

35.0 °C

41.5

riquadro

max 45.0

min. 26.8

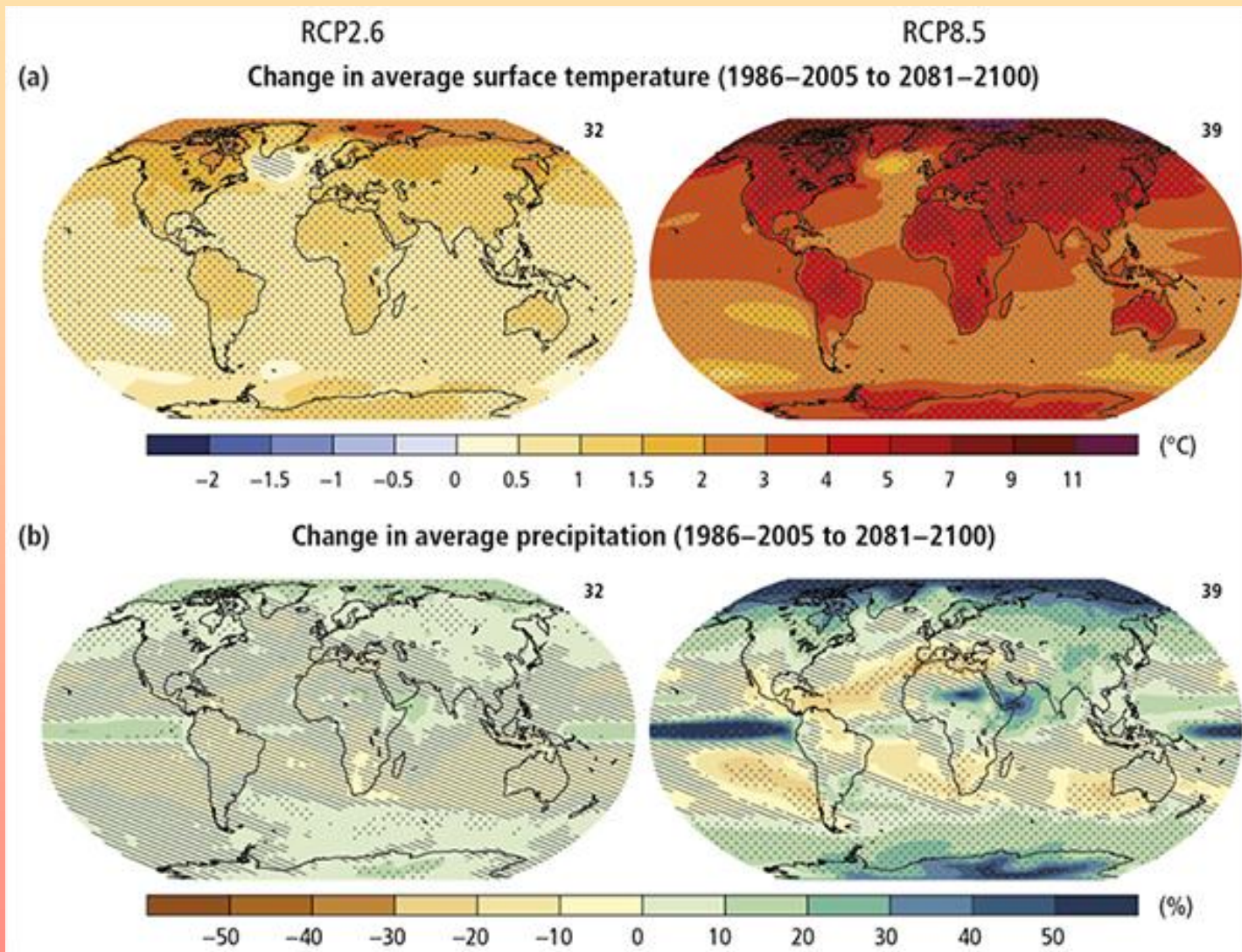
med 36.1

Strategie di mitigazione del cambiamento climatico per l'università e il campus di Bizzozzero

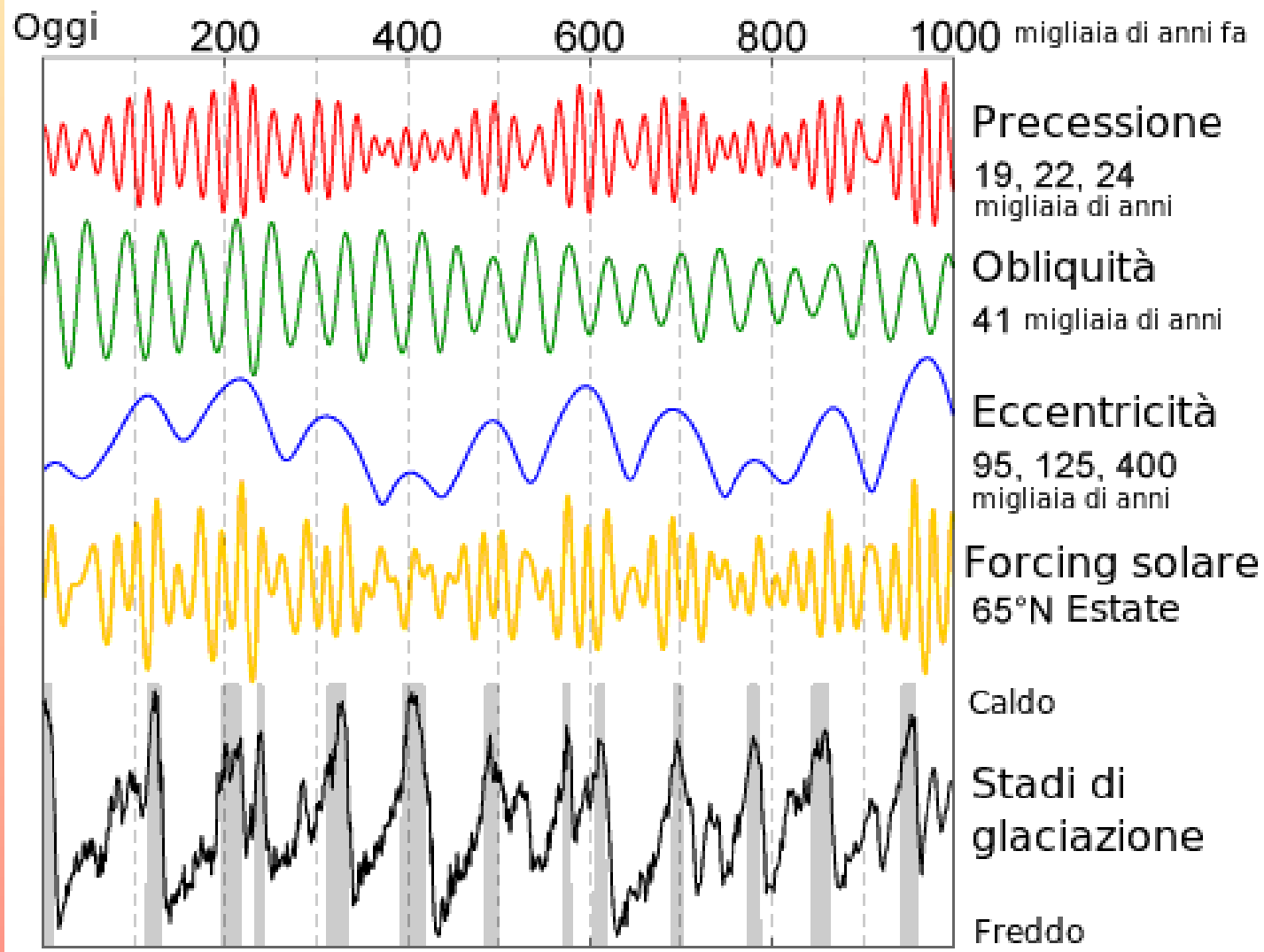
Stefano Ponti PhD. and prof. Mauro Guglielmin

31.8

Cambiamento Climatico



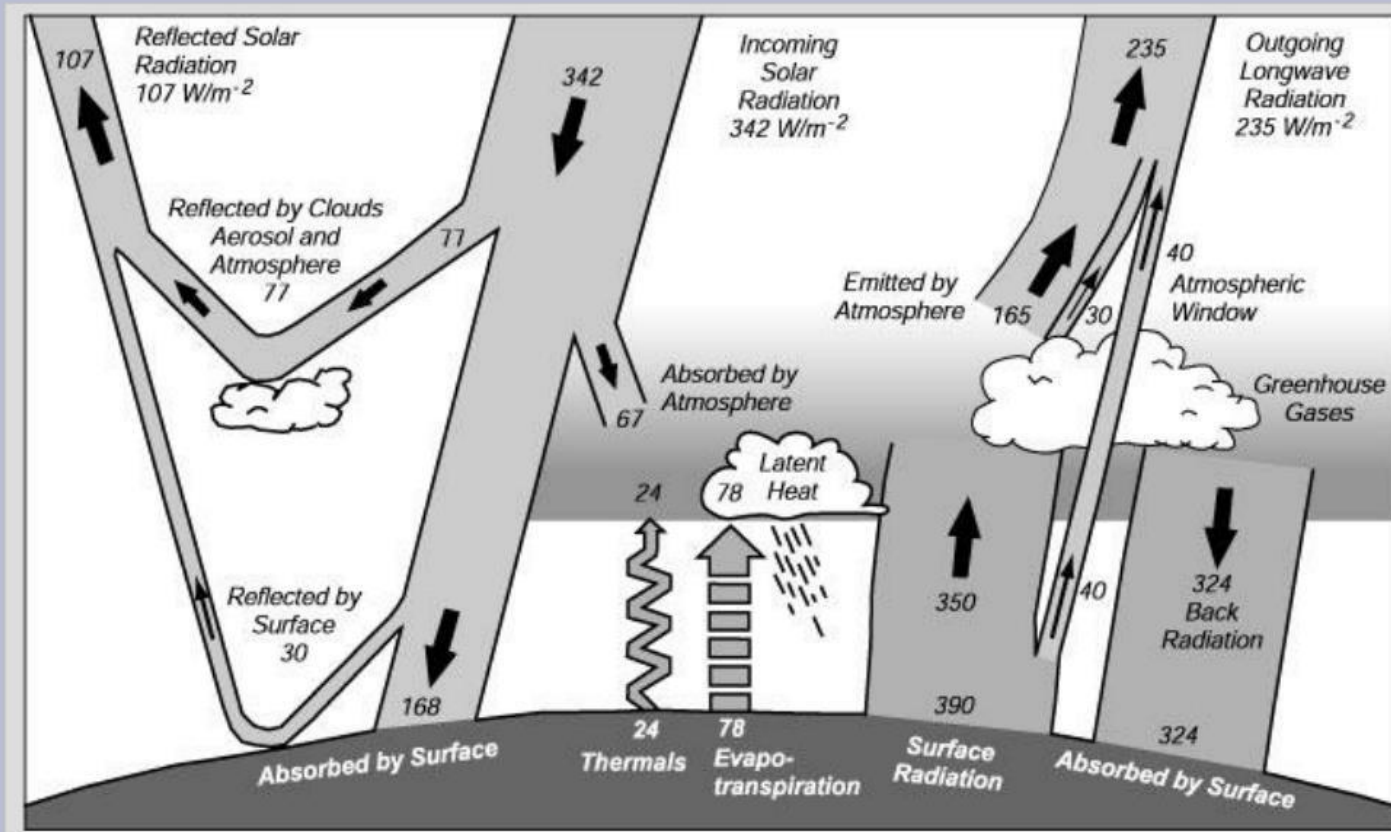
Cambiamento Climatico



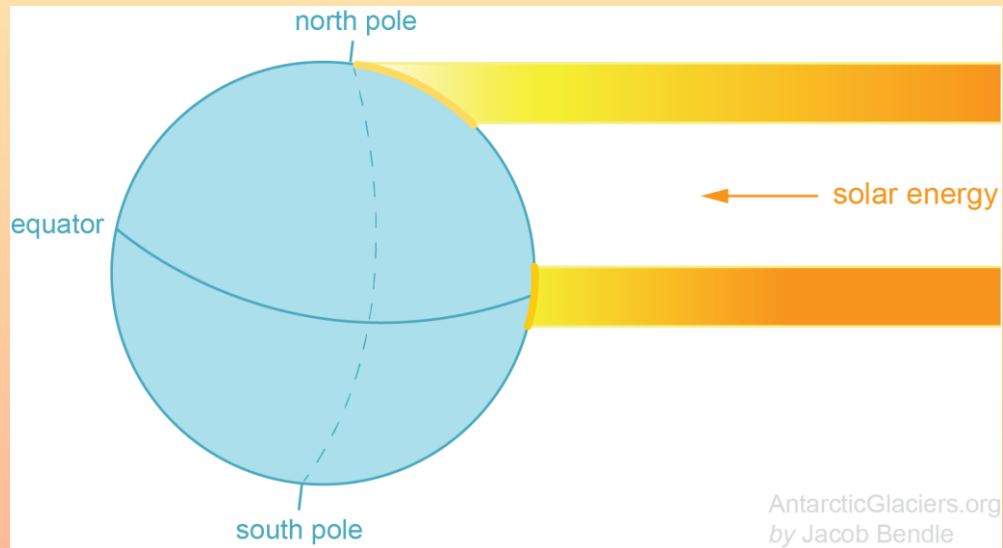
Cicli di Milanković: 1) inclinazione asse, 2) eccentricità dell'orbita, 3) precessione del perielio

Bilancio Radiativo

Bilancio radiativo terrestre



Bilancio Radiativo



$$\frac{S_0(1-\alpha)}{4} = \varepsilon\sigma T^4$$

Radiazione incidente

Bilancio Energetico

Surface Energy Balance Equation

$$\begin{array}{c}
 \text{Energy IN} \qquad \qquad \qquad \text{Energy OUT} \qquad \qquad \qquad \text{Heating} \\
 \underbrace{\hspace{1.5cm}} \qquad \qquad \qquad \underbrace{\hspace{4.5cm}} \qquad \qquad \qquad \underbrace{\hspace{1.5cm}} \\
 R_n = H + LE + G (+ P) (+\Delta Q)
 \end{array}$$

where:

R_n = Net Radiation

H = Sensible Heat Flux

LE = Latent Heat Flux

G = Ground Heat Flux

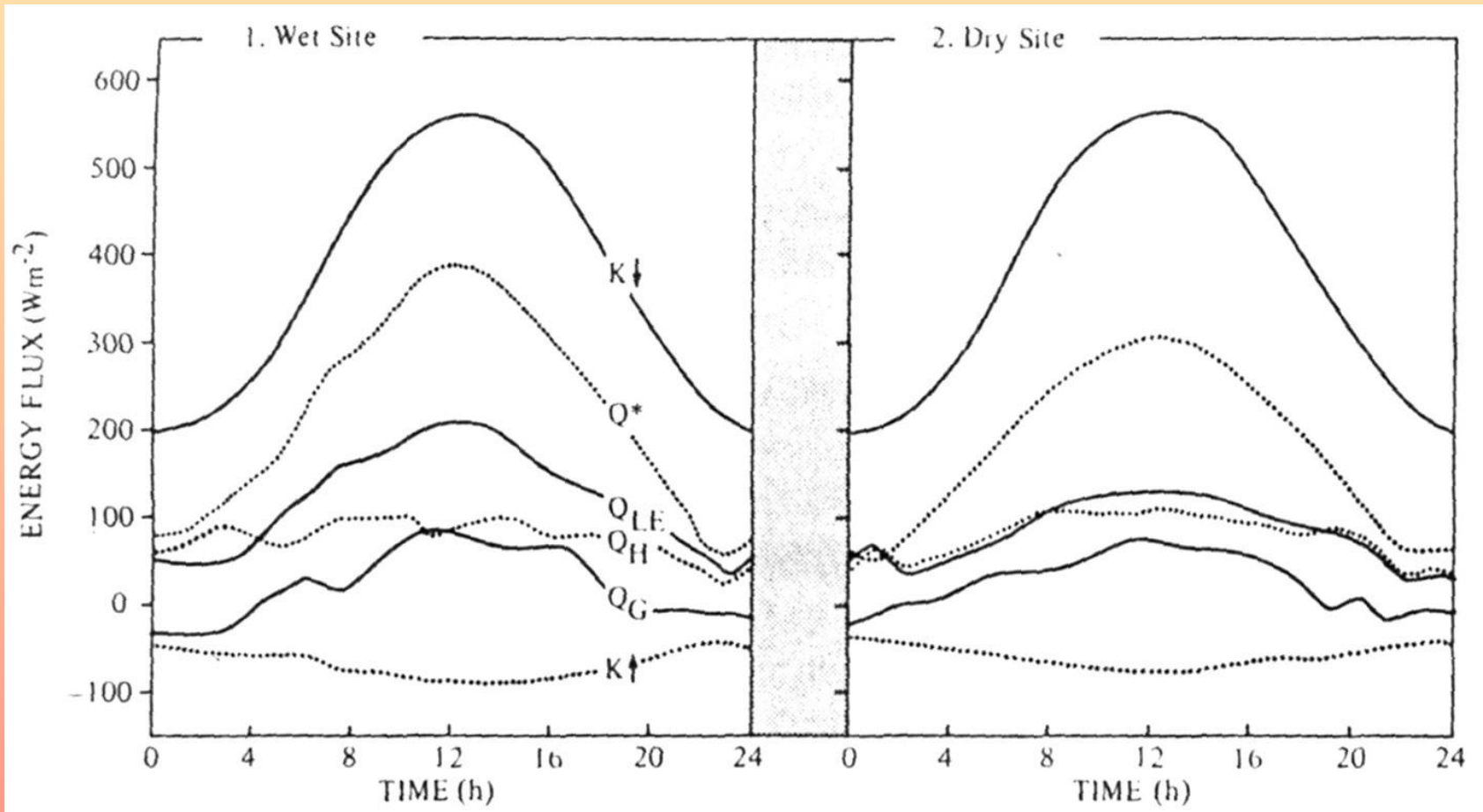
P = Photosynthetic Heat*

ΔQ = Net Heating/Storage**

* P term is very small, usually ignored in meteorological applications

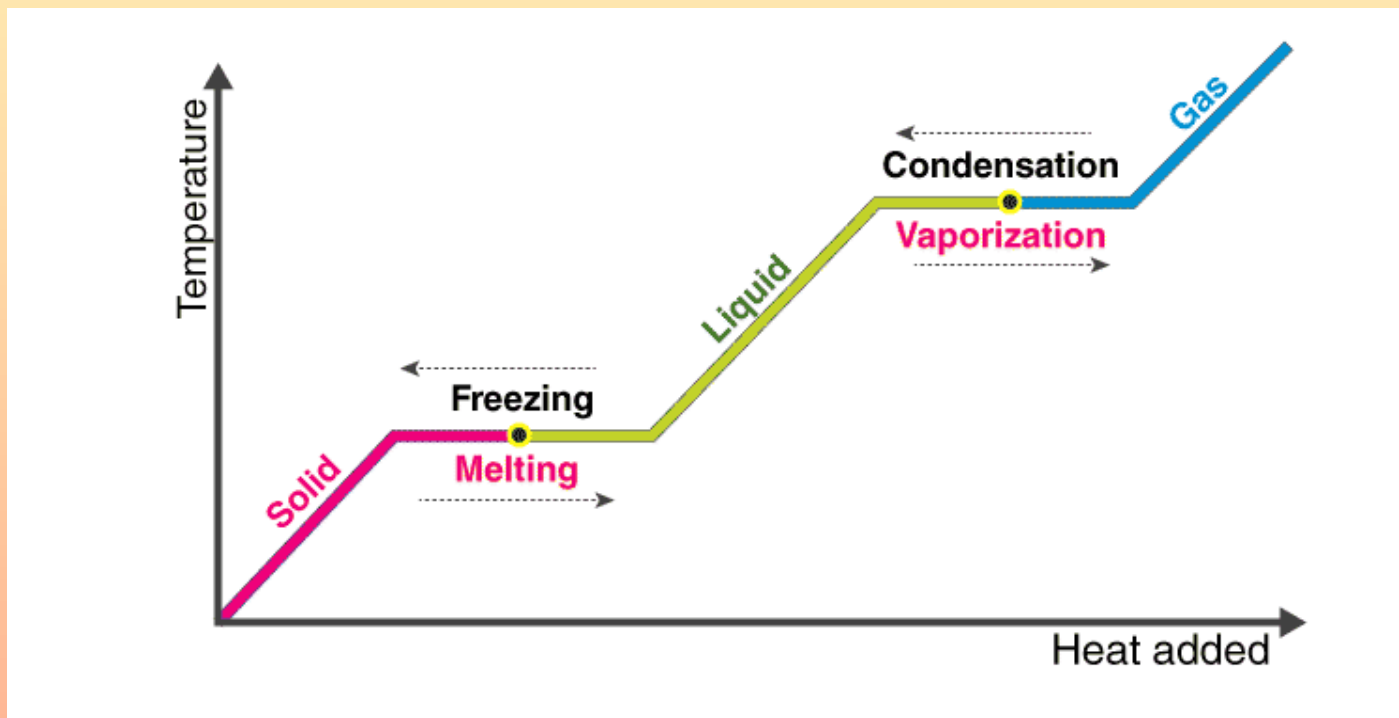
* ΔQ term only included if surface is defined as a volume – a massless plane can't be heated

Bilancio Energetico



Influenza dell'acqua

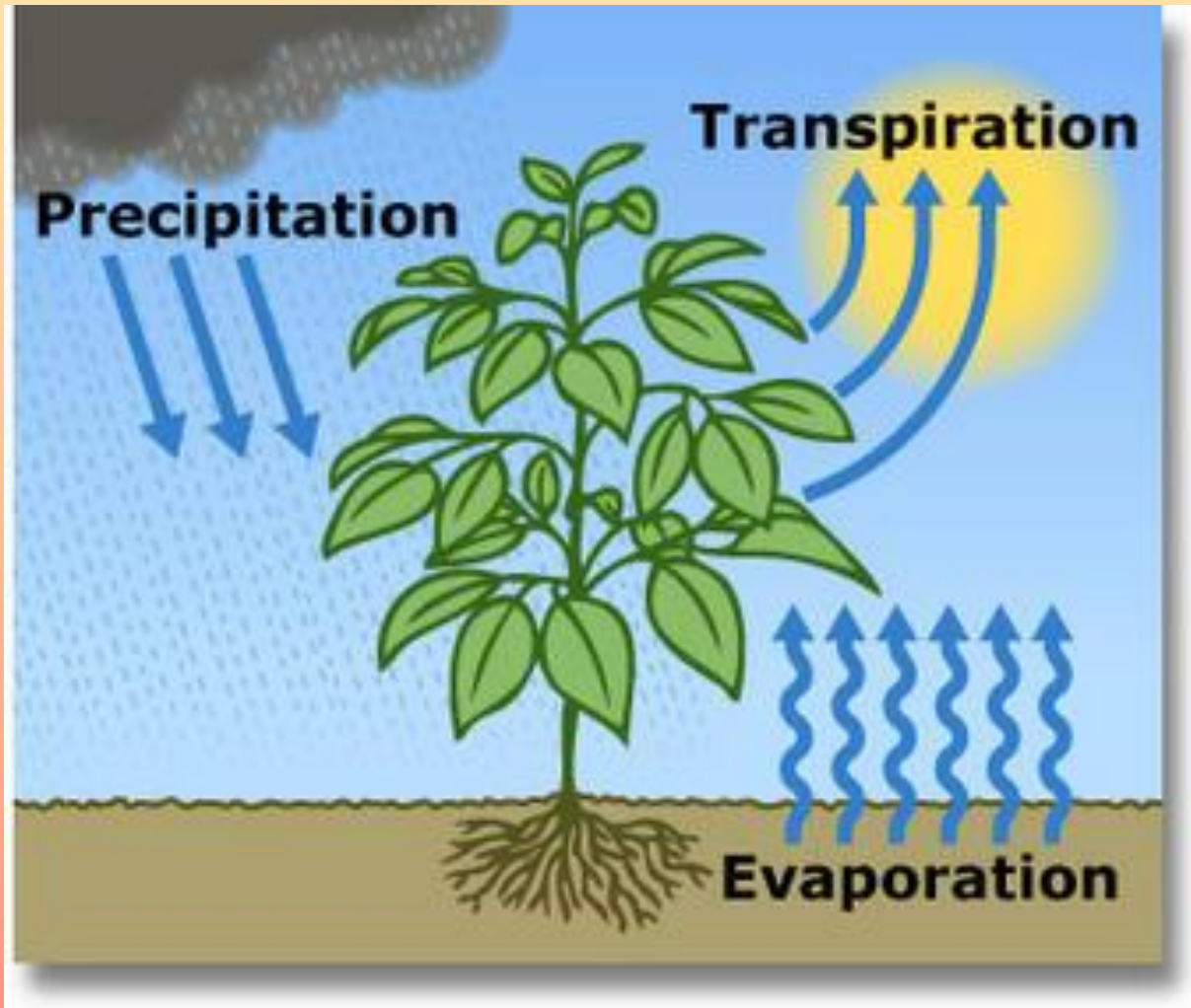
Calore Latente



<p>melting</p>	<p>freezing</p>	<p>solid liquid gas</p>
<p>evaporation</p>	<p>condensation</p>	<p>energy absorbed</p> <p>energy released</p> <p>334 joules per gram</p>
<p>sublimation</p>	<p>deposition</p>	<p>AntarcticGlaciers.org</p> <p>by Jacob Bendle</p>

Influenza del passaggio di fase

Evapotraspirazione





Evapotraspirazione

L'acqua può passare dalla geosfera all'atmosfera attraverso due diversi processi:

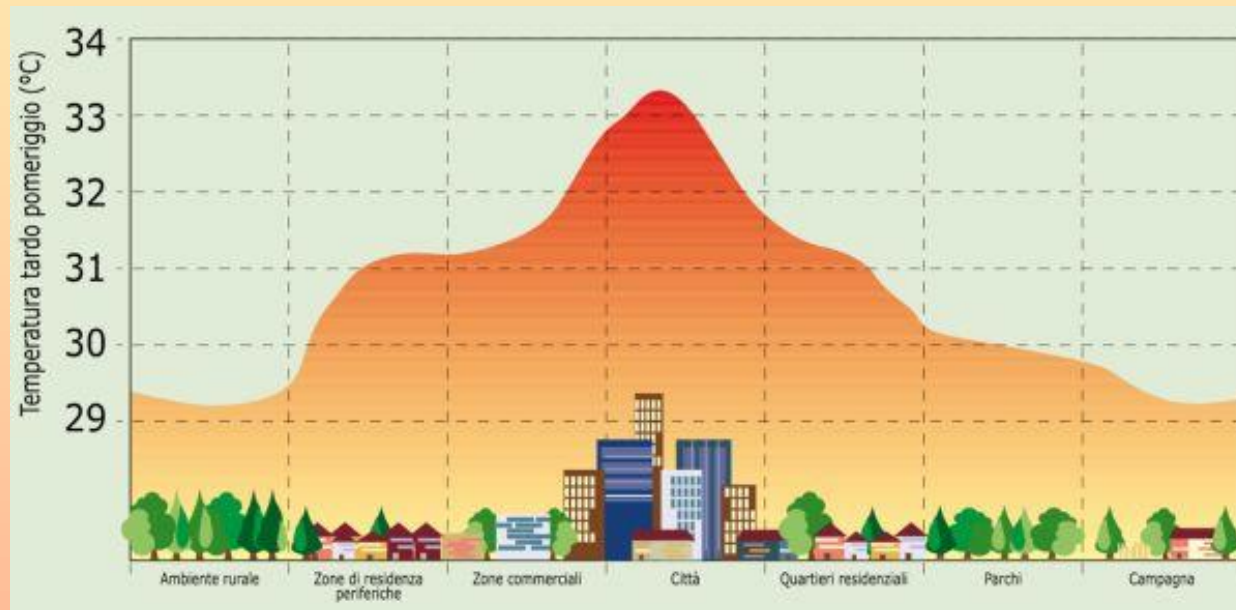
- a) **Evaporazione** = passaggio da stato liquido a gassoso di acqua allo stato libero
- b) **Traspirazione** = passaggio da stato liquido a gassoso di acqua presente all'interno delle piante attraverso gli stomi.

I fattori che regolano questo trasferimento di vapore acqueo all'atmosfera sono:

- 1) **la disponibilità di acqua;**
- 2) l'energia disponibile (temperatura superficie);
- 3) il gradiente di umidità dalla superficie all'atmosfera;
- 4) la velocità del vento in prossimità della superficie;
- 5) la pressione
- 6) il peso specifico dell'acqua

Isola Urbana e Albedo

Influenza dell'albedo



$$(1) \text{ Albedo} = \frac{\text{The reflected light (Wm}^{-2}\text{)}}{\text{The incident light (Wm}^{-2}\text{)}}$$





Scopo dello studio

La distinzione delle superfici planari (mappabili) dell'Università (ad eccezione dei tetti) per valutarne gli effetti che creano sulla temperatura dell'aria a scala locale. La classificazione delle superfici da meno mitiganti a più mitiganti e la loro estensione hanno aiutato a capire quali siano le classi da valorizzare, proteggere o gestire in maniera più consapevole per rendere l'Università un luogo ecosostenibile.



Metodi



Piranometro portatile



Termocamera FLIR



Sensore umidità

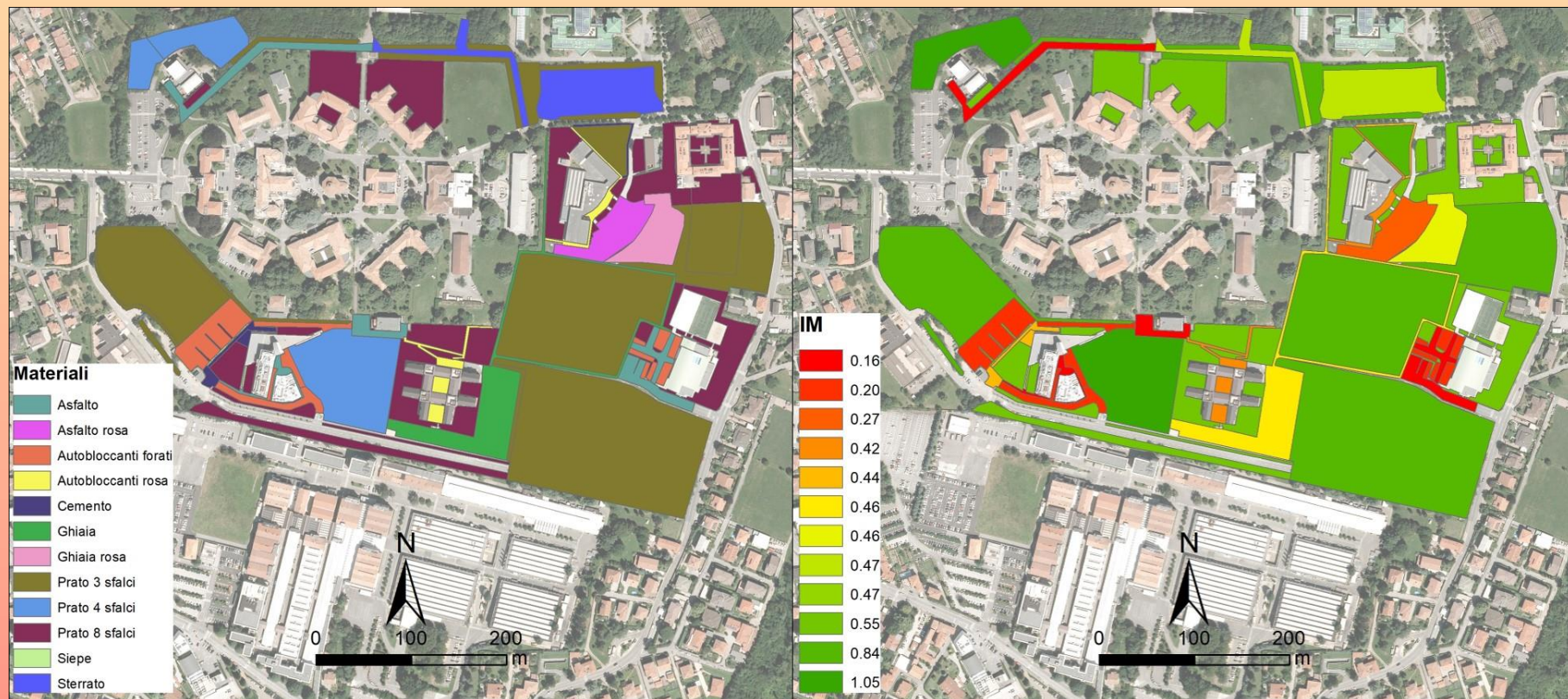
Risultati

Elenco dei materiali classificati con le corrispettive proprietà termo-fisiche.

Materiale	Albedo	Umidità (%)	Temperatura (°C)
Aiuola con arbusti	0.27	71.3	22.3
Asfalto	0.14	33.8	32.0
Asfalto rosa	0.17	39.0	24.3
Autobloccanti forati	0.18	41.3	36.7
Autobloccanti rosa	0.19	56.5	25.7
Cemento	0.21	63.3	29.3
Ciottolato	0.21	58.0	30.7
Ghiaia	0.23	54.8	27.0
Ghiaia rosa	0.23	54.0	27.0
Granito	0.22	64.7	25.0
Porfido	0.19	57.8	28.7
Porfido rosa	0.16	64.3	25.0
Prato 3 sfalci	0.22	97.3	25.3
Prato 4 sfalci	0.21	89.0	18.0
Prato 8 sfalci	0.19	90.2	31.2
Siepe	0.18	58.8	23.0
Sterrato	0.15	62.5	20.7

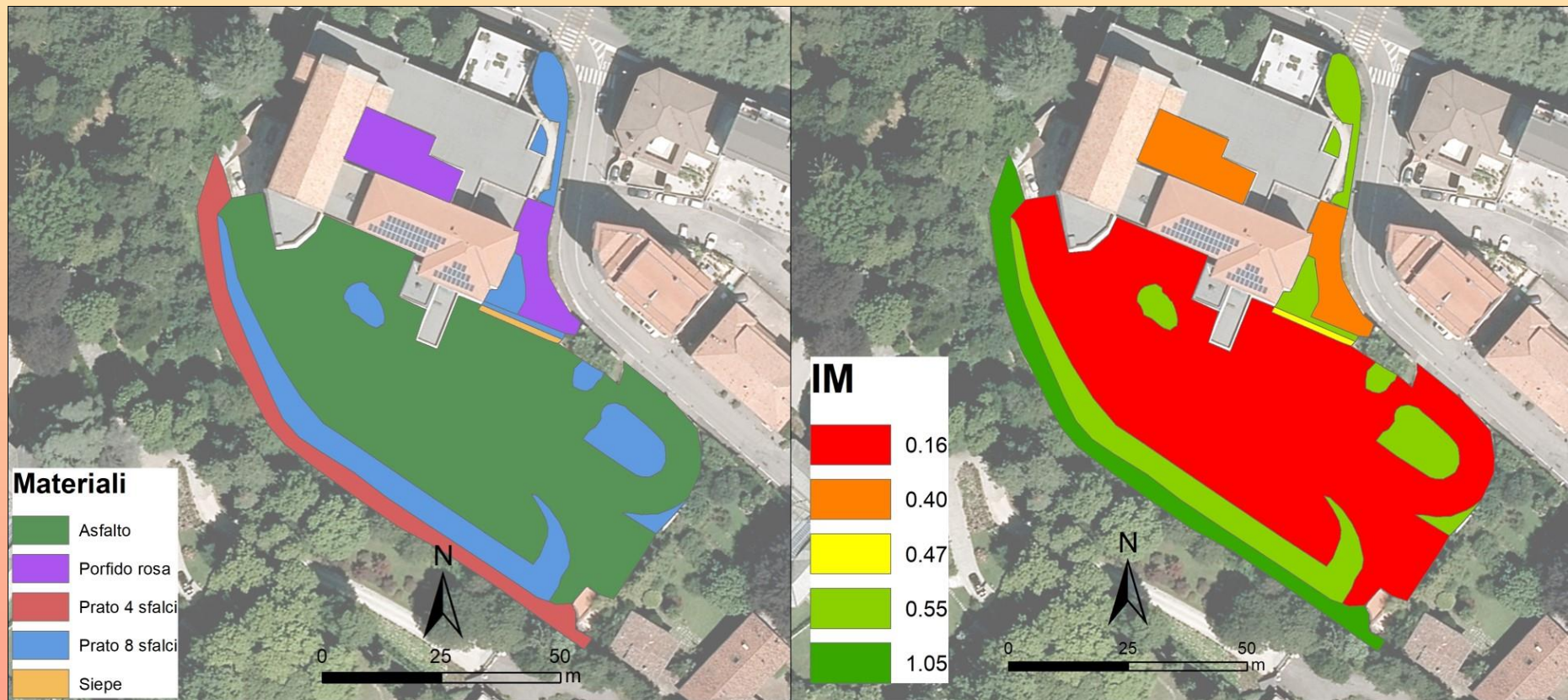
Risultati

$$\text{Indice di Mitigazione (IM)} = A U T^{-1}$$



Mappa della classificazione delle superfici della zona del Campus Bizzozzero per materiale (sinistra) e secondo l'indice di mitigazione (destra).

Risultati



Mappa della classificazione delle superfici della zona di via Ravasi per materiale (sinistra) e secondo l'indice di mitigazione (destra).

Risultati

IM medio per ogni località dell'Università basato sulla media ponderata delle diverse superfici

	Campus Bizzozzero	Ravasi	Sant'abbondio	Valleggio-Castelnuovo	Palazzo Natta	Cavallotti	Oriani	Villa Manara
Media pesata IM	0.68	0.34	0.64	0.68	0.55	0.51	0.47	0.52

Risultati

IM medi, massimi e minimi per ogni tipologia di materiale e relativi costi compresa la messa in posa. * = superfici con costo di manutenzione annuale

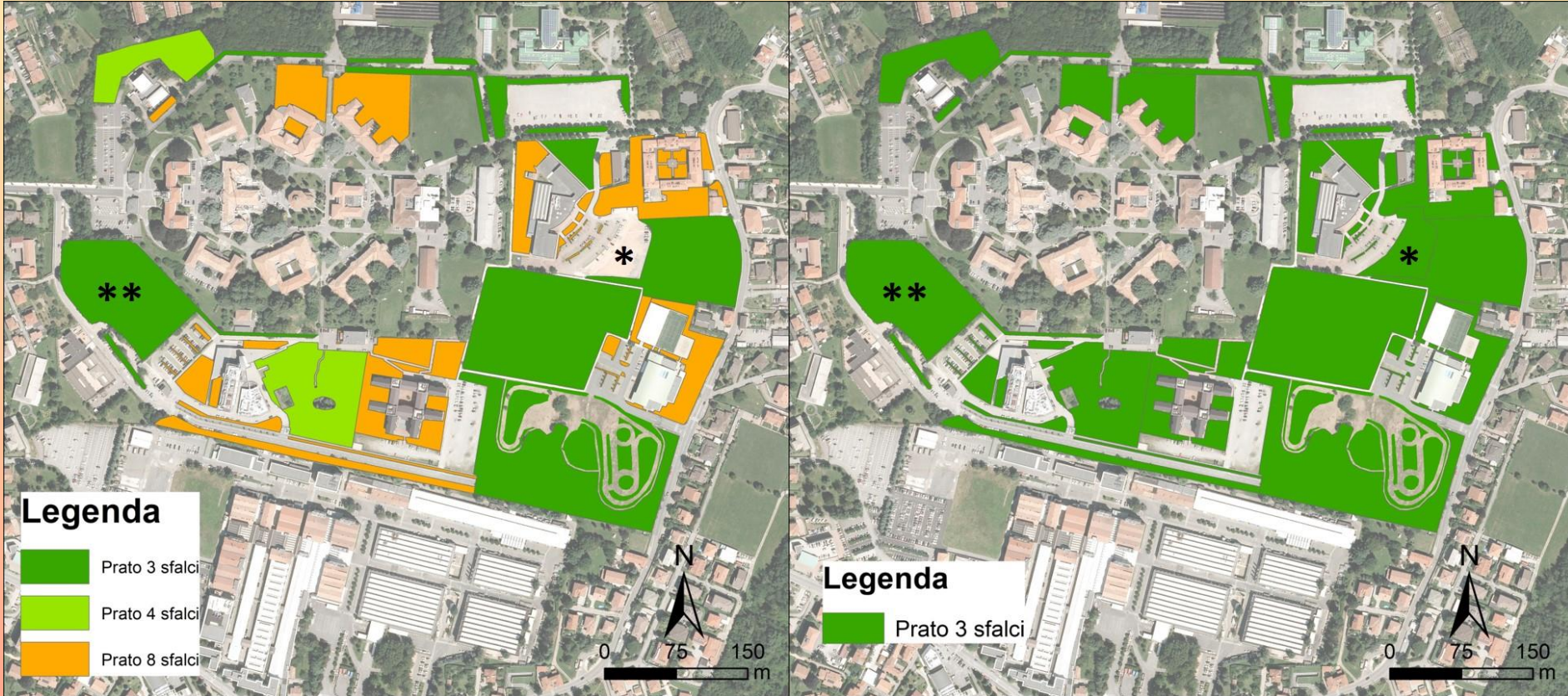
Materiale	Area (m²)	IM medio	IM max	IM min	Costo medio al m² (€)	Costo totale + IVA (€)
Aiuola con arbusti*	235.30	0.86	1.02	0.60	0.86	173.76
Asfalto	8859.97	0.16	0.30	0.09	11.80	89283.66
Asfalto rosa	3007.89	0.27	0.36	0.23	11.80	30311.09
Autobloccanti forati	5663.63	0.20	0.28	0.15	25.00	120918.42
Autobloccanti rosa	1956.87	0.42	0.69	0.25	22.81	38119.33
Cemento	6674.51	0.44	0.85	0.22	29.00	165300.83
Ciottolato	167.40	0.40	0.53	0.29	-	-
Ghiaia	7271.43	0.46	0.65	0.29	40.78	253235.79
Ghiaia rosa	3167.70	0.46	0.56	0.38	40.78	110318.68
Granito	2641.16	0.57	0.65	0.51	97.21	219262.20
Porfido	1318.75	0.38	0.54	0.22	62.41	70287.19
Porfido rosa	434.94	0.40	0.56	0.31	70.00	26000.67
Prato 3 sfalci*	72305.02	0.84	1.01	0.51	0.48	29639.27
Prato 4 sfalci *	18829.34	1.05	1.89	0.51	0.64	10291.37
Prato 8 sfalci *	44165.71	0.55	0.87	0.30	1.28	48278.42
Siepe*	549.60	0.47	0.85	0.25	7.66	3595.28
Sterrato	8322.57	0.47	0.88	0.26	-	-
Totale messa in posa						1123037.87
Totale annuo						91978.10

Risultati

Bilanci del flusso di carbonio per diverse tipologie di aree verdi urbane e loro mantenimento in alcune zone di studio degli USA e in Italia.

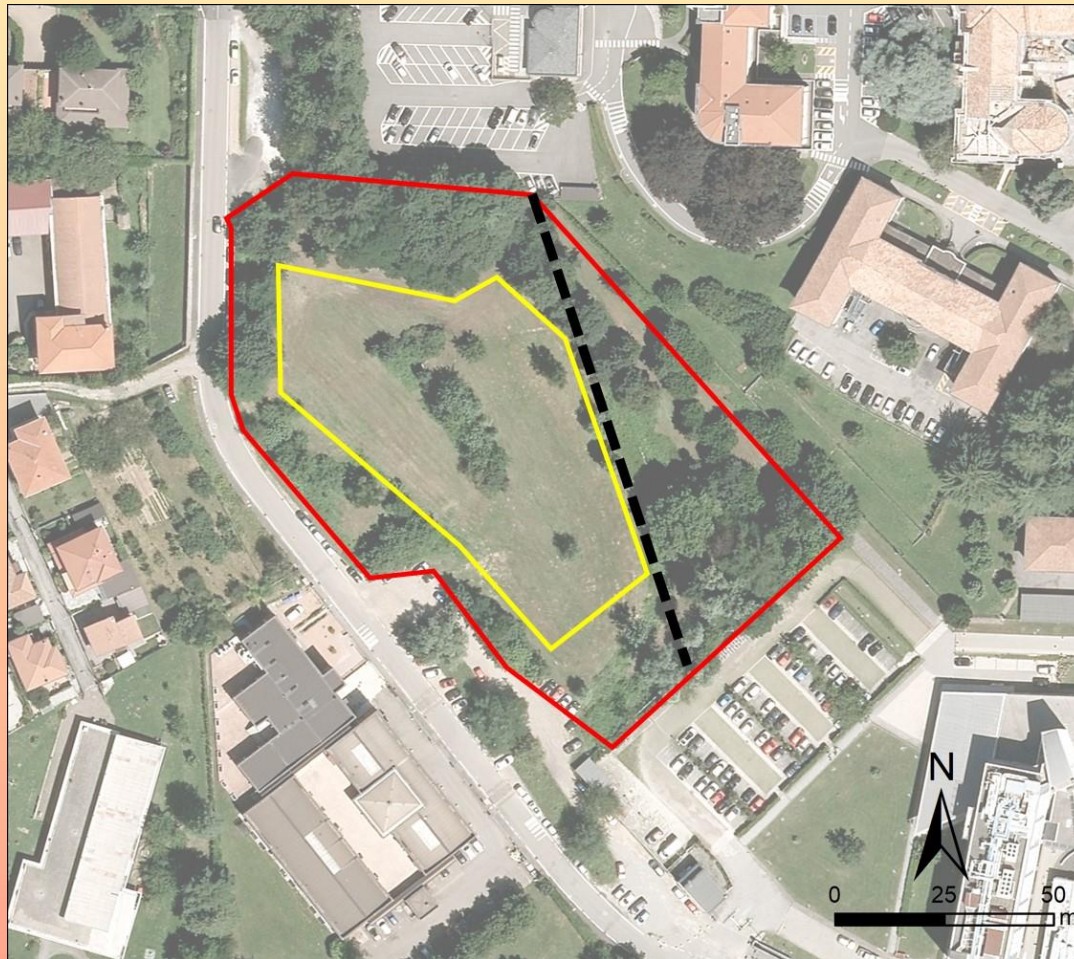
Località	Tipologia	Gestione	Emissione C dal suolo (g m ⁻² per stagione)	Sequestro netto C-CO ₂ (g m ⁻² yr ⁻¹)	Referenza
Springfield (USA)	Aiuola	Taglio ogni 3 settimane	458.02		Lerman and Contosta (2019)
Springfield (USA)	Aiuola	Taglio ogni settimana	481.72		Lerman and Contosta (2019)
Minneapolis-Saint Paul (USA)	Aiuola	Non irrigato		110 (vegetazione + suolo)	Peters and McFadden (2012)
Roma	Siepe	n.d.		12300-14000 (vegetazione + suolo)	Gratani et al. (2016)
Firenze	Aiuola con arbusti	n.d.		440 (vegetazione + suolo)	Vaccari et al. (2013)
USA	Aiuola	Minima		25.4-114.2 (suolo)	Zirkle et al. (2011)
Nebraska City (USA)	Aiuola	Non irrigato		78 (suolo)	Qian et al. (2010)

Proposte



Localizzazione delle tipologie di gestione dei manti erbosi (sinistra) e proposta di nuova gestione (destra). * si riferisce ad un'area adibita a parcheggio di materiale (ghiaia rosa) non favorevole alla mitigazione ($IM = 0.46$) per cui si propone una conversione a prato o ad altro materiale. ** si riferisce al prato a 3 sfalci oggetto della proposta di sperimentazione.

Proposte



Prato attualmente a 3 sfalci (delimitato dalla linea rossa) oggetto di interesse per gli esperimenti sull'emissione di CO_2 e la mitigazione della temperatura dell'aria. La linea gialla delimita l'area più interna, aperta, idonea all'installazione della strumentazione. La linea nera tratteggiata evidenzia la proposta di collegamento di mobilità sostenibile tra il dipartimento e il parcheggio di via O. Rossi.

Proposte

Dettaglio delle aree e dei costi di manutenzione dei prati presso il Campus Bizzozzero.

Materiale o tipologia di gestione	Area (m ²)	IM medio	Costo al taglio (€/m ²)	Costo medio complessivo (€/m ²)	Sconto 30% (€/m ²)	Costo totale + IVA (€)
Prato 3 sfalci	52517	0.840193	0.16	0.48	0.336	21528
Prato 4 sfalci	14202	1.049961	0.16	0.64	0.448	7762
Prato 8 sfalci	33940	0.55057	0.16	1.28	0.896	37100
Totale attuale						66390
Totale secondo proposta 3 sfalci						13754
Risparmio in manutenzione						52636



Grazie per l'attenzione

Stefano Ponti: s.ponti@uninsubria.it
Mauro Guglielmin: mauro.guglielmin@uninsubria.it