

## ***School Low Carbon Footprint in Mediterranean cities***

Attività intraprese con la Provincia di  
Treviso sugli edifici scolastici,  
comfort/benessere e consumo, ricerca e  
formazione in tema di Energia



Francesca Cappelletti  
Lorenza Pistore  
Piercarlo Romagnoni  
Università IUAV di Venezia

I  
- - -  
U  
- - -  
A  
- - -  
V  
Università Iuav  
di Venezia

*Provincia di Treviso – Sant'Artemio – 23 novembre 2018*

# Una premessa

La recente legislazione nazionale  
Legge 63/ 90 - 2013  
DLgs 28/ 2011  
D.M. 26/6/2015

ed europea (Direttiva EU 27/2012) richiede

- necessità di interventi consistenti sul patrimonio edilizio;
- attenzione alla gestione del patrimonio stesso;
- informazioni affidabili;
- pianificazione degli interventi;
- specifiche tecniche alle opere da realizzare

**Interreg**  
Mediterranean



 EduFootprint

Project co-financed by the European  
Regional Development Fund



# Perchè le scuole?

In Europa, l'interesse maggiore per gli edifici scolastici è rivolto alle seguenti necessità:



ELEVATO CONSUMO ENERGETICO



BASSO COMFORT TERMICO



CATTIVA QUALITA' DELL'ARIA

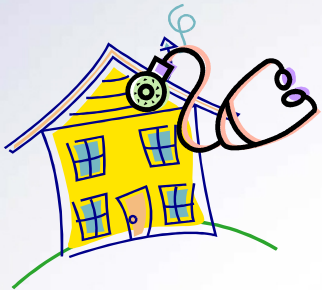
Interreg  
Mediterranean



EduFootprint

Project co-financed by the European  
Regional Development Fund





Analisi delle diagnosi energetiche e descrizione del campione



Analisi dei consumi rilevati ed elaborazione di correlazioni (cluster analysis)



Misure di termoigrometrico e luminoso

Interreg  
Mediterranean



EduFootprint

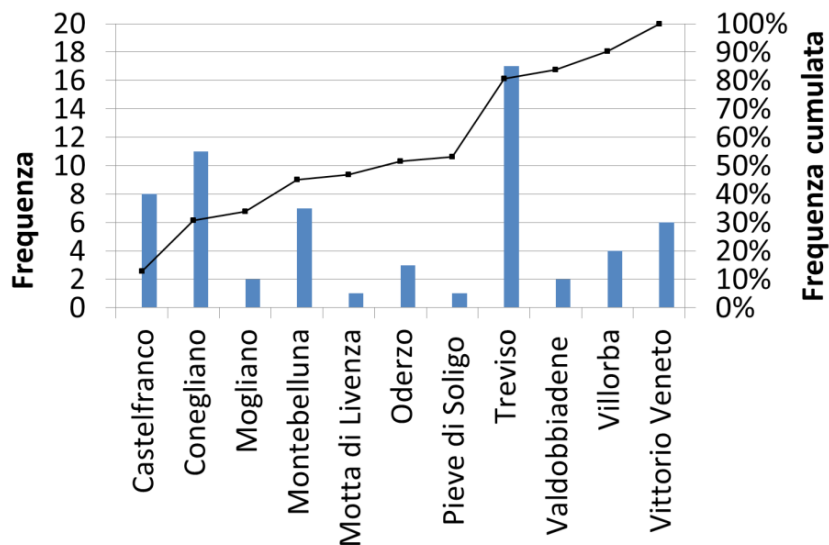
Project co-financed by the European  
Regional Development Fund



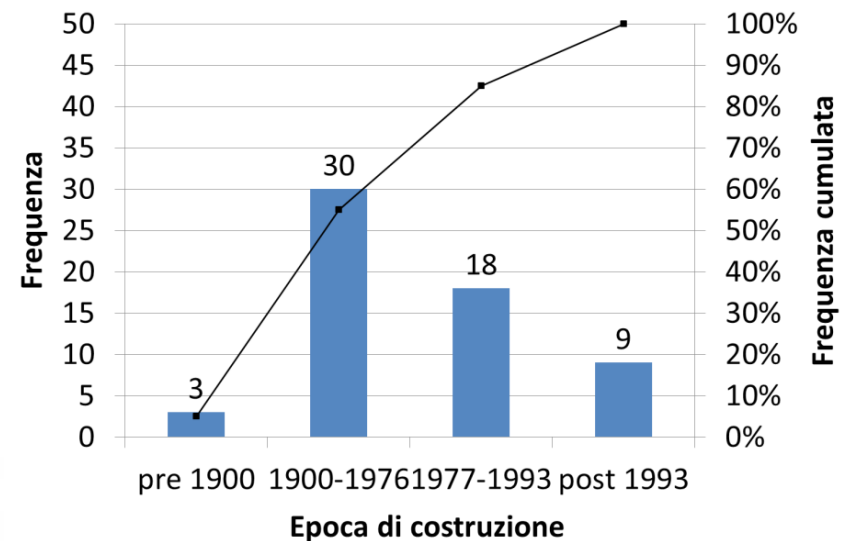
# Descrizione del campione

Il campione analizzato è costituito da circa 80 scuole di cui circa 60 utili per le analisi

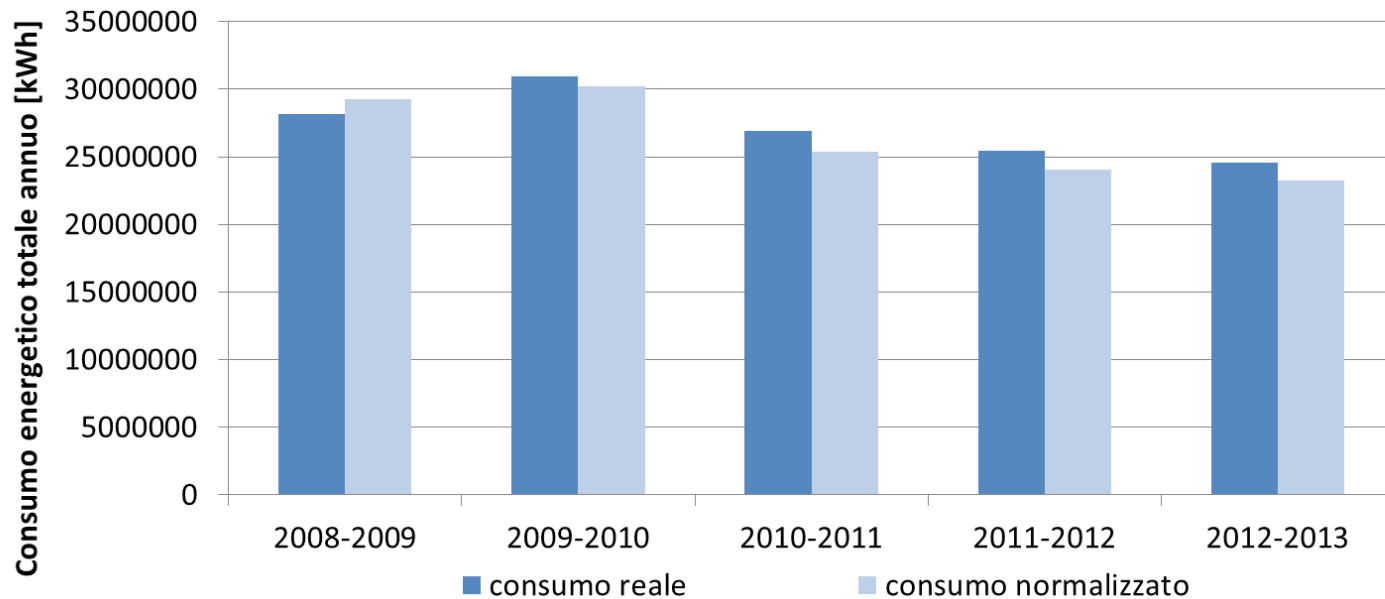
DISTRIBUZIONE DEGLI EDIFICI NEI COMUNI DELLA PROVINCIA



DISTRIBUZIONE DEGLI EDIFICI PER EPOCA di COSTRUZIONE



# CONSUMO ENERGETICO ANNUO REALE E NORMALIZZATO RISPETTO AI GG (2008-2013)



Si può notare che la maggior parte del campione (circa l'80%) ha un consumo compreso tra i 10 e i 30 kWh/(m<sup>3</sup> anno).

Interreg  
Mediterranean

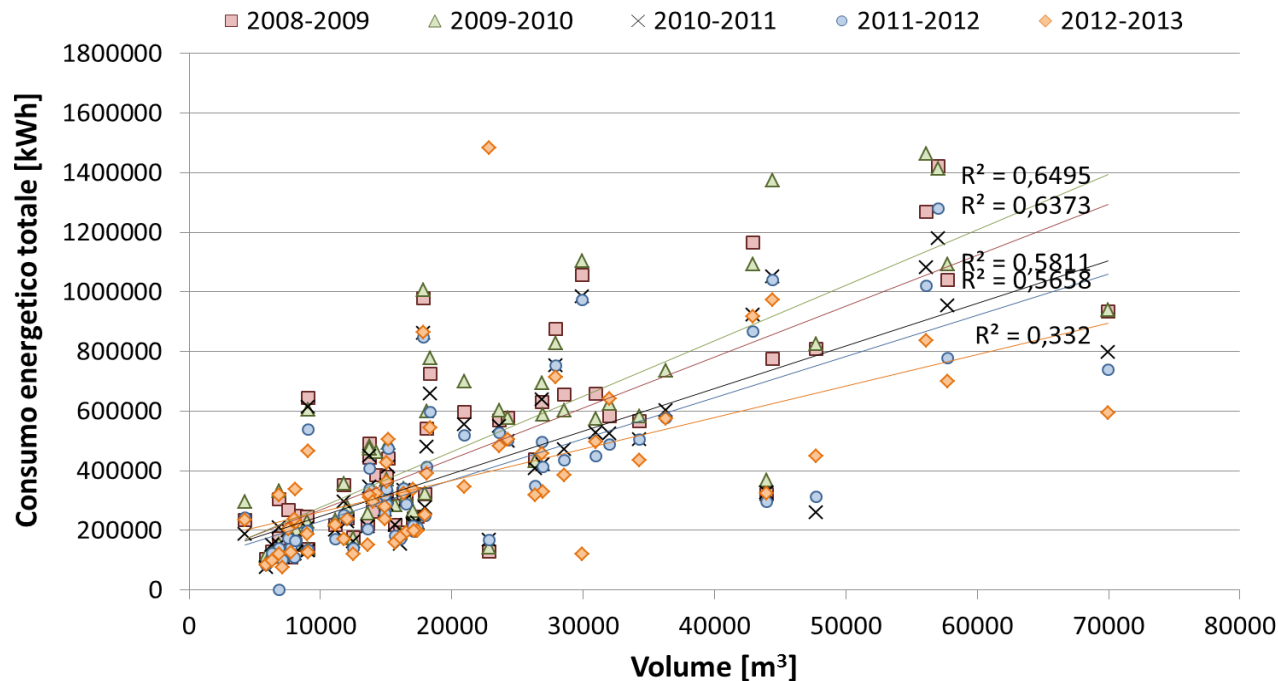


EduFootprint

Project co-financed by the European  
Regional Development Fund



# Possibili correlazioni: il consumo energetico vs volume lordo riscaldato



Negli anni la pendenza della linea di tendenza si abbassa ad indicare come il consumo per unità di volume si sia abbassato a seguito degli interventi compiuti sugli impianti o a seguito di una differente gestione



# Alcune conseguenze

- Definire i parametri che meglio si correlano al consumo e individuare un metodo di diagnosi energetica che non necessiti della conoscenza approfondita di ciascun edificio.
- Analizzare gli interventi che hanno generato i maggiori risparmi sia in termini energetici che di costo e quindi cercare di definire una programmazione energetica a più lungo periodo.



Interreg  
Mediterranean



EUROPEAN UNION



EduFootprint

Project co-financed by the European  
Regional Development Fund

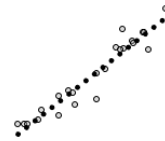




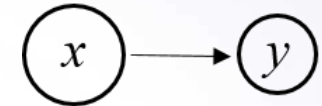
# Metodo di analisi



**1.**  
Caratterizzazione  
del campione  
attraverso  
caratteristiche  
geometriche e  
termofisiche

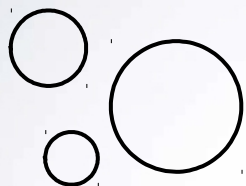


**2.**  
Analisi energetica  
del campione  
tramite firma  
energetica

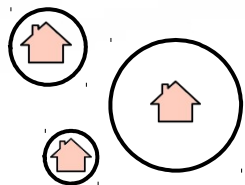


**3.**  
Correlazione  
tra le  
caratteristiche  
termofisiche e  
il consumo  
energetico:  
identificazione  
dei parametri  
più  
significativi

# Un metodo di analisi



**4.** Raggruppamento degli edifici in base alle caratteristiche geometriche e termofisiche



**5.** Identificazione di un edificio di riferimento per ogni gruppo di edifici



**6.** Valutazione degli interventi significativi per ogni gruppo di edifici



**7.** Validazione degli interventi e valutazione delle condizioni ambientali interne a partire dall'edificio di riferimento

# Cluster Analysis



In statistica, il clustering o analisi dei gruppi, è un insieme di tecniche di analisi multivariata di dati volte alla selezione e al raggruppamento di elementi omogenei in un insieme di dati.

L'obiettivo è proprio quello di trovare, all'interno dello stock di edifici, i sottoinsiemi più omogenei in termini sia di caratteristiche geometriche sia di caratteristiche tecnologiche, al fine di ricavare indicazioni utili sull'impatto di eventuali interventi e privilegiarli all'interno di ciascuno dei cluster.

Interreg  
Mediterranean



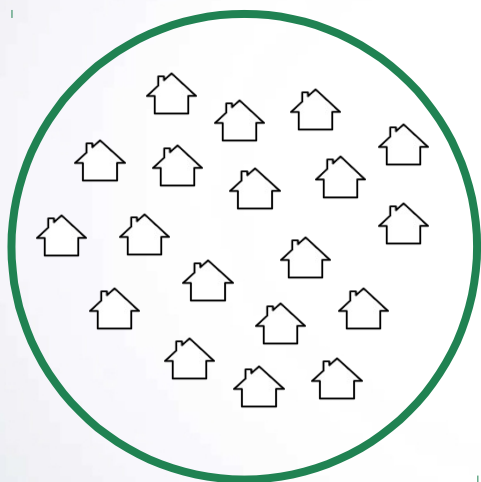
EduFootprint

Project co-financed by the European  
Regional Development Fund

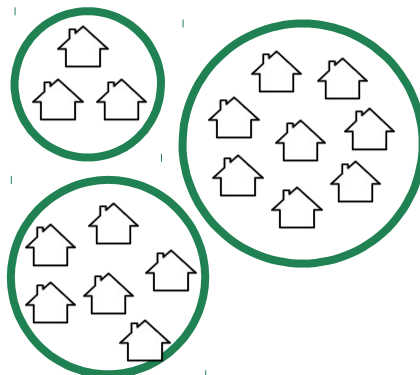


# Cluster analysis: come funziona

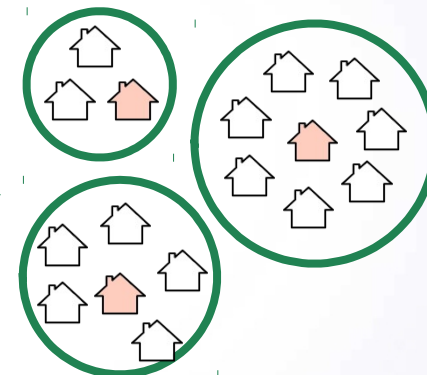
Set iniziale di edifici



Caratteristiche  
geometriche +  
termofisiche

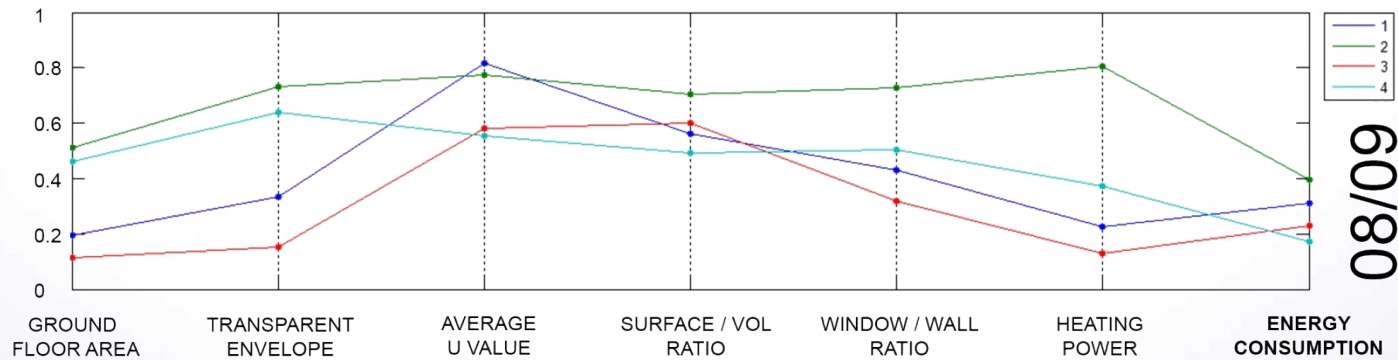
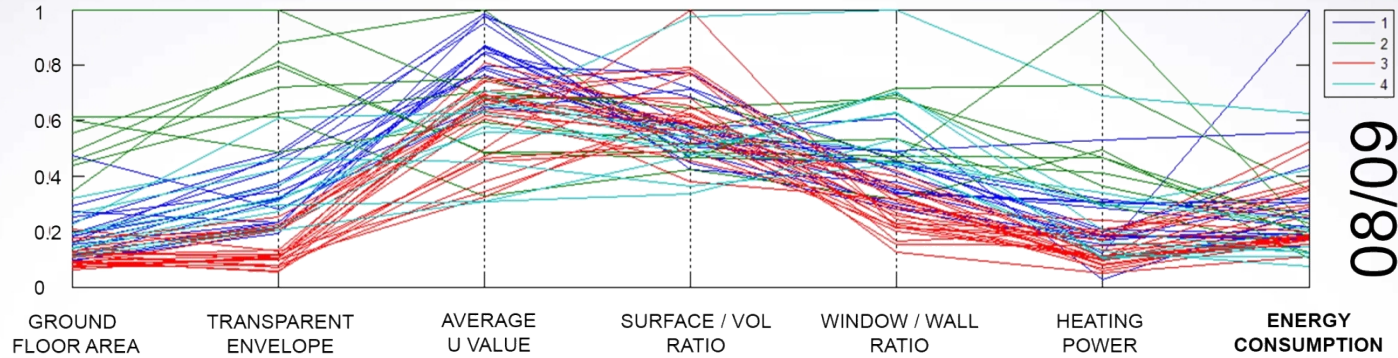


Edificio di  
riferimento

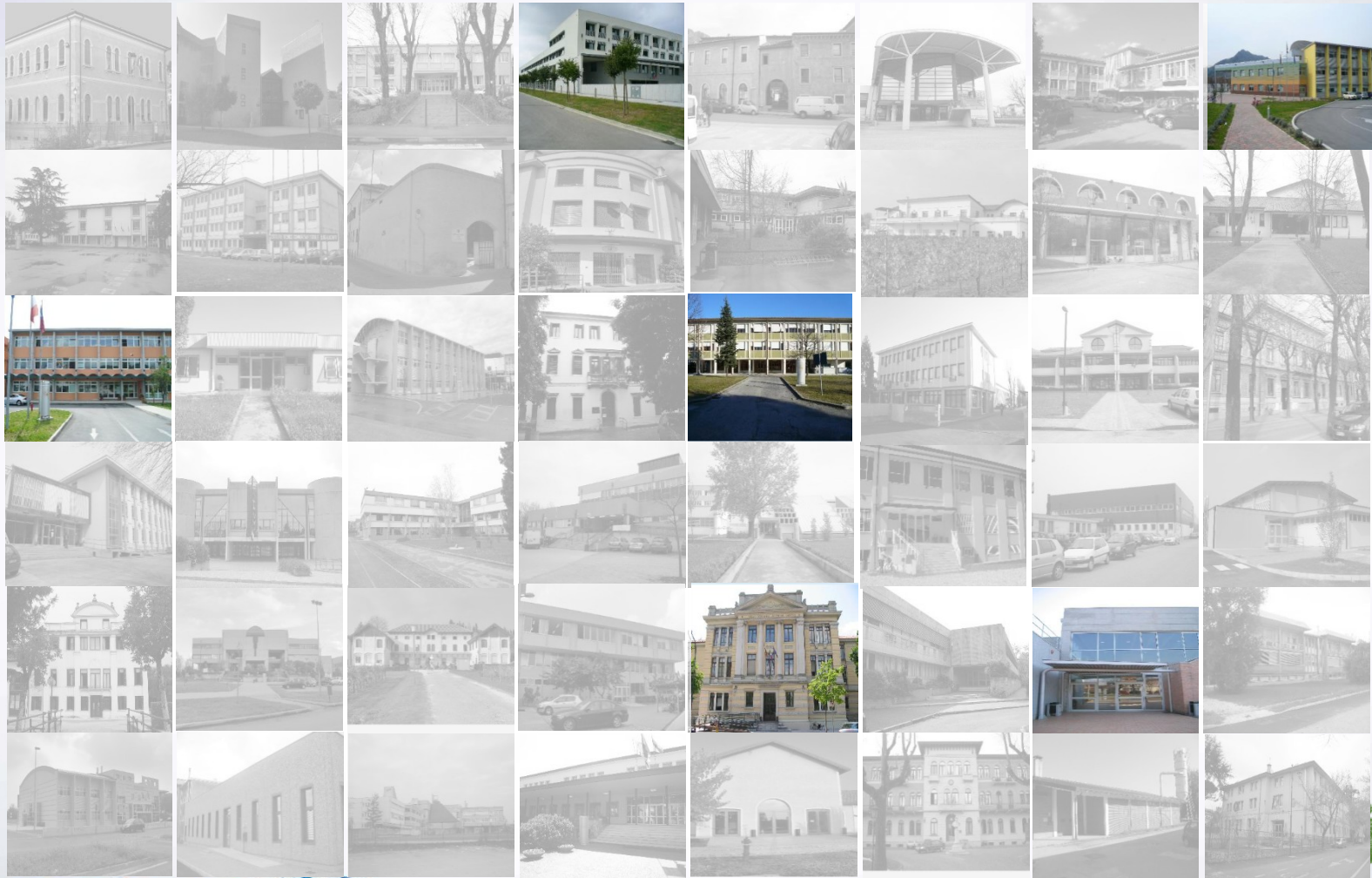


algoritmo di clusterizzazione

# Cluster Analysis



# Gli edifici più significativi



**Interreg**  
Mediterranean



EUROPEAN UNION



EduFootprint

Project co-financed by the European  
Regional Development Fund



# Indagini in loco



Condotte al fine di :

- Verificare i dati delle diagnosi energetiche
- Rilevare, tramite interviste, la gestione delle aperture di porte e finestre, la chiusura delle schermature, l'accensione delle luci
- Posizionare i data logger e rilevare le grandezze ambientali istantanee
- Distribuire i questionari

Interreg  
Mediterranean



EduFootprint

Project co-financed by the European  
Regional Development Fund



# Monitoraggio delle condizioni interne



Misura in continuo di temperatura e umidità dell'aria mediante data logger da installare in una zona della scuola



Misure di breve durata (qualche ora) dei parametri fisici correlati al benessere termoigrometrico e luminoso (temperatura dell'aria, umidità dell'aria, velocità dell'aria, temperatura media radiante, illuminamento)



Indagine sulla reazione soggettiva degli occupanti alle condizioni ambientali tramite questionario



Interreg  
Mediterranean



EduFootprint

Project co-financed by the European  
Regional Development Fund







Sono stati distribuiti 2 questionari:

1- contestualmente alle misure dei parametri fisici correlati al comfort termico e luminoso

2- questionario di lungo periodo distribuito a tutti gli studenti e utenti della scuola (probabilmente da compilarsi due volte in un anno scolastico)

Interreg  
Mediterranean



EduFootprint

Project co-financed by the European  
Regional Development Fund



# Un caso studio: l'istituto da Collo



1985



1,150  
14-18 età



4 piani  
12,605 m<sup>2</sup>  
50,845 m<sup>3</sup>  
0.35 m<sup>-1</sup>



2,074 m<sup>2</sup>



Interreg  
Mediterranean



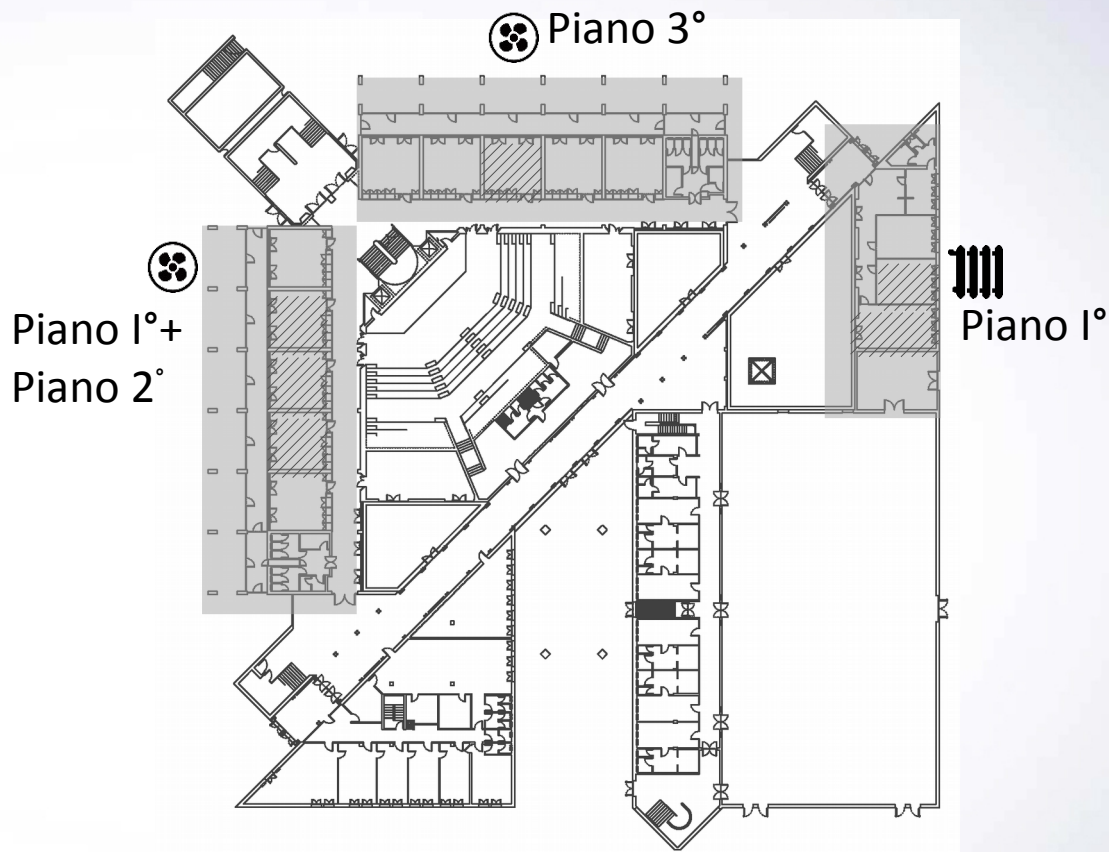
EduFootprint

Project co-financed by the European  
Regional Development Fund



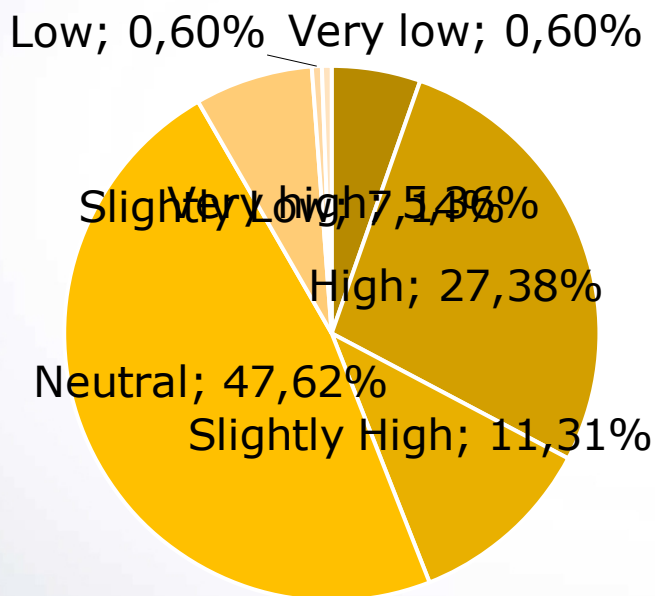


- 7 classi rappresentative (EN 15251)
- 168 studenti
- Indagini durante le ore di lezione
  
- periodo Dicembre 2016 - Febbraio 2018
  
- **Periodo invernale**
- **Riscaldamento: ON**

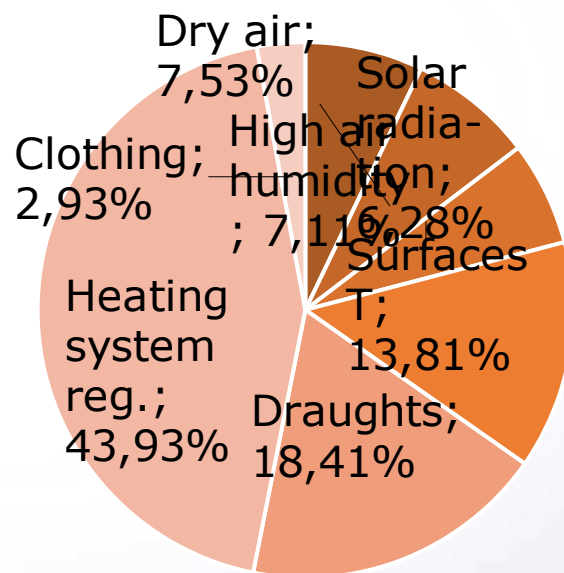




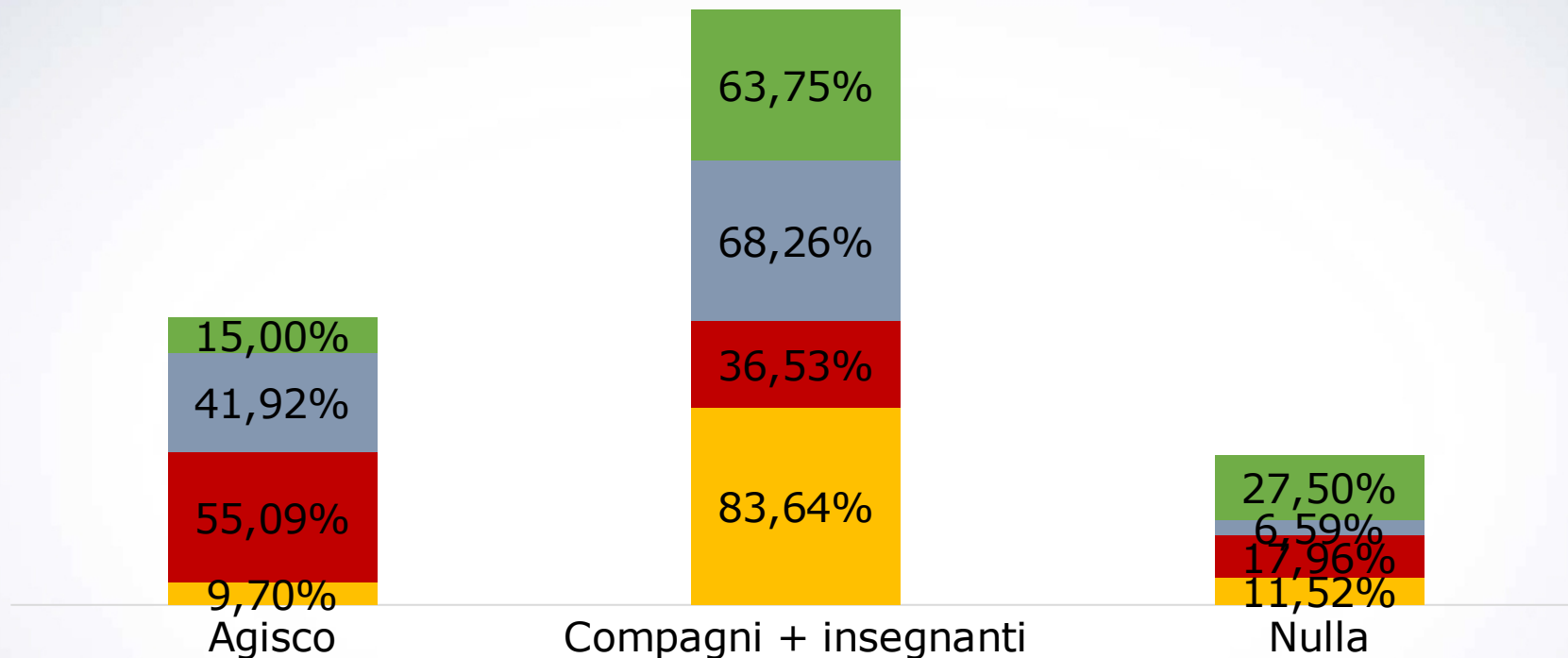
*Come percepisci il livello di illuminamento in questo momento?*



*Quale pensi sia la causa del discomfort termico?*



# Comportamento degli studenti in caso di discomfort



■ Visivo ■ Termico ■ Qualità dell'aria ■ Acustico

Interreg  
Mediterranean



EduFootprint

Project co-financed by the European  
Regional Development Fund



# Grazie per l'attenzione

## Contatti:

Francesca Cappelletti

Lorenza Pistore

Piercarlo Romagnoni

Università IUAV di Venezia

041 257 1293

[pierca@iuav.it](mailto:pierca@iuav.it)

**Interreg**  
Mediterranean



EduFootprint

Project co-financed by the European  
Regional Development Fund

