABLE ECONOMIC DEVELOPMENT

Realizzazione e studio di un prototipo di Tetto *Blue-Green*

Arianna Latini

TETTI VERDI - Innovazione Naturale per la Sostenibilità Urbana
Le Soluzioni del Dipartimento Unità Efficienza Energetica di ENEA

Bolzano, 11 dicembre 2024 – Sala di Rappresentanza del Comune



Fenomeno Isola di Calore in Città (*UHI*)

- Temperature più elevate nelle aree densamente edificate rispetto alle aree poco urbanizzate
- Si prevede che il fenomeno aumenterà a causa del cambiamento climatico
- Gravi impatti sulla salute umana e sulla qualità della vita nelle città
- Aumento della domanda di energia per il raffrescamento estivo
- Necessità di mettere in atto strategie di mitigazione e adattamento
- Le soluzioni basate sulla natura (*NBS*), le infrastrutture verdi ed i sistemi di involucro edilizio verde (*Green Building Envelope*) sono strumenti chiave per la rigenerazione delle città.



QUALI BENEFICI OFFRONO LE INFRASTRUTTURE VERDI SU EDIFICI?

BENEFICI ENERGETICI

1 In estate, producono un effetto di **raffrescamento**, riducendo le temperature superficiali dell'involucro dell'edificio, determinando un abbassamento della temperatura ambiente circostante la superficie vegetata e nell'ambiente interno adiacente.

2 In estate, tramite l'evapotraspirazione delle piante che aumenta l'umidità relativa dell'aria circostante, l'azione schermante dalla radiazione solare e l'effetto ombreggiante, le coperture vegetali su edifici mitigano il fenomeno di **isola di calore** in città, riducendo la quota di radiazione riflessa verso l'atmosfera e producendo un effetto di raffrescamento.

3 In inverno, a seconda della posizione geografica, delle condizioni microclimatiche e dall'orientamento della superficie vegetata, potrebbero migliorare l'isolamento di un edificio, riducendone la dispersione termica verso l'esterno.

4 Aumentano l'**efficienza di produzione di energia elettrica rinnovabile** da parte dei sistemi fotovoltaici (PV). Sui tetti verdi si stima un aumento di efficienza del 5% rispetto ad un lastrico solare convenzionale, grazie alla copertura vegetale che mantiene le temperature sulla superficie del tetto al di sotto dei 30-35 °C anche d'estate.

BENEFICI AMBIENTALI

1 La riduzione del consumo di energia si traduce in una **riduzione delle emissioni di CO₂** in atmosfera, con effetto di mitigazione dei cambiamenti climatici. Inoltre, le piante, attraverso la fotosintesi clorofilliana, **catturano la CO₂** presente nell'aria rilasciando ossigeno.

2 **Attenuano l'inquinamento dell'aria ambiente**. Oltre a ridurre le emissioni di CO₂, le piante sono in grado di assorbire e metabolizzare diversi composti inquinanti noti come **Composti Organici Volatili (COV)** e di catturare il **particolato (PM10 e PM2,5)**.

3 Migliorano la **qualità dell'aria** negli ambienti interni (Indoor Air Quality, IAQ) e il **comfort abitativo**, impattando positivamente sul benessere termico, igrometrico ed olfattivo-respiratorio.

4 **Riportano natura negli spazi urbani**, contribuendo all'arricchimento della biodiversità, offrono protezione per gli insetti impollinatori e incrementano la rete dei corridoi ecologici.

5 Forniscono un sistema per il **drenaggio sostenibile** nei centri urbani, facilitando la gestione del deflusso delle acque piovane. Inoltre, possono consentire un risparmio dell'acqua, che può essere raccolta per destinarla all'irrigazione della vegetazione o ad altri utilizzi.

BENEFICI SOCIALI ED ECONOMICI

1 Possono promuovere la coesione e l'inclusione sociale; i tetti, in particolare, offrono numerose opportunità ricreative.

2 Forniscono spazi verdi aggiuntivi ove praticare agricoltura urbana a Km zero.

3 Favoriscono lo sviluppo di nuove professioni associate al verde tecnologico (in edilizia e architettura urbana e sostenibile, agronomi, botanici, vivaisti, ...).

4 Possono determinare un aumento del valore capitale dell'immobile e far risparmiare sulla ristrutturazione dell'involucro edilizio, grazie alla protezione da danneggiamento dovuto ad agenti atmosferici e radiazione solare.

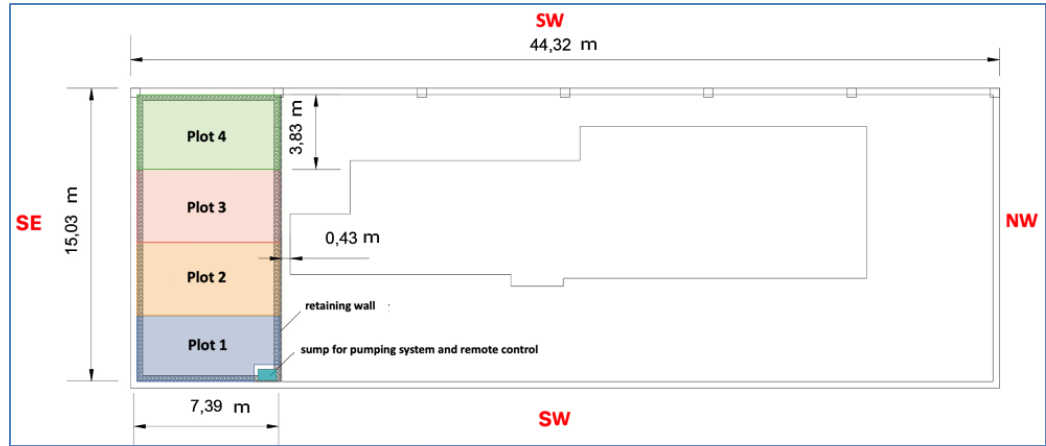
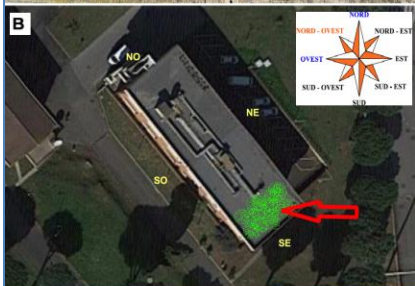


Promosso dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica e realizzato dall'ENEA, in attuazione delle disposizioni contenute nell'art. 13 D.Lgs 102/2014, come modificato dal D.Lgs 14 luglio 2020, n. 73 in materia di Programma Nazionale di Informazione e Formazione sull'Efficienza Energetica.

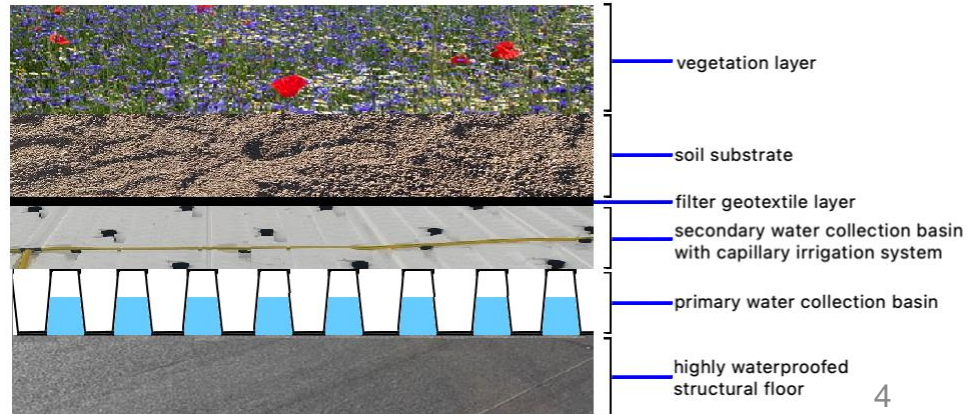
www.italiainclassea.enea.it



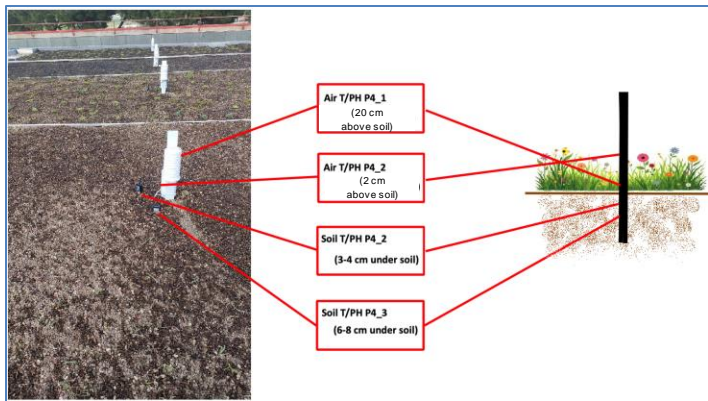
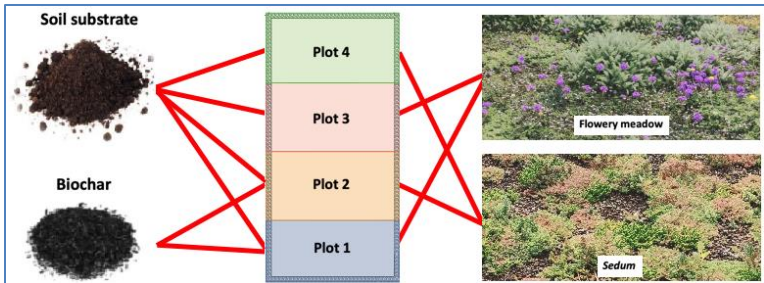
Tetto *Blue-Green* c/o ENEA Casaccia R.C. (Roma)



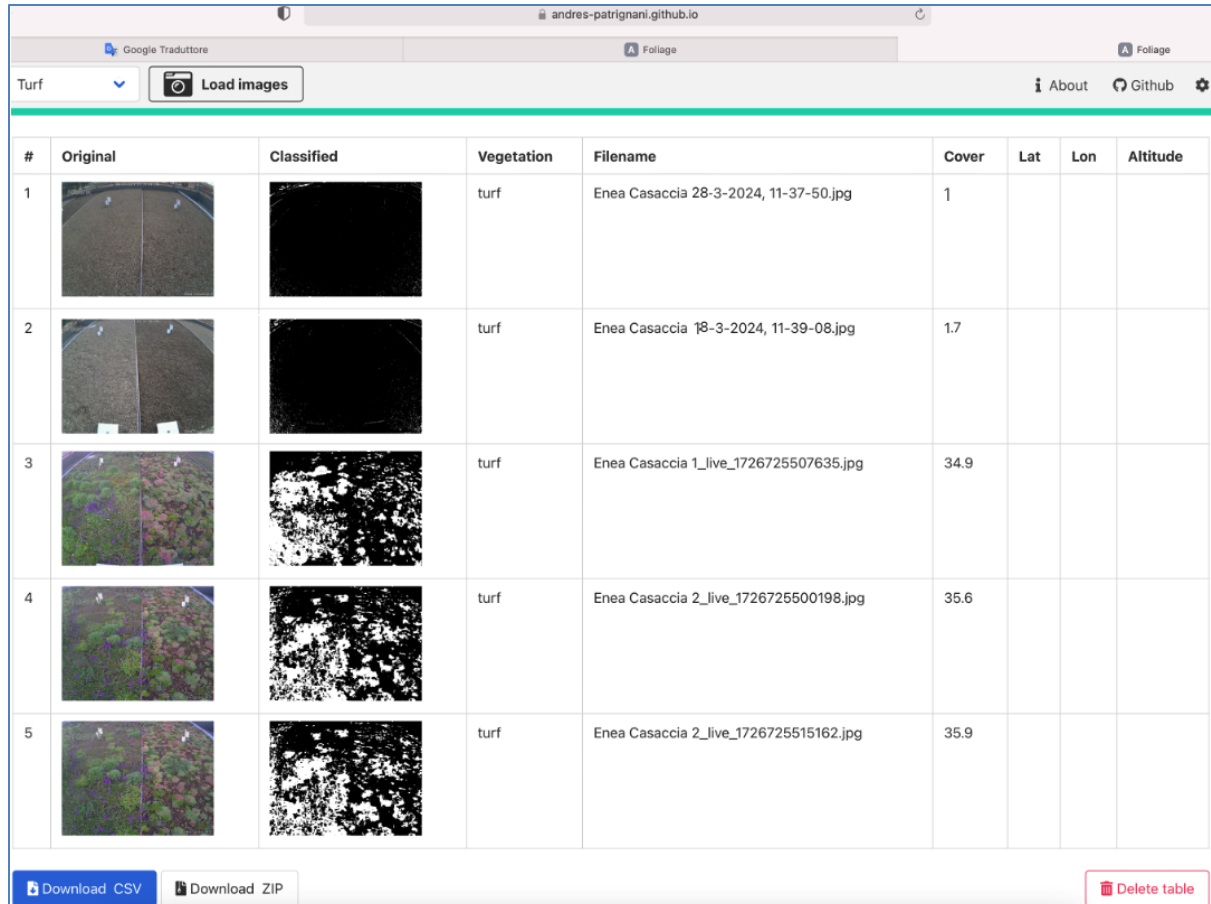
- A) Edificio ENEA sul cui lastrico solare è stato installato il tetto *Blue-Green*.
- B) In verde è indicata l'area del tetto con l'installazione del Sistema *Blue-Green*.
- C) Tetto prima dell'installazione del Sistema *Blue-Green*.



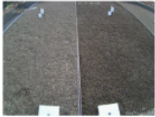




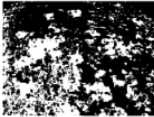




Configurazione sperimentale e monitoraggio ambientale



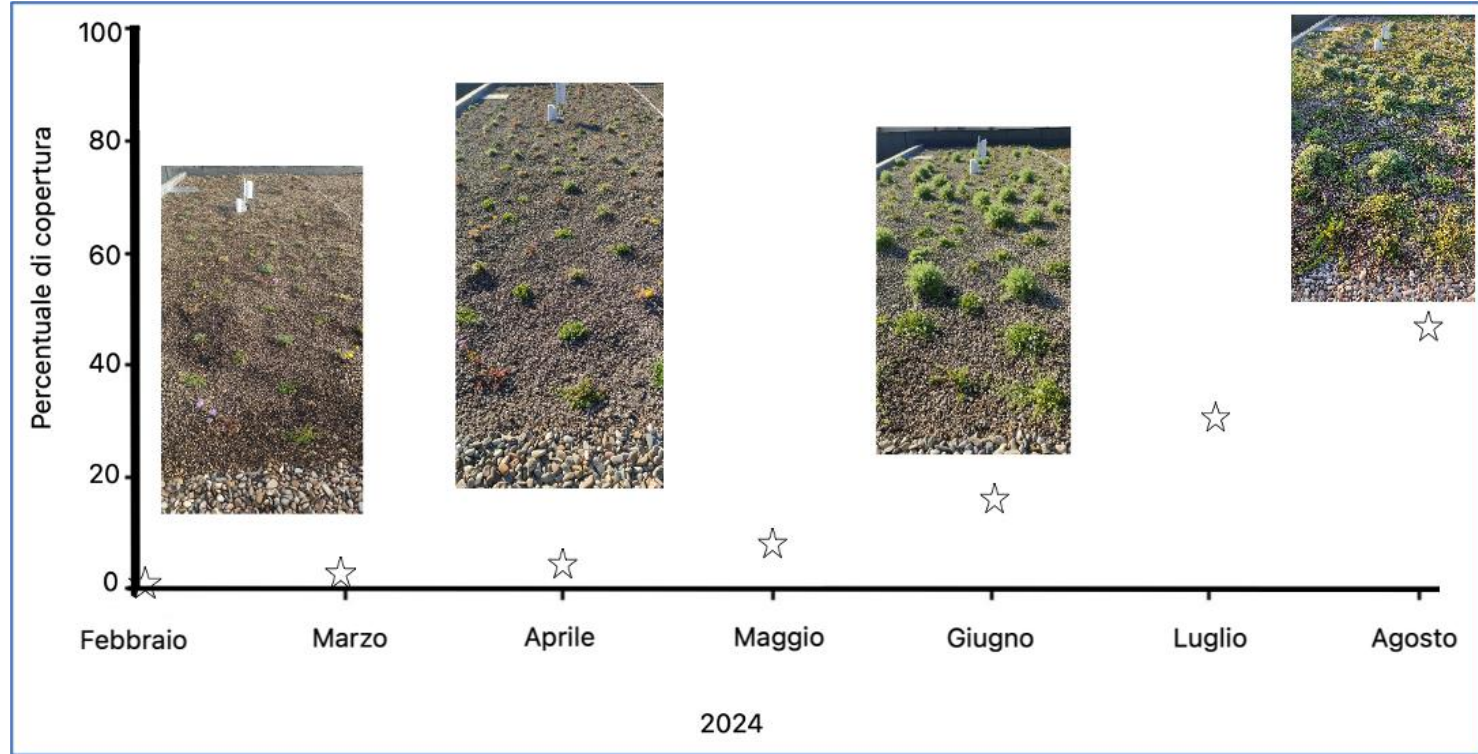
Stima dell'indice di copertura



#	Original	Classified	Vegetation	Filename	Cover	Lat	Lon	Altitude
1			turf	Enea Casaccia 28-3-2024, 11-37-50.jpg	1			
2			turf	Enea Casaccia 18-3-2024, 11-39-08.jpg	1.7			
3			turf	Enea Casaccia 1_live_1726725507635.jpg	34.9			
4			turf	Enea Casaccia 2_live_1726725500198.jpg	35.6			
5			turf	Enea Casaccia 2_live_1726725515162.jpg	35.9			

[Download CSV](#) [Download ZIP](#) [Delete table](#)

Percentuale di copertura (febbraio-agosto 2024)



Monitoraggio della *performance* idraulica

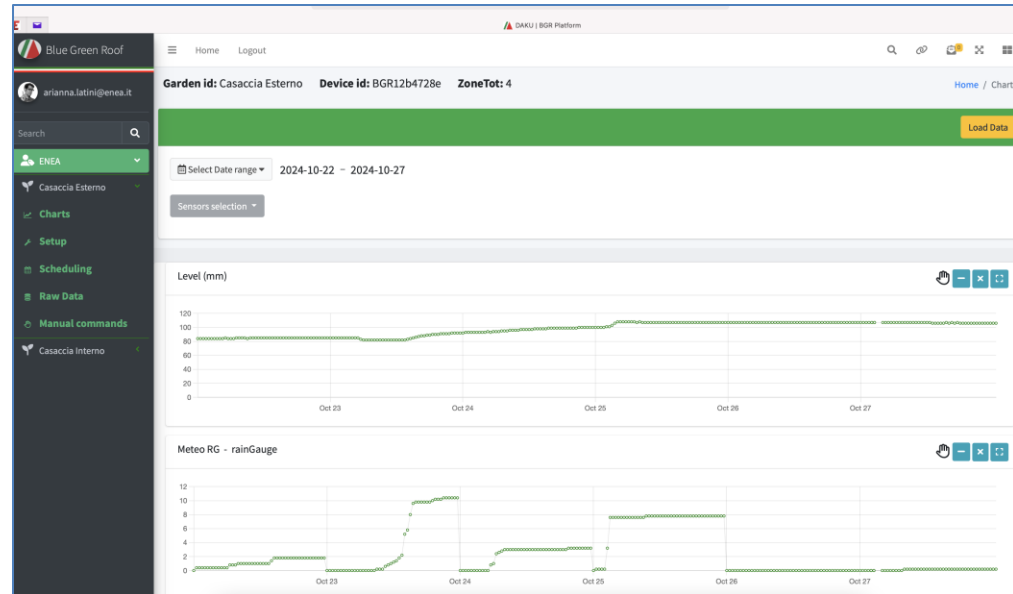
I Tetti *Blue-Green* hanno un'elevata capacità di riduzione del deflusso superficiale delle acque meteoriche, risultando efficaci come Sistemi per il Drenaggio Urbano Sostenibile (SUDS). Inoltre, offrono l'opportunità di accumulare l'acqua, consentendone il re-utilizzo.

- Il Tetto *Blue-Green* è dotato di un sistema di irrigazione automatico, localizzato nel bacino idrico secondario, specifico per ciascuna delle quattro parcelle di prova. La quantità di acqua fornita dall'irrigazione è registrata dalla centralina automatica.

- Un sensore di livello dell'acqua è posto all'interno alla base del bacino primario

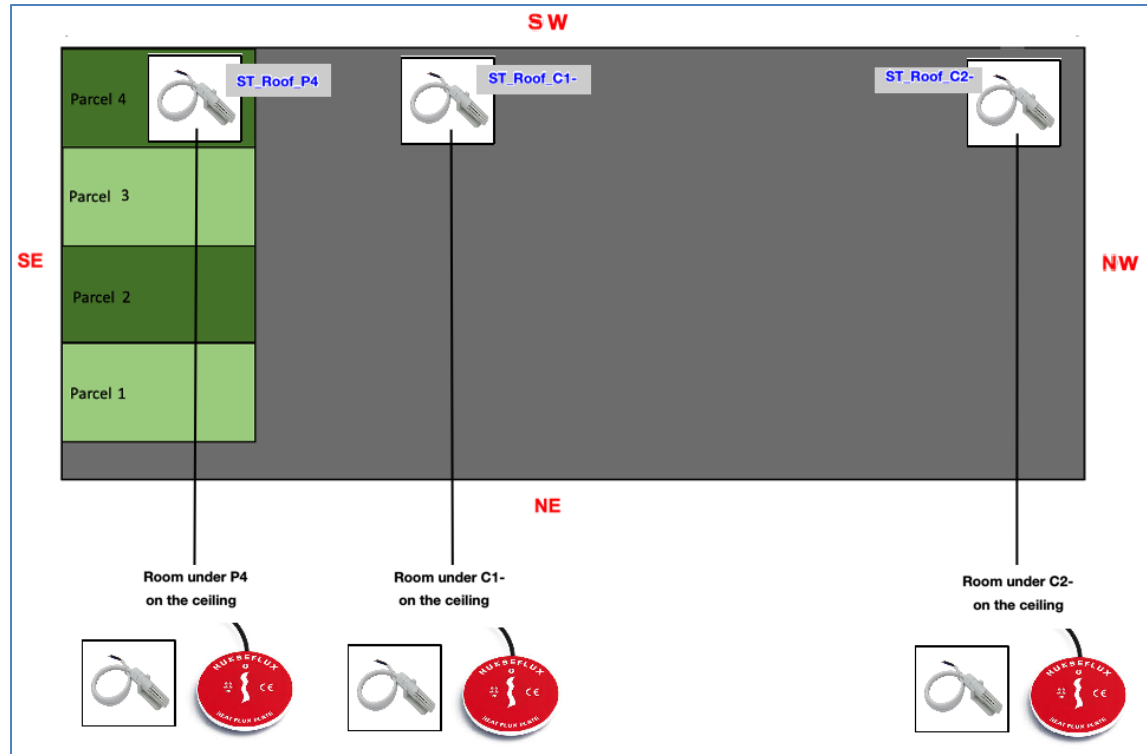


- Il pluviometro nella stazione meteorologica misura la quantità di acqua piovana.



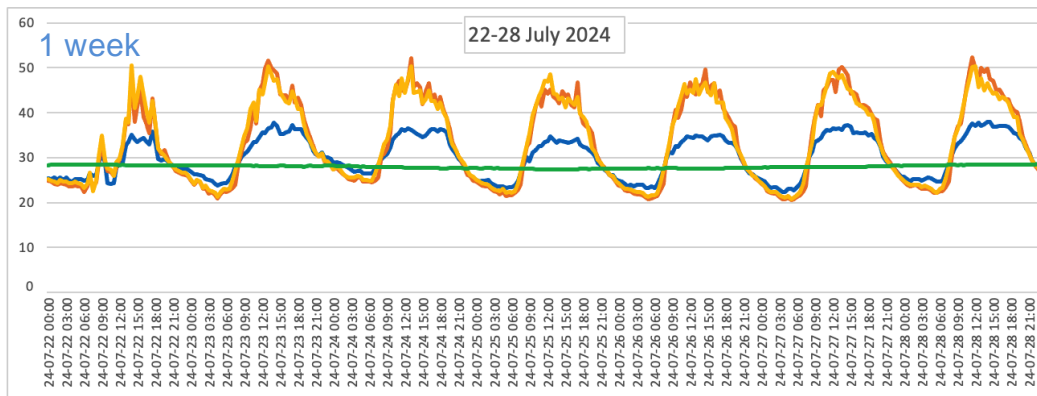
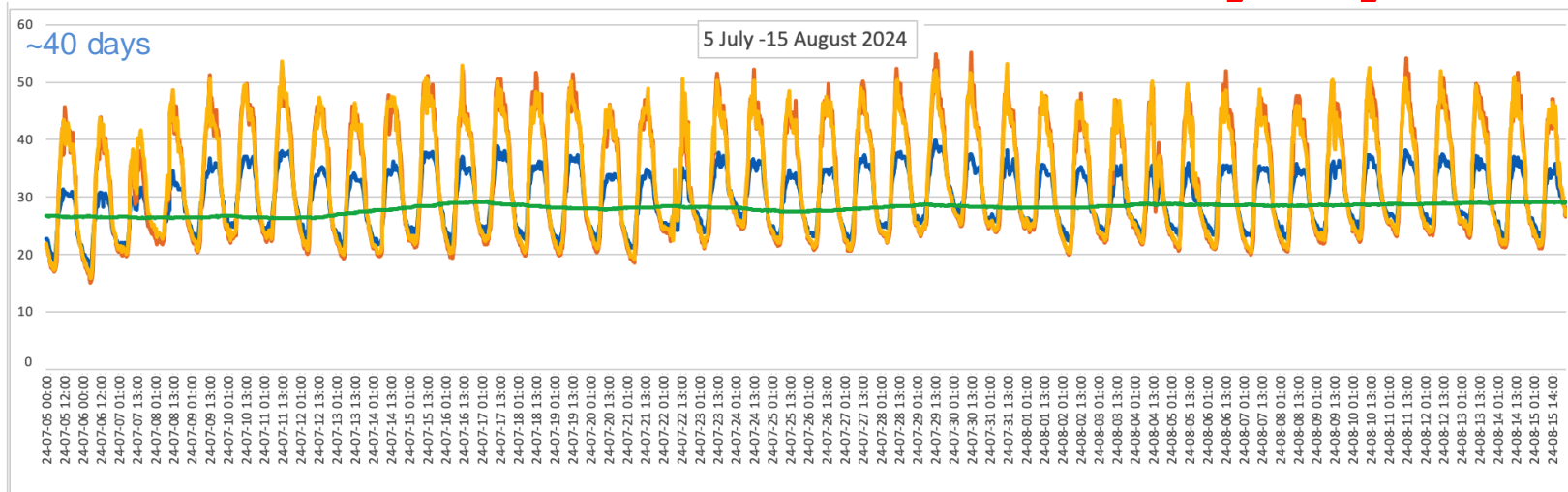
Monitoraggio della *performance* termica

- L'analisi energetica è realizzata a livello della Parcella 4 (P4) e di due posizioni distinte sul tetto prive del sistema Blue-Green, selezionate come controlli negativi, C-1 e C-2.
- Sensori di temperatura superficiale (ST) sono posizionati sul tetto (ST ESTERNO) e sul soffitto (ST INTERNO) nelle rispettive posizioni nelle stanze sottostanti.
- Sensori di flusso termico sono posizionati sul soffitto, vicino ai sensori ST interni, nelle stanze sotto il tetto.



Andamento delle temperature superficiali sul Tetto

Estate 2024 – *Stretch of hot sunny days*



Andamento delle temperature superficiali sul Tetto

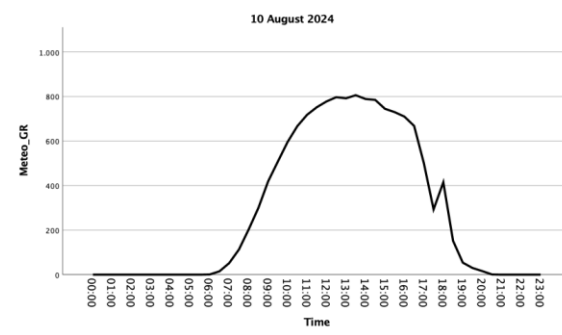
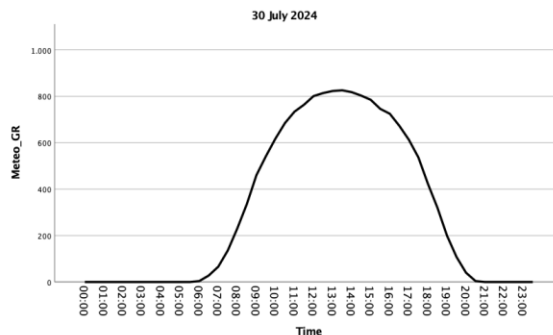
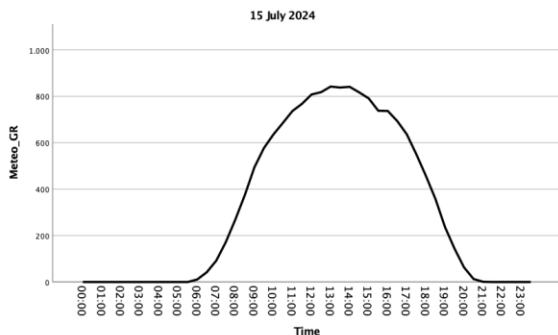
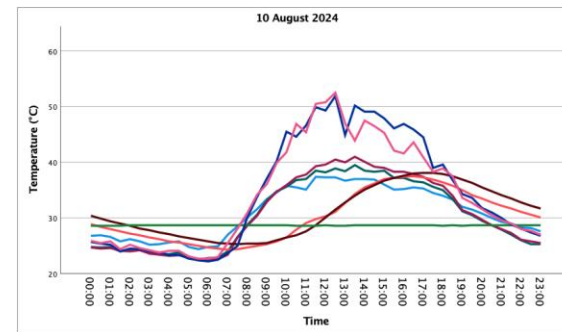
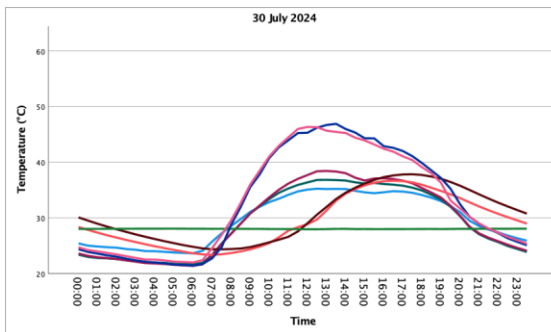
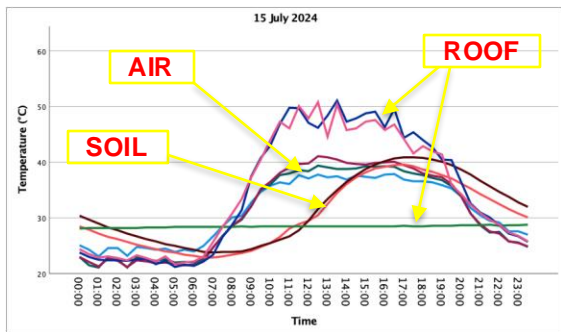
Estate 2024 – *Single day*

July 15, 2024

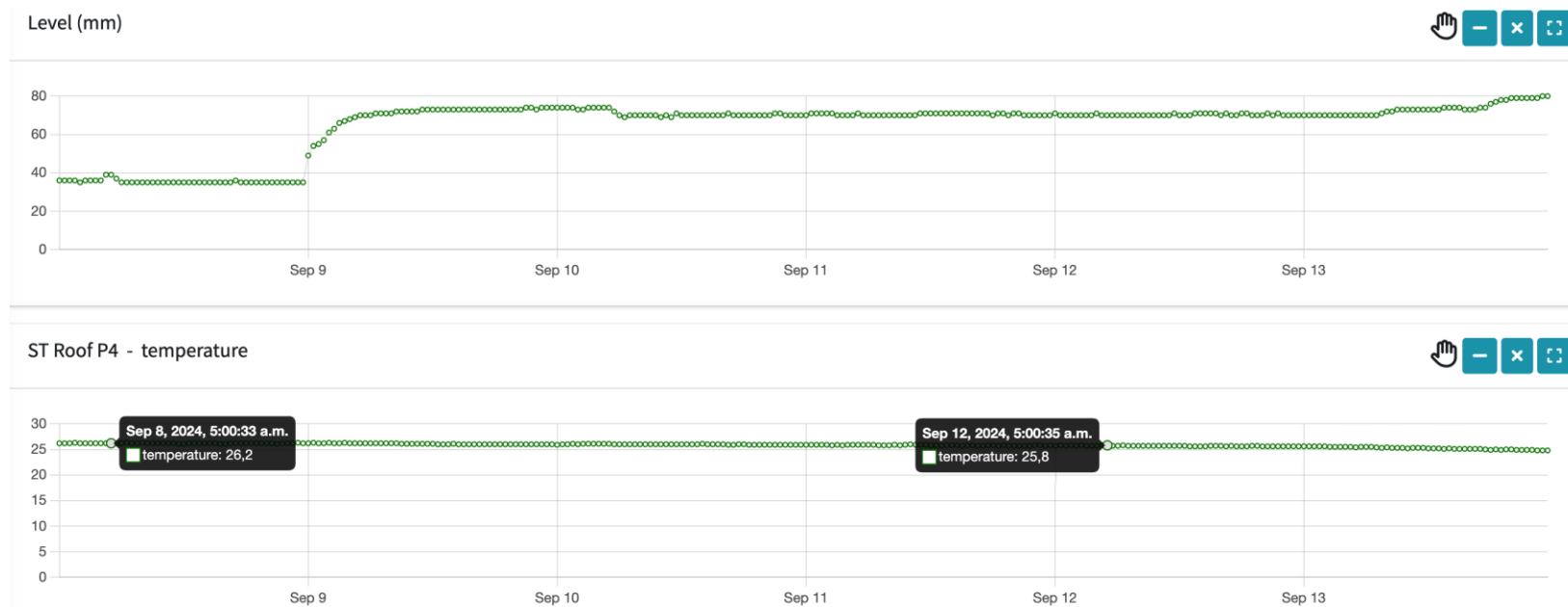
July 30, 2024

August 10, 2024

— Meteo_Air_T
 — Air_T_P4_1
 — Air_T_P4_2
 — Soil_T_P4_3
 — Soil_T_P4_4
 — ST_Roof_P4
 — ST_Roof_C1
 — ST_Roof_C2



Influenza della pioggia sulla temperatura del Tetto *Blue-Green* (8-13 settembre 2024)



Il riempimento del bacino in 3 giorni (3,5-4 cm di pioggia) determina una diminuzione di appena 0.4 °C sulla superficie del Tetto *Blue-Green* (sotto la stratigrafia).

Work in Progress e Conclusioni

Il prototipo sperimentale ENEA di Tetto *Blue-Green* costituisce un modello per lo studio di:

- *Performance* termica del sistema ai fini del risparmio energetico (in particolare, di energia elettrica richiesta per la climatizzazione estiva)
- *Performance* idraulica per la facilitazione del drenaggio urbano e per limitare lo spreco della risorsa acqua.

L'attività di ricerca sta generando numerosi dati integrati *long-term allo scopo di:*

- Verificare l'impatto dell'implementazione delle tecnologie *Blue-Green* sui tetti degli edifici in aree urbane
- Fornire informazioni utili ai vari *stakeholder*
- Promuovere la diffusione di queste tecnologie.



Arianna Latini

arianna.latini@enea.it

ENEA, C.R. Casaccia, Roma

Grazie per l'attenzione

Attività di Ricerca finanziata dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) nell'ambito dell'Accordi di programma ENEA-MASE della Ricerca di Sistema Elettrico, 2022-2024.

Ringraziamenti:

Patrizia De Rossi (ENEA)
Luca Colasuonno (ENEA)
Fabio Zanghirella (ENEA)
Giovanni Puglisi (ENEA)
Marino Fantin (DAKU)
Marta Possiedi (DAKU)

