



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

TECNOLOGIE VERDI PER LA RESILIENZA URBANA



Alessandra Bonoli

DICAM

Cambiamenti climatici e città

Gestione delle risorse idriche

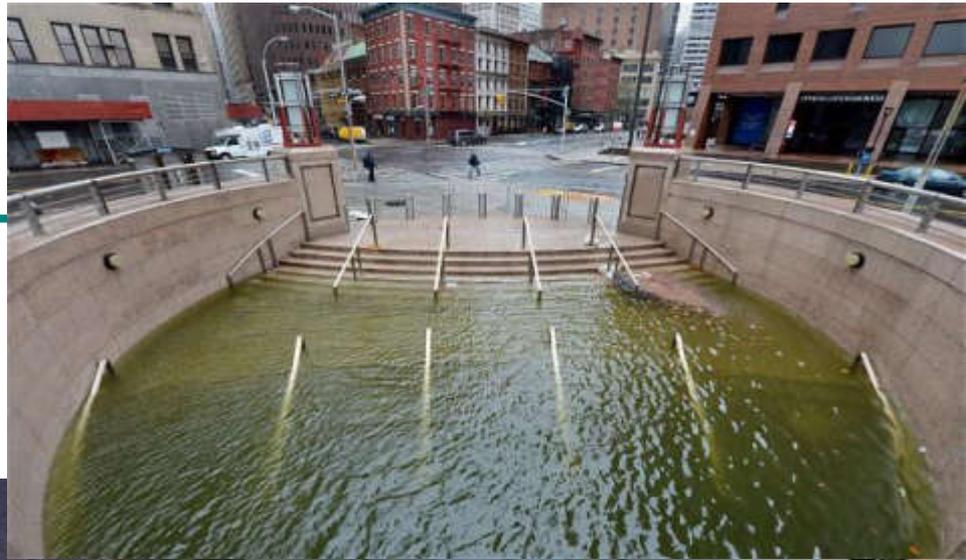
Effetto Isola di Calore

Alti consumi energetici

Carenza di Biodiversità

Inquinamento atmosferico

Inquinamento acustico

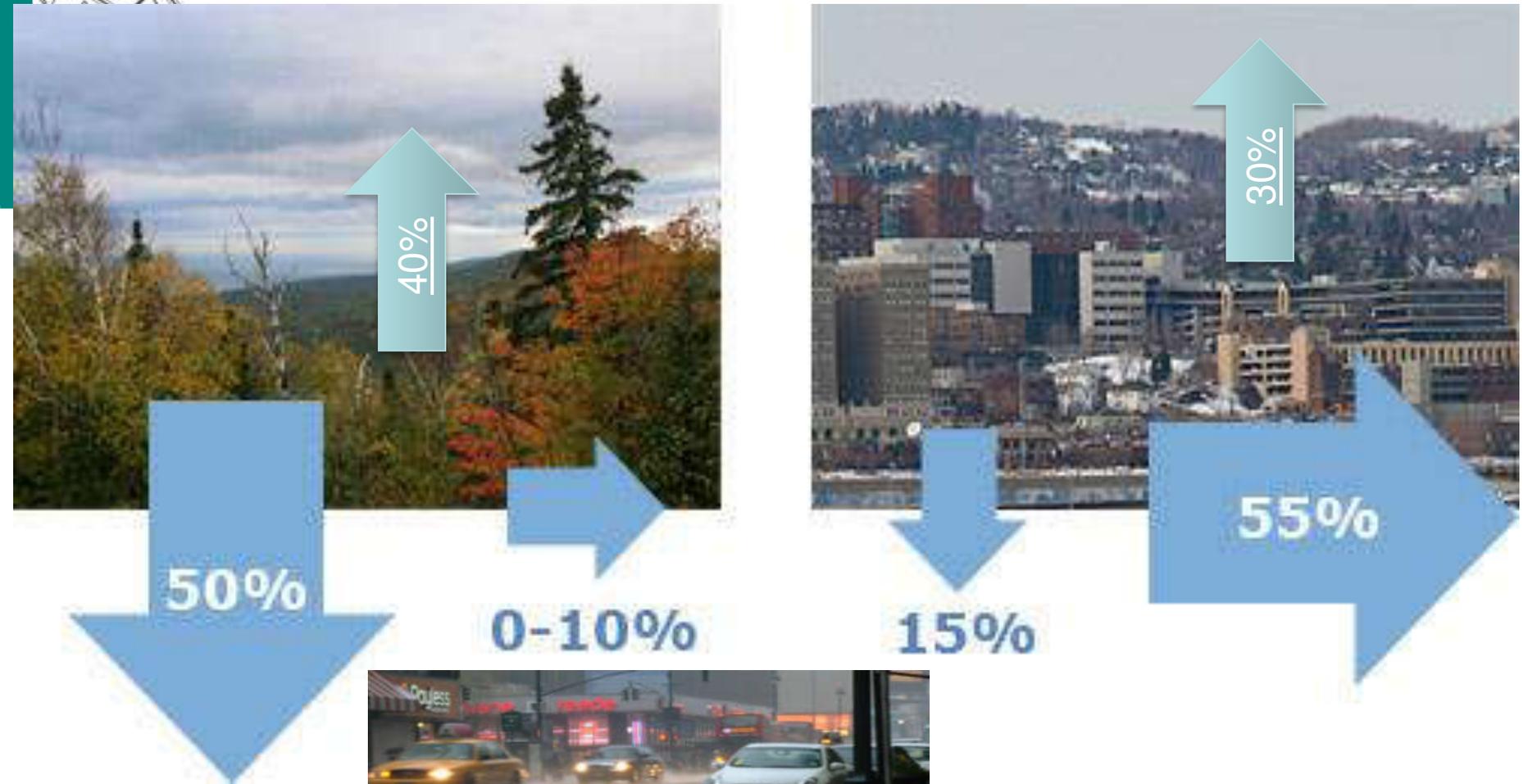




I DON'T BELIEVE IN
GLOBAL WARMING

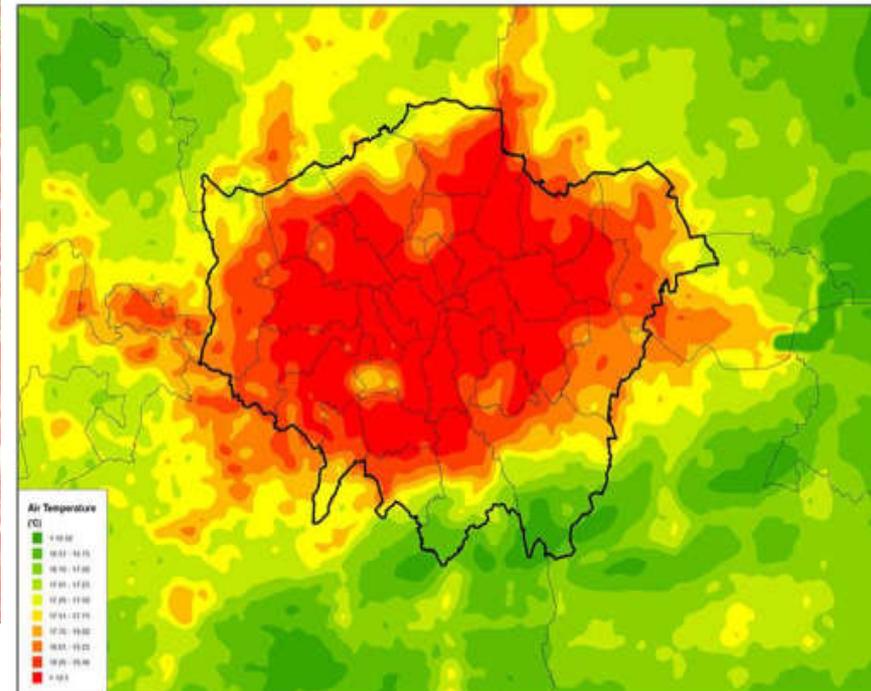
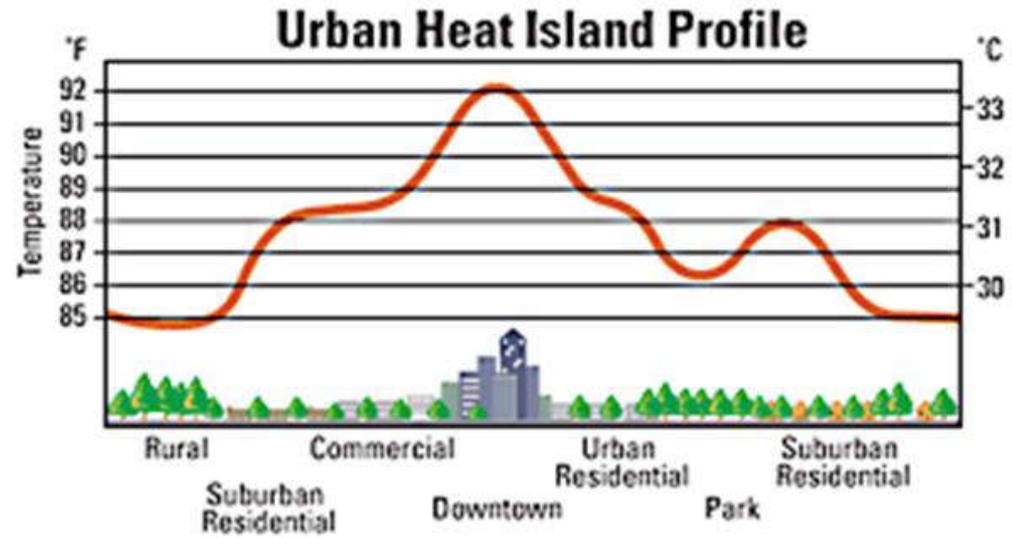
banksy

Criticità gestione delle acque meteoriche



Ridotta infiltrazione delle acque piovane nei terreni
Scorrimento superficiale
Grandi volumi da gestire

Effetto Isola di Calore





RESILIENZA = STRATEGIA DI ADATTAMENTO



Tecnologie verdi per la resilienza urbana

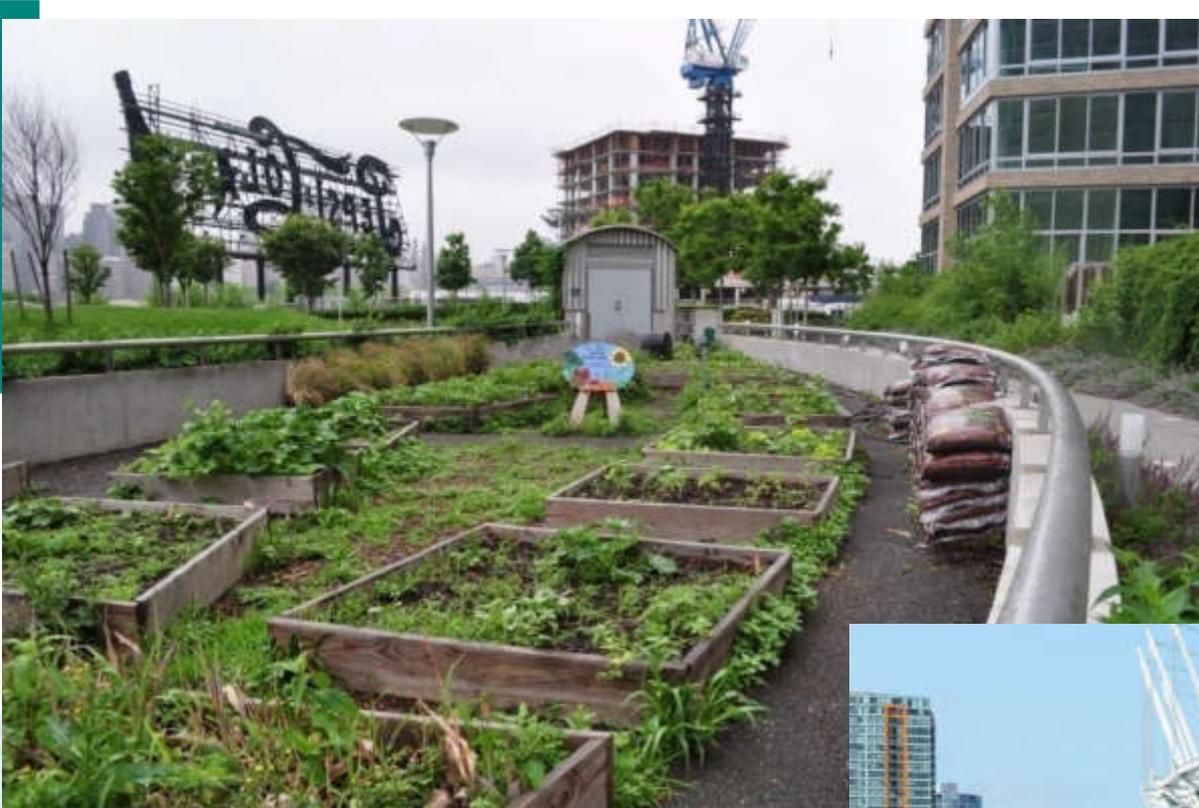


Tetti verdi

Orti Urbani

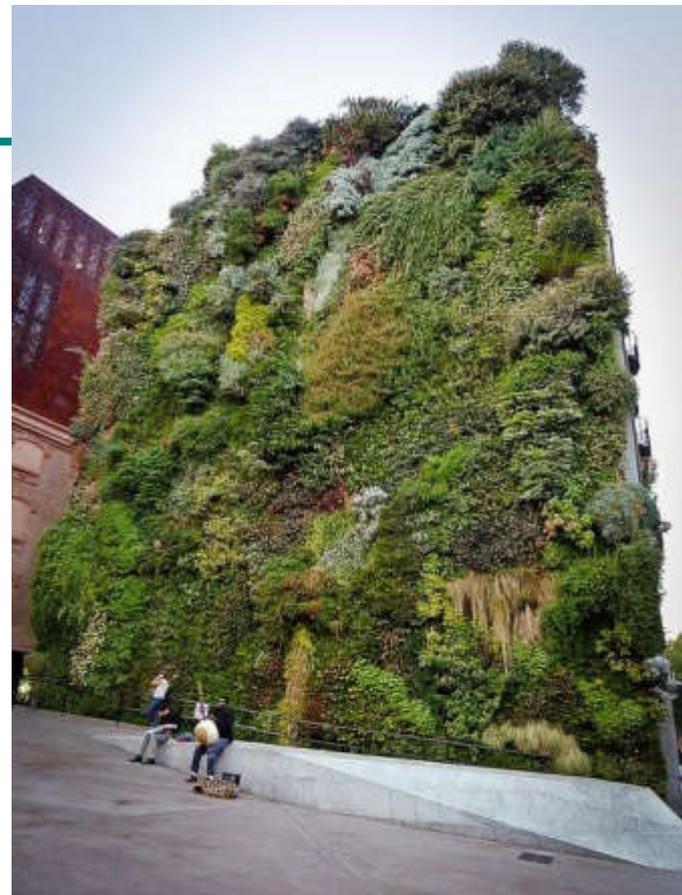


Orti urbani





Pareti verdi





Esempi costruttivi in esterno





KLIMA HOTEL



Pareti verdi idroponiche da interno



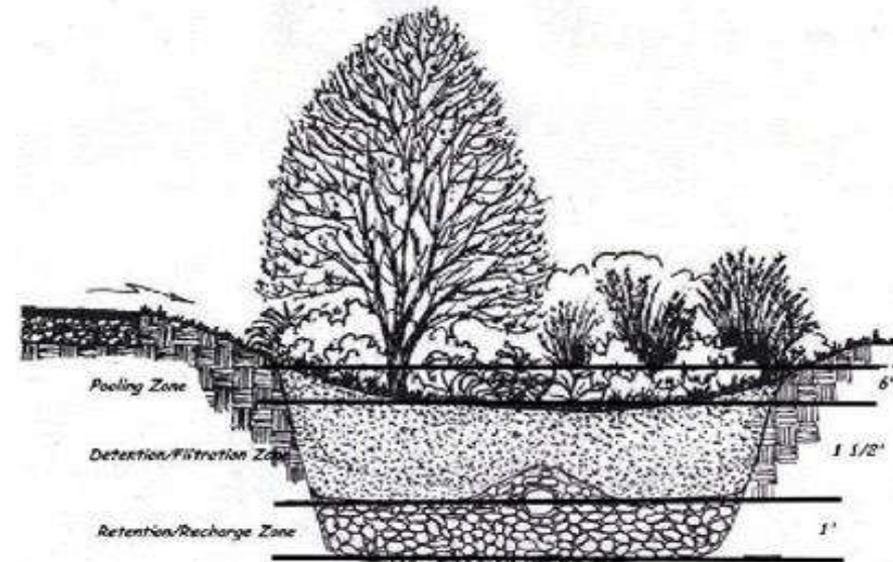
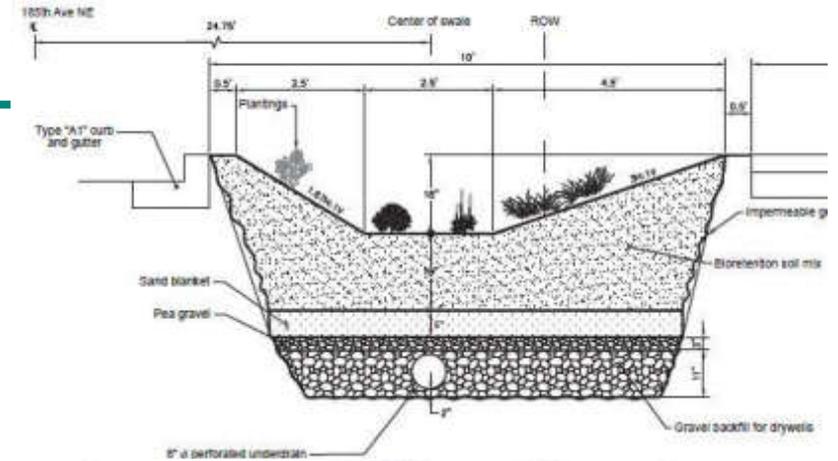


Comunicazione in facciata: > Murales verdi

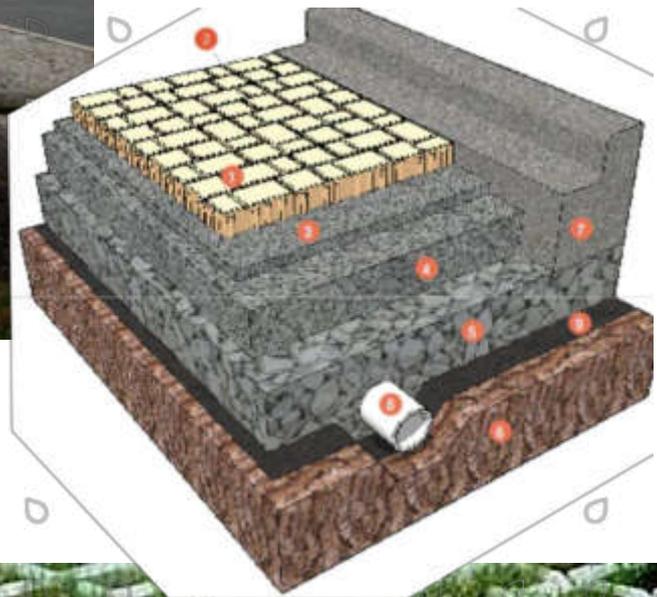




Aree verdi d'infiltrazione (green streets, rain gardens)



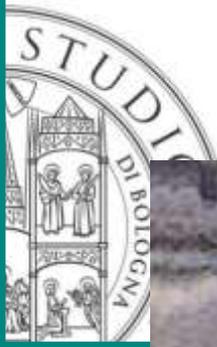
Pavimentazioni permeabili (asfalti permeabili)





Tetti verdi....una lunga storia

Giardini di Babilonia 590 a.C



In Islanda, fin dal IX secolo d.C.



Roma, mausoleo di Augusto (29 d.C.)





Rinascimento Italiano



Islanda oggi



Gata house in Fludir, Iceland by architect Valdimar Harðarson



Norvegia



Green Façade, Lleida, Spain.



Tradizionali facciate verdi come protezione passiva dell'edificio

California Science Academy





Delft (NL) University Library

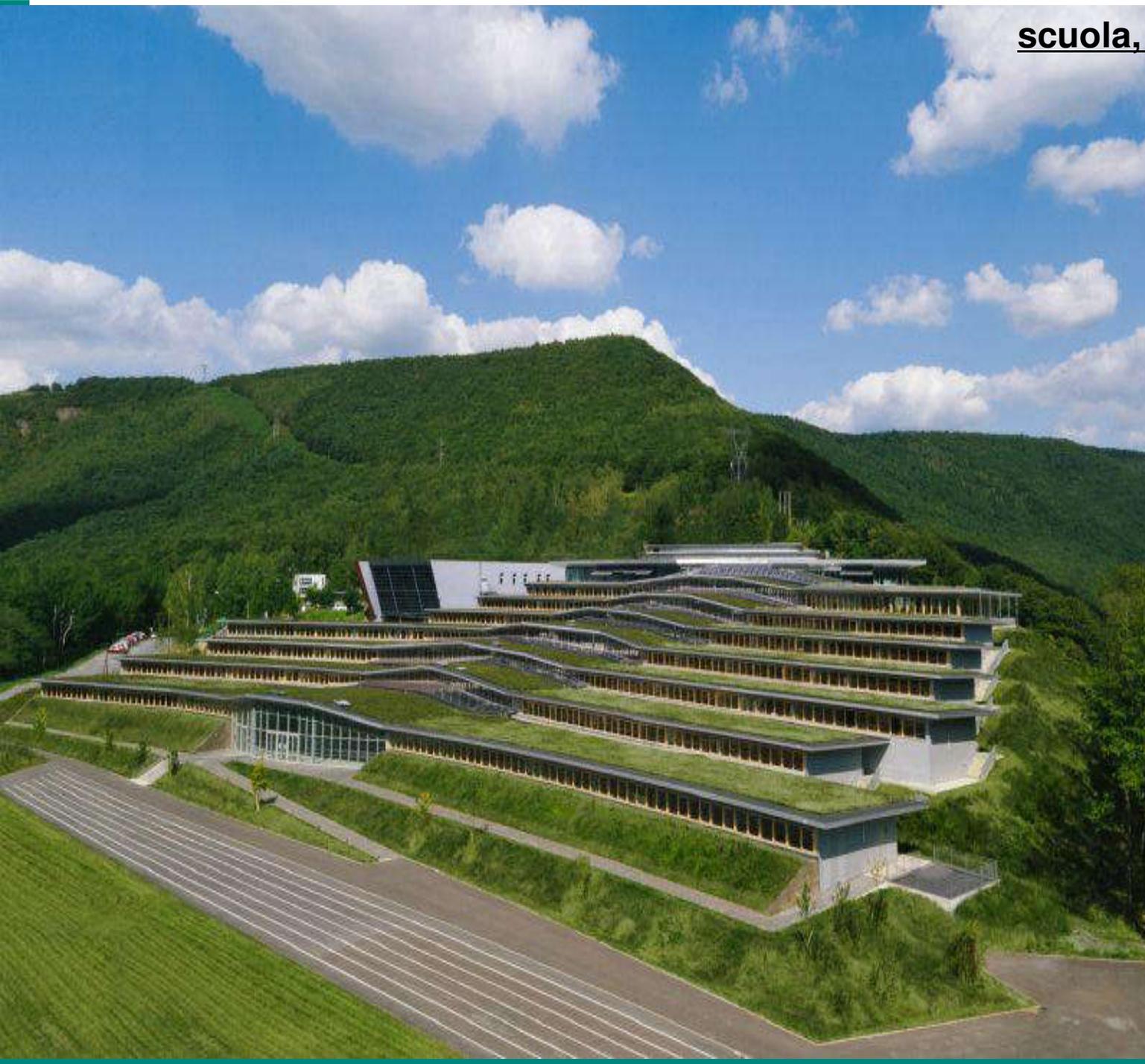




The Confederation of Indian Industry-Godrej Green Business Centre
a Kondapur, Hyderabad.



Green roofed Colorado home buried into the earth to save energy, by Lucy Wang



tecnologie verdi per la sostenibilità e la resilienza urbana

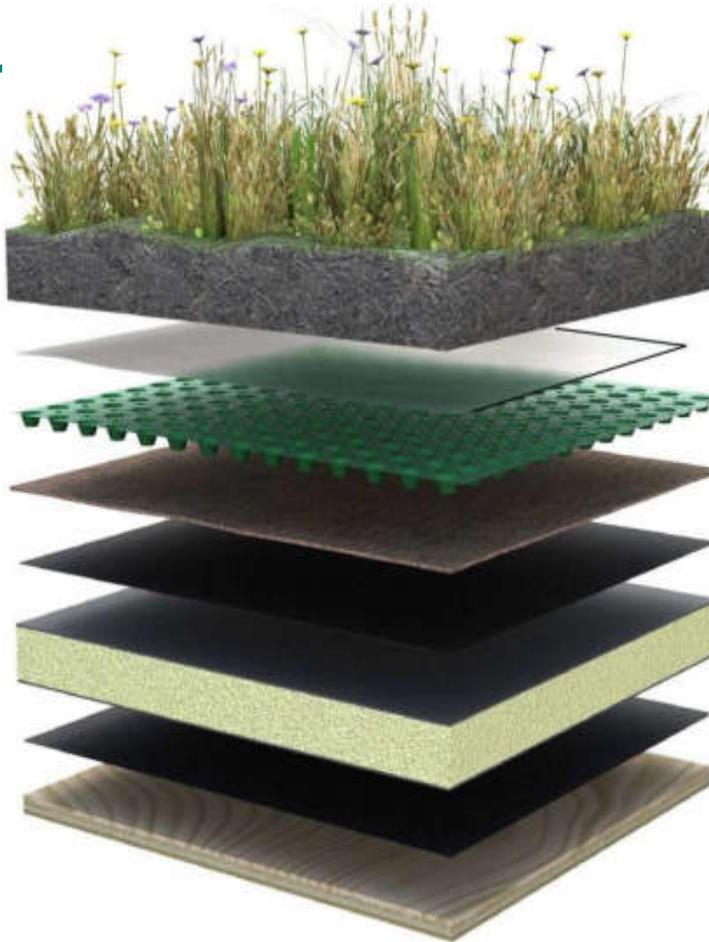


Tetto verde sperimentale sui laboratori DICAM
Via Terracini



TETTI VERDI

Pacchetto verde - elementi costitutivi



strato di vegetazione;

strato colturale;

elemento filtrante;

elemento drenante;

elemento di protezione dall'azione delle radici

elemento di tenuta (impermeabilizzazione)

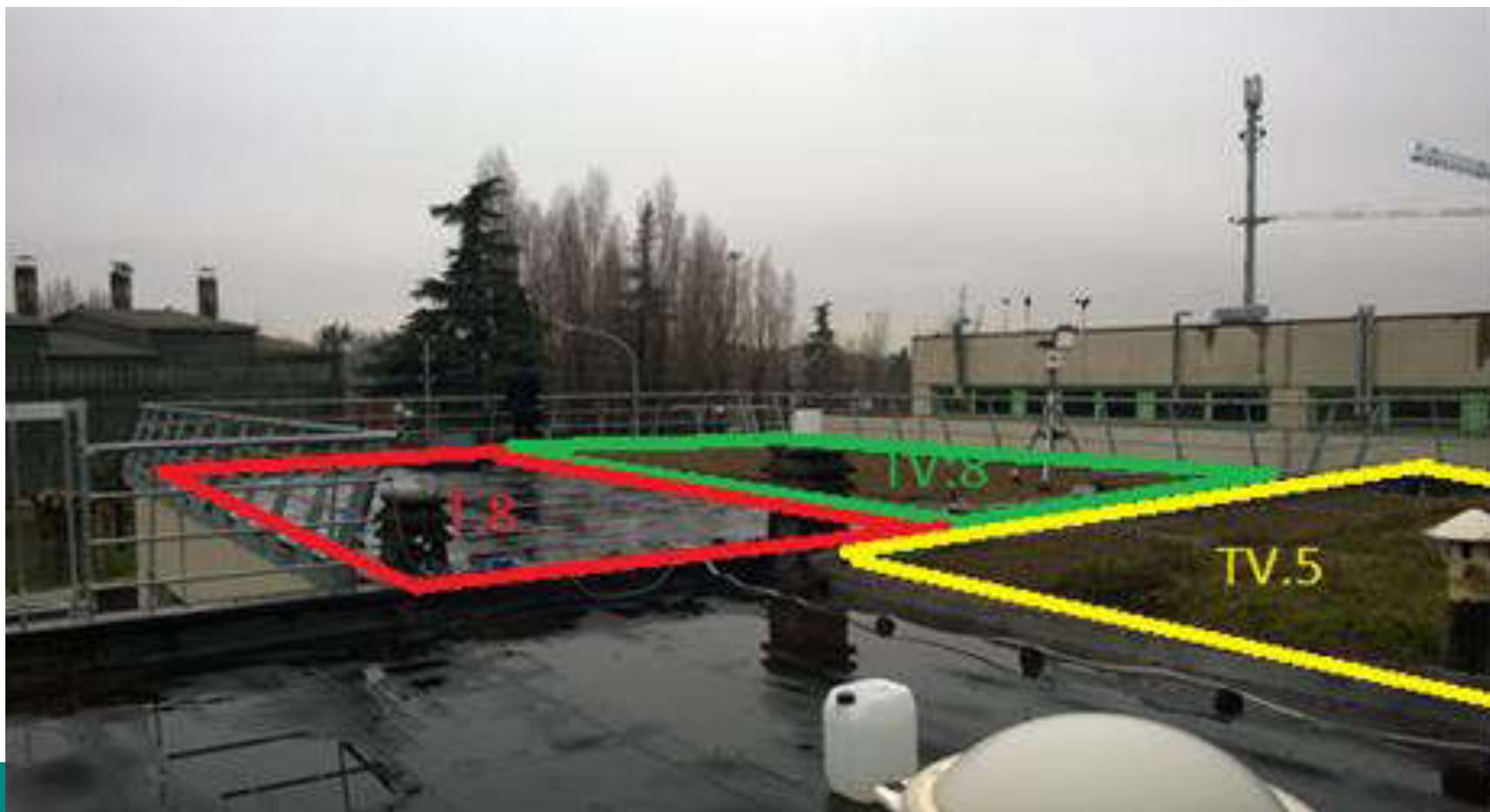
eventuale isolamento termico

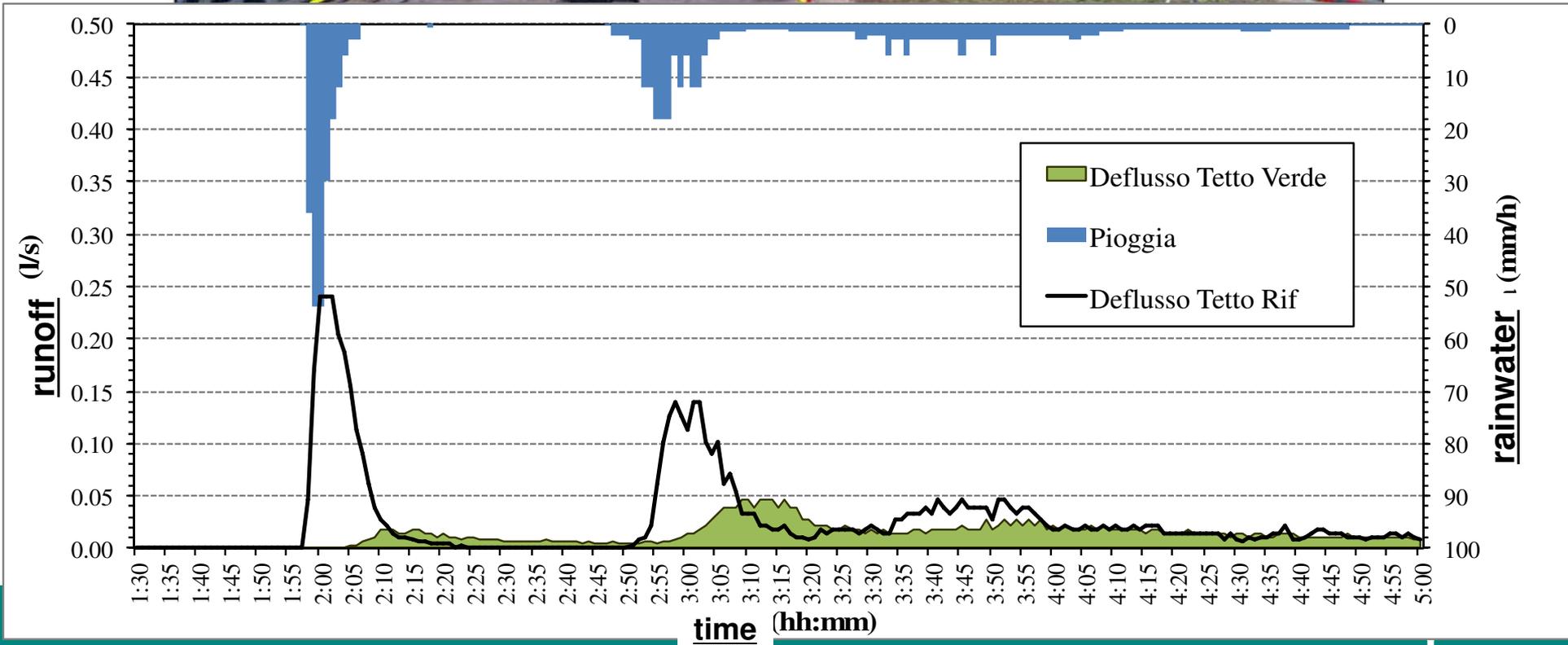
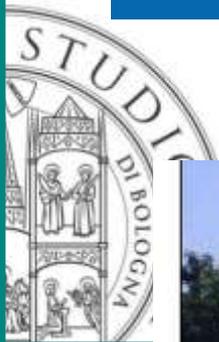
eventuale barriera al vapore

Elemento portante

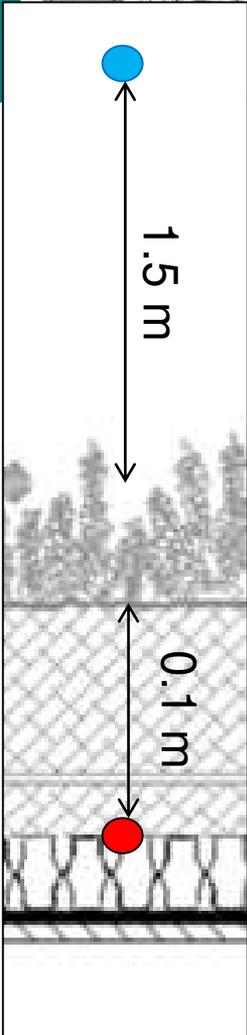
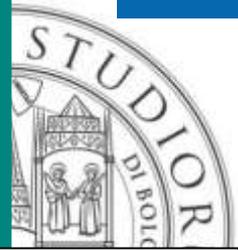


Gestione acqua e riduzione Run off





Temperature e effetto Isola di calore

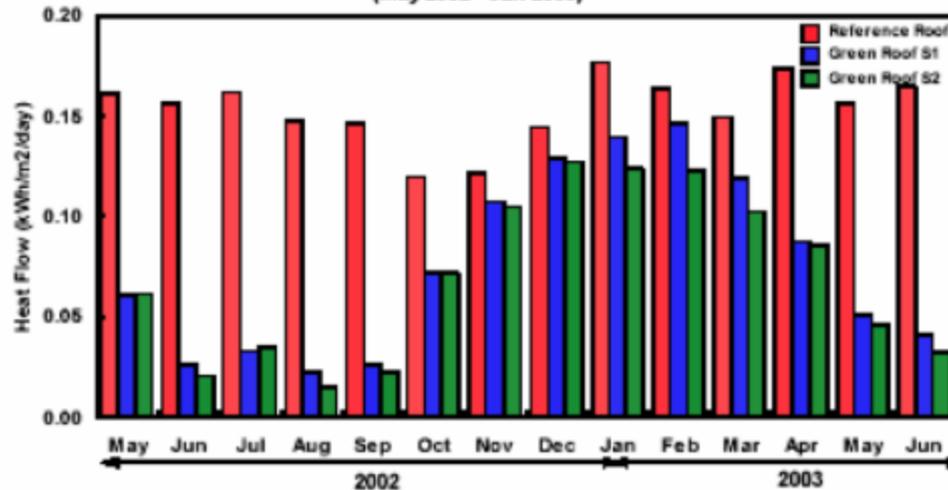




Mitigazione dell'effetto isola di calore

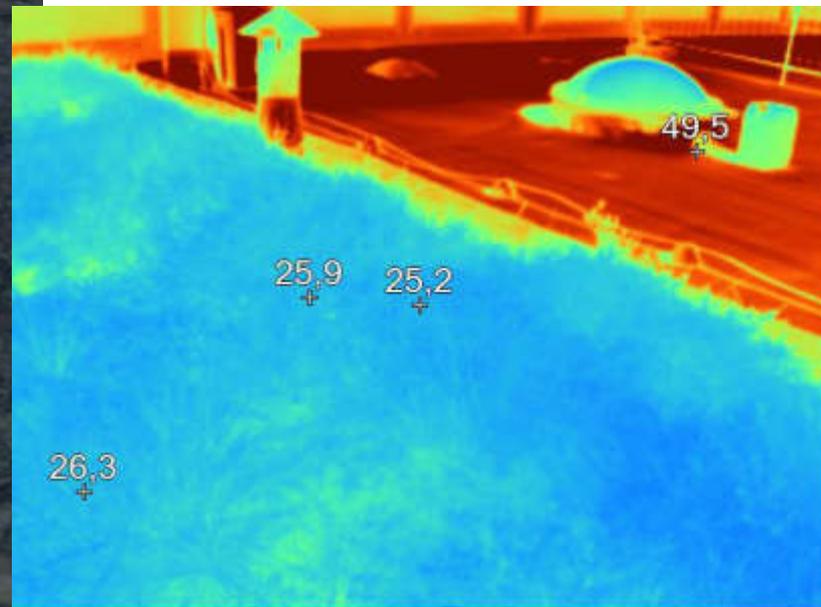
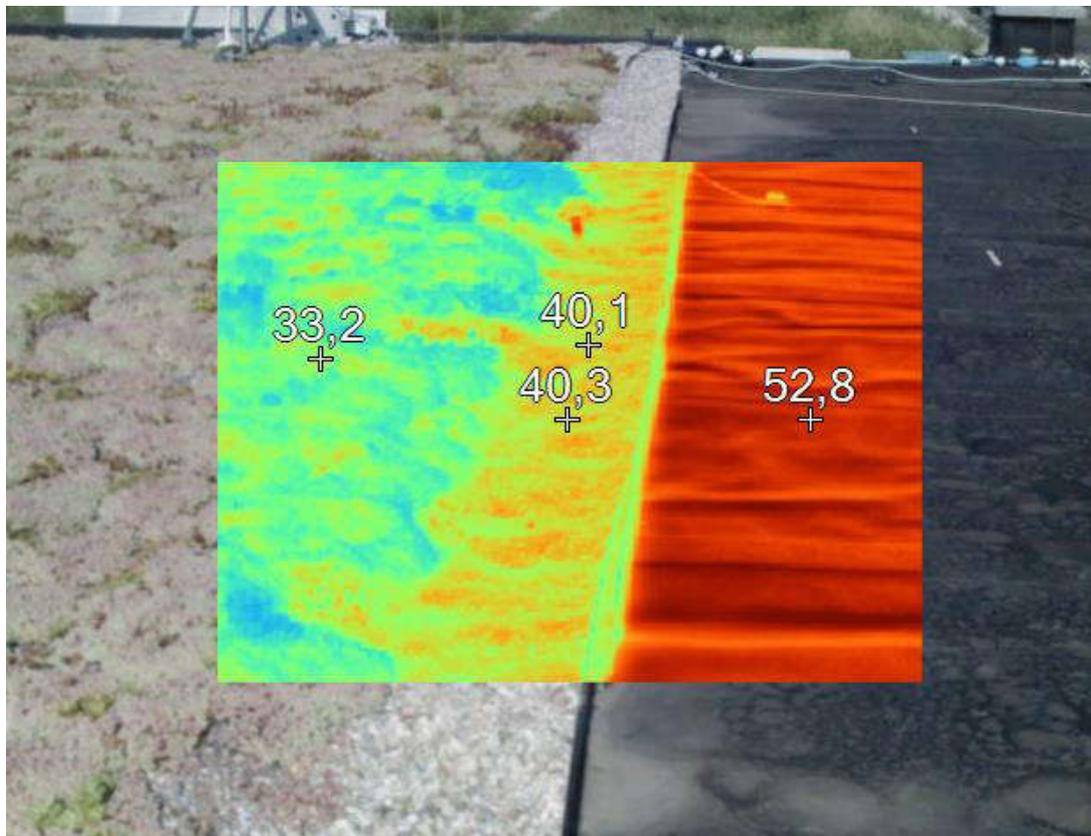
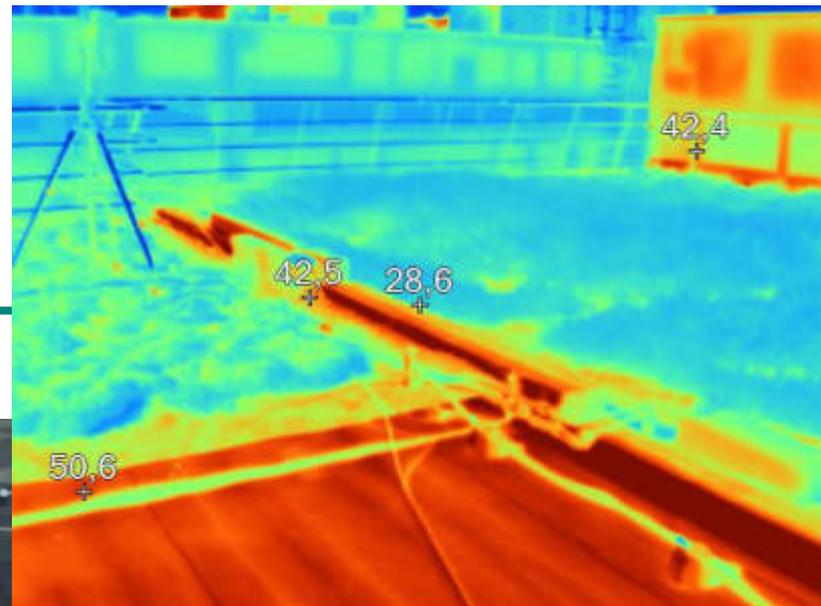


Average Daily Heat Flow Through Roof Surfaces
(May 2002 - Jun 2003)





Termografia





Riduzione del rumore

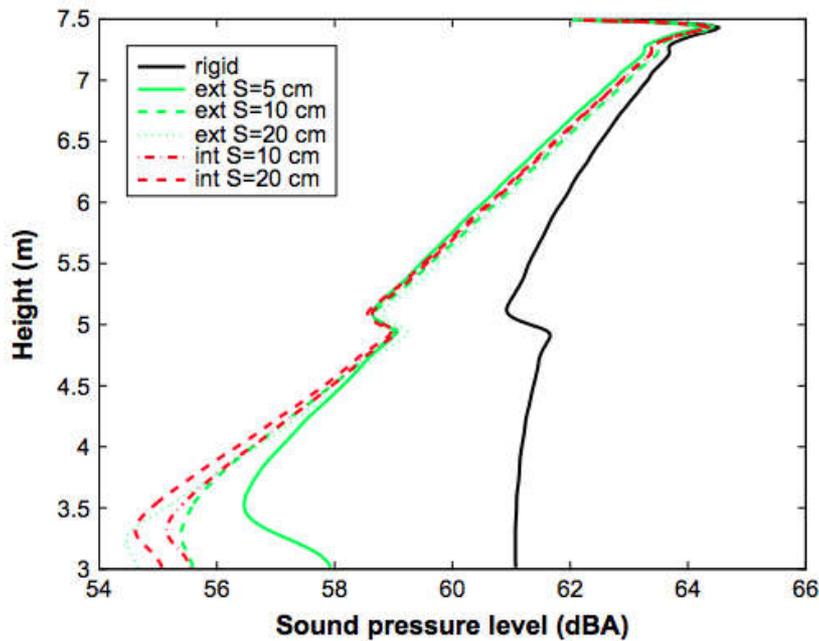
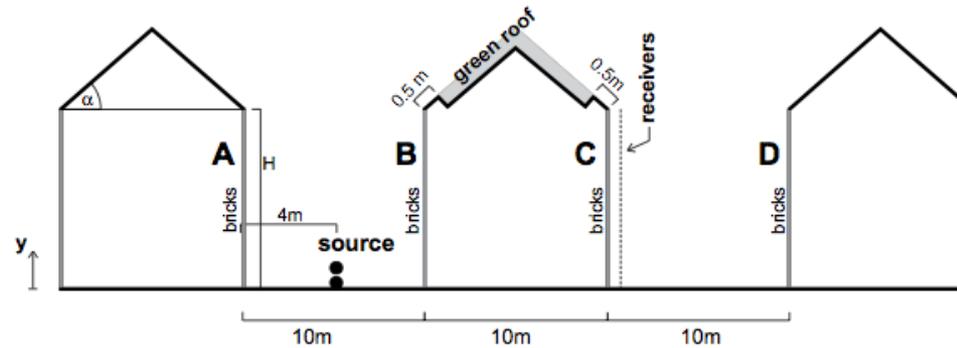


Fig. 4. See caption of Fig. 3, but now for the 10-m building extension $(D_1, D_2) = (5, 10)$.

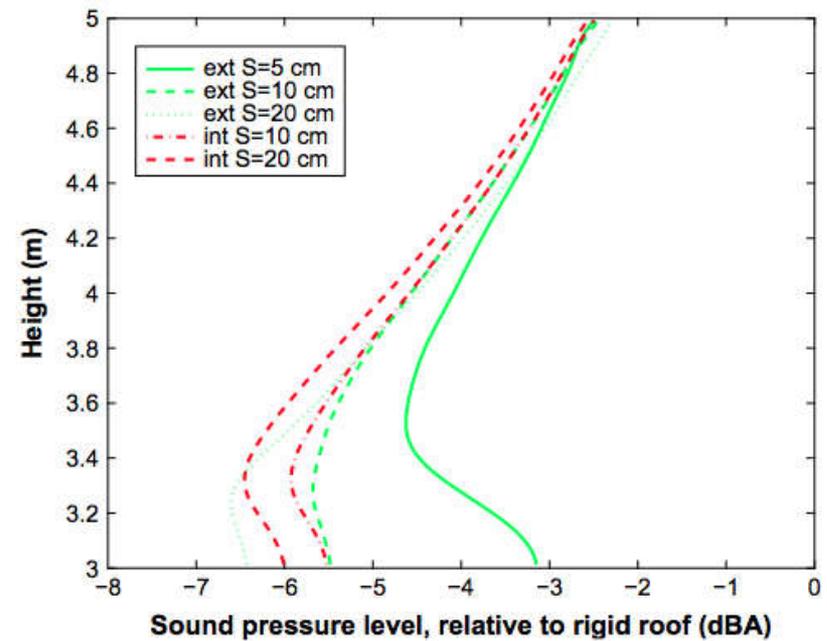
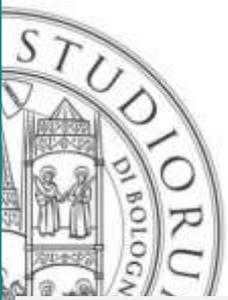


Fig. 6. See caption of Fig. 5, but now for the 10-m building extension.



Risparmio energetico

Al verde pensile sono state ormai riconosciute diverse funzioni dal punto di vista termodinamico:

aumento della resistenza termica della copertura,
aumento dello sfasamento dell'onda termica,
raffrescamento passivo nel periodo estivo,
mitigazione delle temperature esterne,
riduzione delle oscillazioni termiche all'estradosso ed
all'intradosso della struttura.



Risparmio energetico

miglioramento del comfort dell'edificio, meno rigido in inverno e meno caldo in estate;

allungamento del periodo di vita del manto impermeabilizzante (protezione da agenti chimici e da danneggiamenti meccanici);

riduzione dei costi di riscaldamento invernale e di raffrescamento estivo grazie ad un maggior isolamento termico;

se abbinato a un impianto fotovoltaico contribuisce a una miglior resa energetica dello stesso mantenendo contenute le temperature dell'ambiente circostante.



Risparmio energetico e controllo delle temperature in periodo invernale e estivo

Spessore di substrato a compattazione avvenuta	Prestazione termodinamica
8 cm	Riduzione delle temperature massime all'estradosso del tetto, delle gelate e delle escursioni termiche. Funzionale all'aumento della durata di vita dell'impermeabilizzazione.
15 cm	Riduzione del carico termico sulla copertura. Buono sfasamento temporale del flusso di calore: su strutture coibentate è da aspettarsi uno sfasamento di 7 - 8 h. Permette di ritardare l'ingresso del calore alla seconda metà della giornata.
20 cm	Riduzione del carico termico in ingresso e raffreddamento passivo. Elevato sfasamento temporale del flusso di calore: su strutture realizzate a norma è da aspettarsi uno sfasamento superiore alle 12 h. permette di ritardare l'ingresso del calore al periodo notturno e raffreddare nelle ore centrali della giornata.
Variabile da 15 a 35 cm	Contributo alla mitigazione dell'isola di calore nell'ambiente esterno, ricreando vegetazione mista a prato e grossi arbusti.

Spessori di substrato in funzione della prestazione termodinamica attesa

flusso di calore: su strutture realizzate a norma è da aspettarsi uno sfasamento superiore alle 12 h.

permette di ritardare l'ingresso del calore al periodo notturno e raffreddare nelle ore centrali della giornata.

Contributo alla mitigazione dell'isola di calore nell'ambiente esterno, ricreando vegetazione mista a prato e grossi arbusti.

la differenza tra le temperature superficiali di un tetto verde e di una copertura tradizionale possano raggiungere e superare i 20° C durante le ore calde

tale differenza si riduce progressivamente nelle ore notturne, a causa dell'inerzia termica del pacchetto verde e della riduzione delle dispersioni di calore verso la volta celeste dovute alla presenza della superficie fogliare.

La T° media superficiale del tetto verde risulta complessivamente sempre inferiore rispetto alla T° superficiale del manto di copertura in marsigliesi.

Da Report ENEA, 2014
Simulazione del comportamento energetico di un fabbricato-tipo in assenza/presenza di tetto/parete verde per ottimizzare l'efficienza energetica degli edifici, rispetto alle aree climatiche italiane

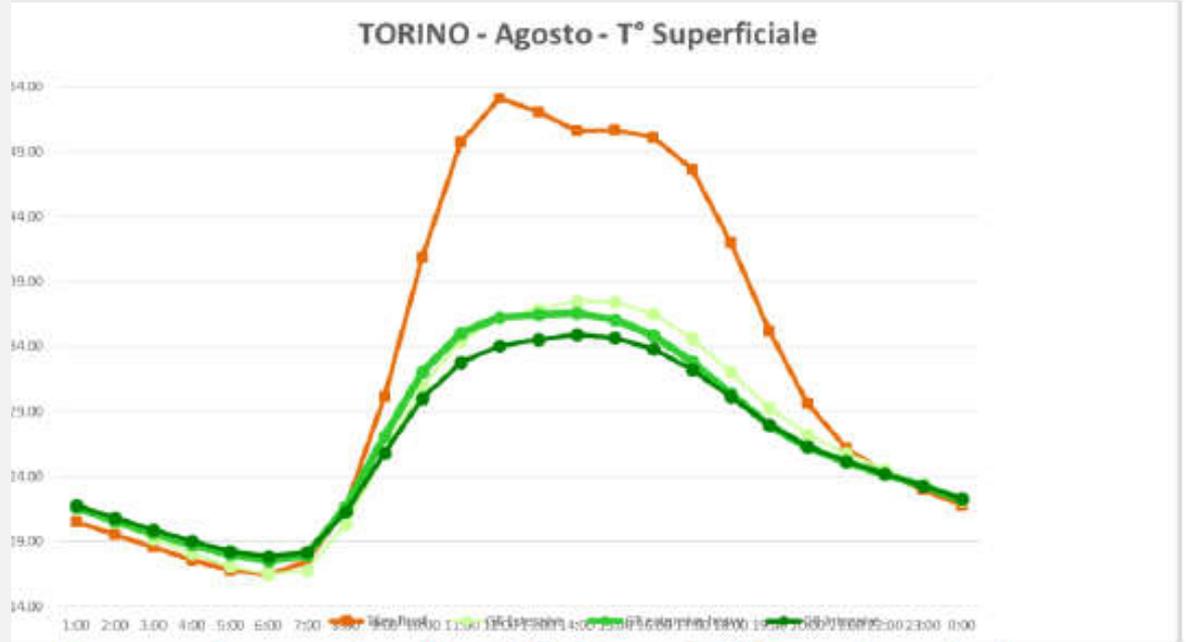


Figura 6 andamento giornaliero delle T° superficiali in un giorno tipo in Agosto

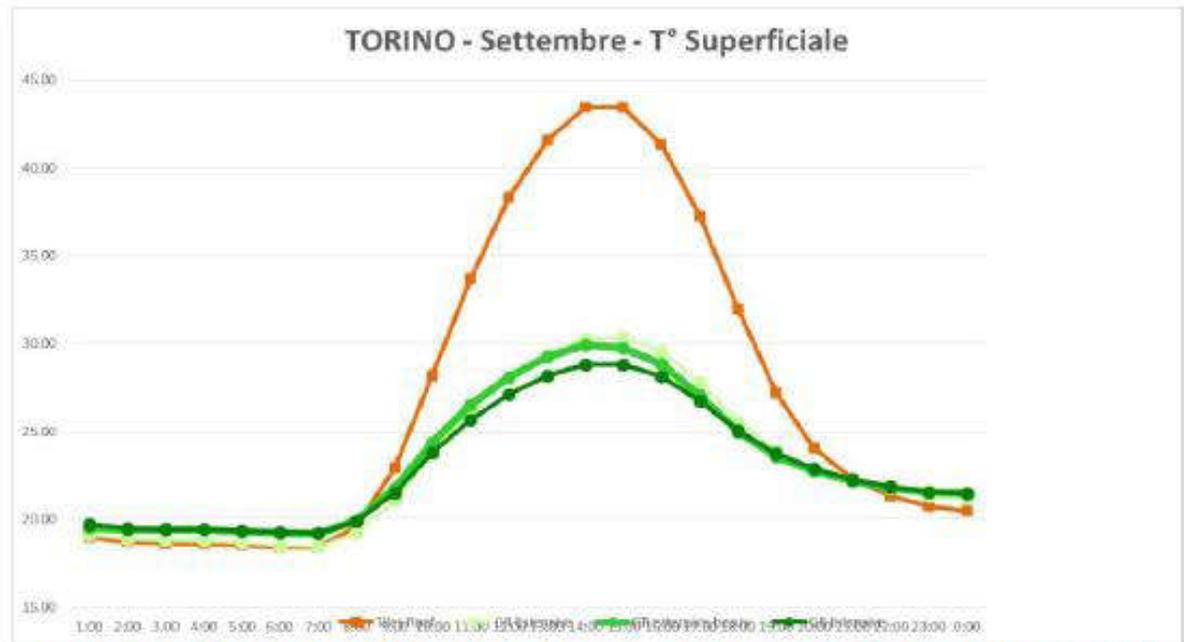


Figura 7 andamento giornaliero delle T° superficiali in un giorno tipo in Settembre



<https://www.greenme.it/abitare/risparmio-energetico/11063-tetti-verdi-impianti-fotovoltaici#accept>

un tetto verde garantisce ai pannelli fotovoltaici di non perdere di efficienza, rendendoli più efficienti e produttivi, contribuendo a una maggior redditività dell'impianto.

il grado di efficienza di un pannello fotovoltaico si riduce di 0.5% per ogni grado di surriscaldamento quando la sua temperatura supera i 25 gradi centigradi

Tetto grigio: fino a oltre 80 ° C

Copertura verde: 35 ° C



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



Alessandra Bònoli

DICAM - Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali

alessandra.bonoli@unibo.it

www.dicam.unibo.it