



# Sviluppo di strumenti partecipativi per la valutazione del rischio climatico sulla salute: il caso studio di Torino nel progetto Horizon Europe SDGs-EYES.

Nicolás Zengarini<sup>(a)</sup>, Elena Strippoli<sup>(a)</sup>, Marta Ellena<sup>(c)</sup>, Giulia Melis<sup>(b)</sup>, Mattia Scalas<sup>(c)</sup>, Alessandro Pugliese<sup>(c)</sup>, Eduardo Di Gangi<sup>(b)</sup>, Alfredo Reder<sup>(c)</sup>, Giuliana Barbato<sup>(c)</sup>, Giuseppe Costa<sup>(d)</sup>, Teresa Spadea<sup>(a)</sup>, Paola Mercogliano<sup>(c)</sup>

<sup>(a)</sup>Servizio Sovrazonale di Epidemiologia ASL TO3

<sup>(b)</sup>LINKS Foundation – Leading Innovation & Knowledge for Society - Torino

<sup>(c)</sup>Fondazione CMCC - Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici

<sup>(d)</sup>Università degli Studi di Torino



# Il Progetto Horizon Europe SDGs-EYES



Un progetto europeo per potenziare il monitoraggio degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG)

➡ Usa i dati disponibili dal programma **Copernicus** per creare strumenti decisionali a supporto di indicatori ambientali SDG.

**Obiettivi principali:**

- Migliorare l'**accesso** e l'**usabilità** delle informazioni da osservazione della Terra **Copernicus**
- Aumentare l'**accuratezza** degli indicatori ambientali SDG
- **Supportare** le decisioni di stakeholder e cittadini con dati migliori
- Il progetto testa l'uso avanzato di **6 indicatori ambientali SDG** in aree pilota europee, **tra cui Torino**

# Obiettivi del caso studio di Torino

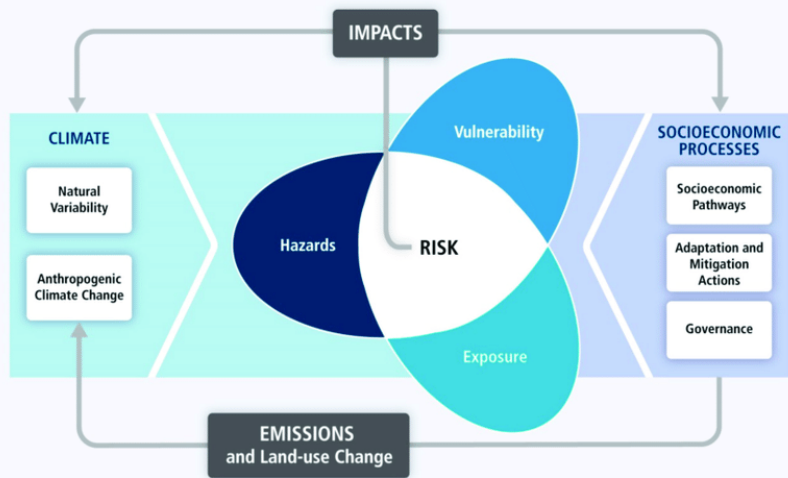
## **Obiettivo: valutare il rischio climatico per la pop. anziana a Torino**

Usiamo un approccio riconosciuto a livello internazionale (IPCC) per:

1. **Mappare il rischio caldo-salute** a livello di micro-area (sezione di censimento)
2. **Identificare le zone prioritarie** per interventi mirati
3. **Fornire uno strumento operativo** agli stakeholder e decisori locali, con informazione dettagliata sui fattori che determinano il rischio: **esposizione, vulnerabilità e caratteristiche del contesto.**

# Framework IPCC del rischio climatico

**Rischio** = Pericolo × Esposizione × Vulnerabilità

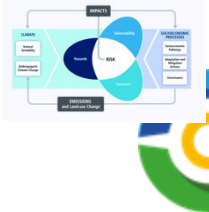


- **Pericolo**: eventi climatici estremi (es. ondate di calore) → indicatori di pericolo climatico elaborati in **SDGs-EYES** 🌟
- **Esposizione**: chi e/o cosa si trova nelle aree a rischio → Popolazione **over 65** 🧓
- **Vulnerabilità**: quanto una pop. è fragile o impreparata → fattori **demografici, socioeconomici, sanitari e ambientali** 📊



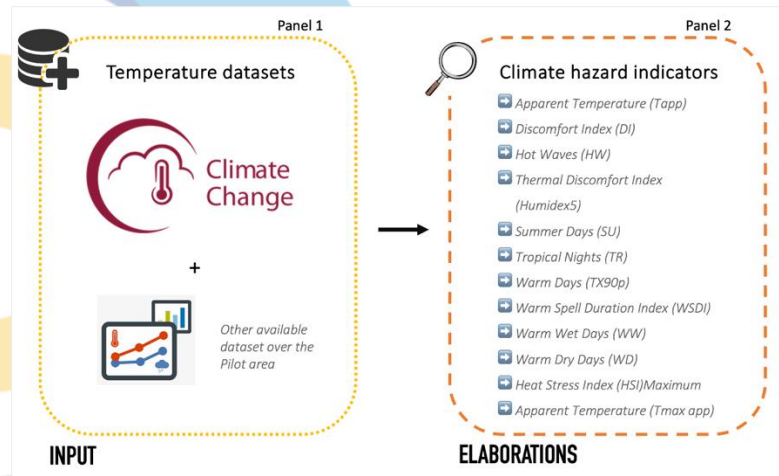
**Valutazione del rischio:**

Combinazione dei tre componenti → **Mappa di rischio climatico per micro-area**



# Indicatori di Pericolo e Vulnerabilità

## ★ Indicatori di pericolo (H)



➡ **Periodo analizzato nel caso studio: 1991–2020**

Nicolás Zengarini

## 📊 Indicatori di Vulnerabilità

DIMENSIONE INDICATORE	INDICATORE
DEMOGRAFICI	Genere DONNE Età: popolazione > 85 anni
SOCIOECONOMICI	Istruzione bassa Persone sole Affollamento abitativo Stranieri con più di 65 anni
SALUTE	% di cardiopatia ischemica % di vasculopatie cerebrali % di scompenso cardiaco % di diabete % (BPCO) % di demenza e Alzheimer % di malattie renali croniche % di persone con almeno 1 patologia % di persone con più di una patologia
DI CONTESTO AMPLIFICATORI DEL RISCHIO	Edifici residenziali in pessimo stato Densità edilizia (del costruito) Densità abitativa (per area di residenza) Lontananza da corsi d'acqua PM 2,5, microgrammi per metro cubo PM 10, microgrammi per metro cubo di aria NO2, microgrammi per metro cubo di aria Ozono Troposferico (O3)
DI CONTESTO FACILITATORI DELL'ADATTAMENTO	% di superficie verde Prossimità presidi socioassistenziali Prossimità "rifugi climatici"

26 indicatori chiave della relazione tra temperature estreme e salute

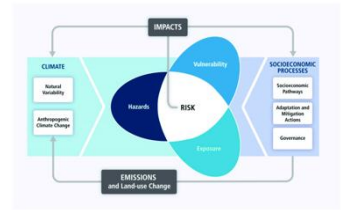
- ◆ Basati sulla ricerca scientifica più recente
- ◆ Suddivisi in 5 categorie:

- **Demografici**
- **Socioeconomici**
- **Di salute**
- **Amplificatori del rischio**
- **Facilitatori dell'adattamento**



**Esposizione (E):**  
Popolazione over 65

# Metodologia di calcolo



## Step della metodologia:

### 1. Raccolta dati per indicatori di:

- Pericolo (H)
- Esposizione (E)
- Vulnerabilità (V)

### → Livello: sezione di censimento

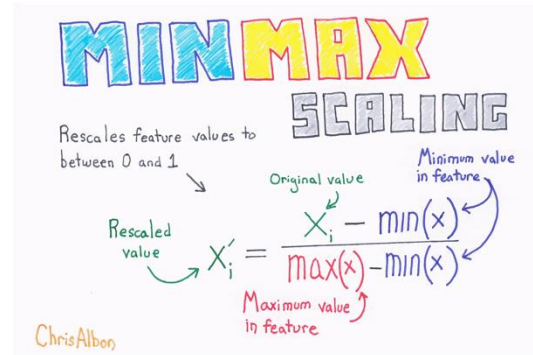
### 2. Standardizzazione (min-max normalization):

Tutti gli indicatori trasformati su scala **0-1**

$x' = (xi - xmin) / (xmax - xmin)$  ✚ Permette confronto e aggregazione omogenea

### 3. Aggregazione lineare e calcolo finale del rischio: $R = H \times E \times V$

📌 Il risultato è un **indice composito di rischio climatico** per micro-area, comparabile e cartografabile.



# Mappatura del Rischio – *risk assesment tool*



## Interfaccia dell'applicativo:

La **mappa interattiva del rischio** mostra la distribuzione spaziale del nesso caldo-salute a livello di micro-area di residenza.

- ◆ In alto a sinistra è possibile **selezionare l'indicatore di Hazard** tra quelli disponibili.
- ◆ In alto a destra si possono **attivare i confini amministrativi** di interesse (quartieri, circoscrizioni, distretti sanitari) e **scegliere quale mappa visualizzare:** rischio, esposizione, hazard o vulnerabilità.

- **Assegnazione dei pesi uniforme e non basata su evidenze.**
- **Rischio di sovra/sottovalutazione di alcuni indicatori.**
- **Necessità di un metodo empirico per una valutazione più accurata.**

- Passando il cursore su una sezione di censimento, compare a destra una **scheda informativa dettagliata** sui fattori e le dimensioni di vulnerabilità che determinano il rischio.



# Criteri di pesatura: metodologia



Science of the Total Environment 799 (2021) 149417



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)



## Approaches for identifying heat-vulnerable populations and locations: A systematic review

Wenwen Cheng <sup>a,\*</sup>, Dongying Li <sup>b</sup>, Zhixin Liu <sup>c</sup>, Robert D. Brown <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Gibbs College of Architecture, The University of Oklahoma, OK, USA

<sup>b</sup> Department of Landscape Architecture and Urban Planning, Texas A&M University, TX, USA

<sup>c</sup> Institute of Future Cities, The Chinese University of Hong Kong, New Territories, Hong Kong, China

<sup>d</sup> Department of Landscape Architecture and Urban Planning, Texas A&M University, College Station, TX, USA



### HIGHLIGHTS

- Review indicator selection, weighting method, and validation of heat vulnerability and risk models and indices (HV/R) using PRISMA framework.
- Lack of consistency in theory interpretation and indicator selections
- Both explicit and statistical weighting methods used in constructing HV/Rs have biases.
- No standard criteria to state the efficiency of assessing or predicting heat vulnerability.
- HV/R need to include relevant and accurately measured indicators, select rational weighting methods and conduct model validation.

### GRAPHICAL ABSTRACT

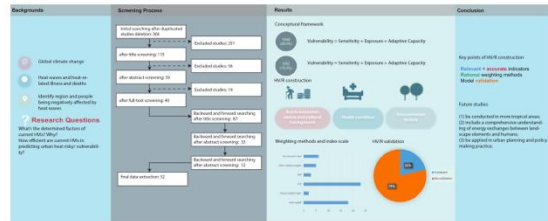
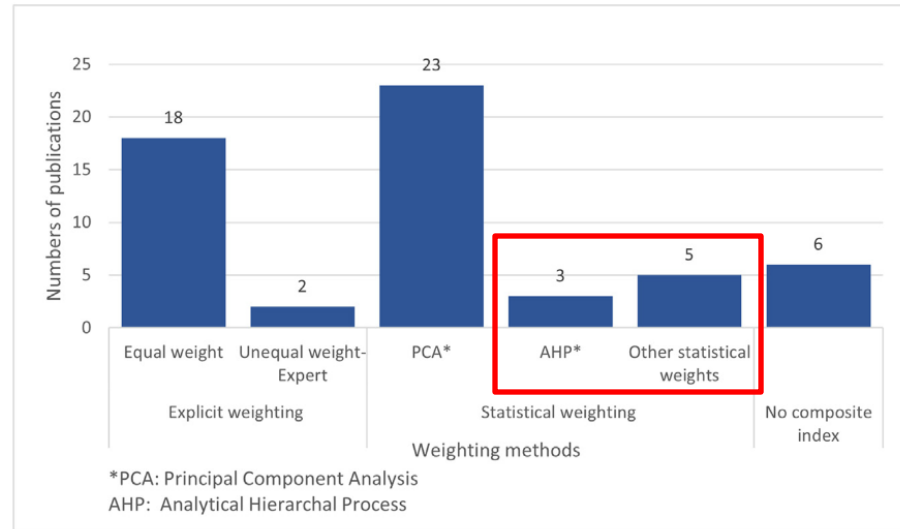


Fig. 6. Weighting methods for composite index creation.

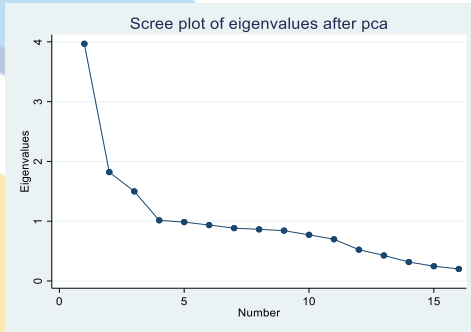


Mentre la PCA considera solo la correlazione tra i diversi indicatori/componenti e non l'effetto sulla salute ragionando esclusivamente in termini statistici, **l'AHP e l'analisi statistica offrono un quadro più completo.**



# Analisi statistiche

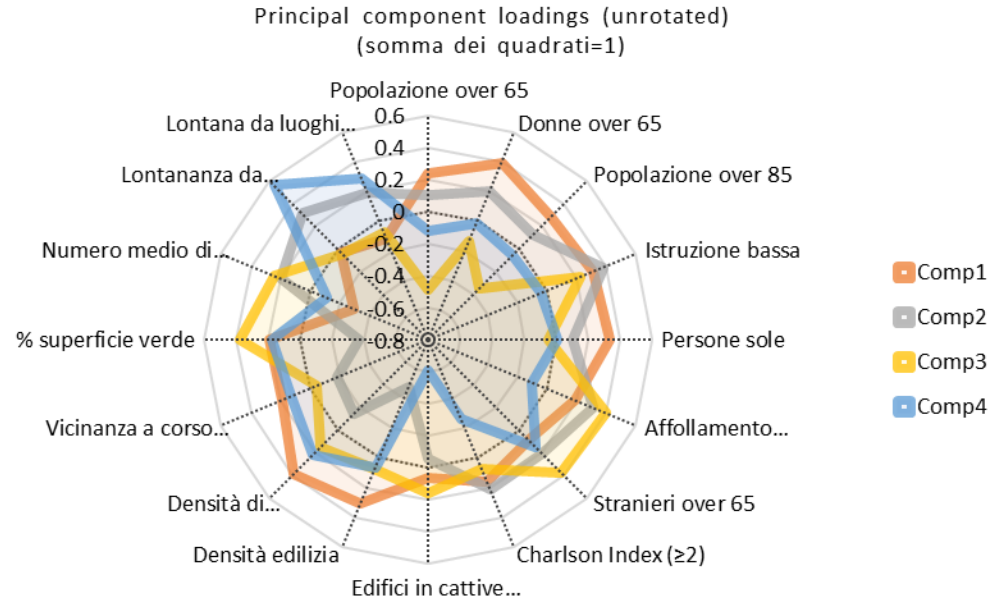
## PCA



- 4 componenti secondo scree-plot e regola di Kaiser (solo autovalori >1)
- Però spiegano circa il 51% della varianza. Per arrivare al 70-80% sarebbero necessarie 8 componenti
- La prima componente spiega il 24% della varianza

### Correlazione tra componenti e fattori

	comp1	comp2	comp3	comp4
Popolazione over 65	0.4835	0.1422	-0.5953	-0.1246
Donne over 65	0.7908	0.2713	-0.16	-0.0122
Popolazione over 85	0.5604	0.1655	-0.4302	-0.0525
Istruzione bassa	0.6173	0.5116	0.2757	-0.037
Persone sole	0.6617	0.1362	-0.0632	0.0074
Affollamento abitativo	0.382	0.4237	0.4888	-0.0991
Stranieri over 65	0.1689	0.2727	0.4602	0.1469
Avere più di una patologia cronica	0.32	0.2826	0.086	-0.2662
Edifici in cattive condizioni	0.1335	-0.0704	0.1957	-0.6111
Densità edilizia	0.6112	-0.6453	0.0926	0.0667
Densità di popolazione	0.7789	-0.1873	0.1822	0.2171
Vicinanza a corso d'acqua	0.3716	-0.2473	-0.0512	0.1312
% superficie verde	0.3921	-0.4951	0.4627	0.1815
Numero medio di piani	-0.595	0.2676	0.2962	-0.1125
Lontananza da presidi SS	-0.0599	0.427	-0.0478	0.5668
Lontana da luoghi freschi	-0.2274	0.2627	-0.0944	0.2891



# Pesatura degli indicatori di Vulnerabilità (V)



## **Metodologia Proposta:**



**Semplificazione dell'*Analytic Hierarchy Process* (AHP):**  
Pesi assegnati aggregando giudizi di esperti e stakeholders (survey)

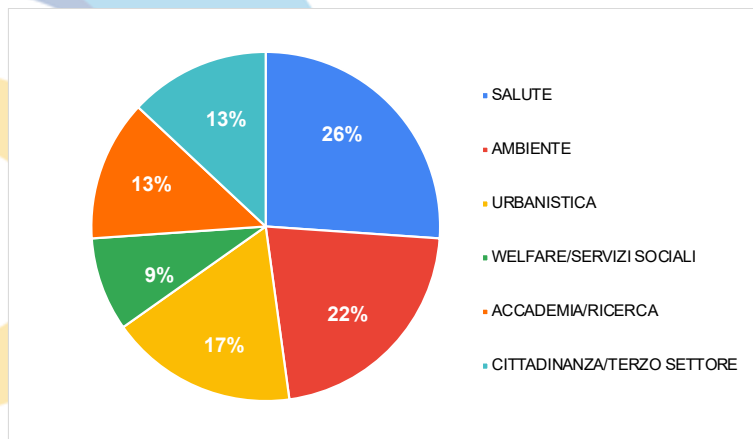


**Validazione:**  
Confronto con analisi statistico-epidemiologica su dati locali

# Indagine SDG-EYES: Rischi climatici sulla salute



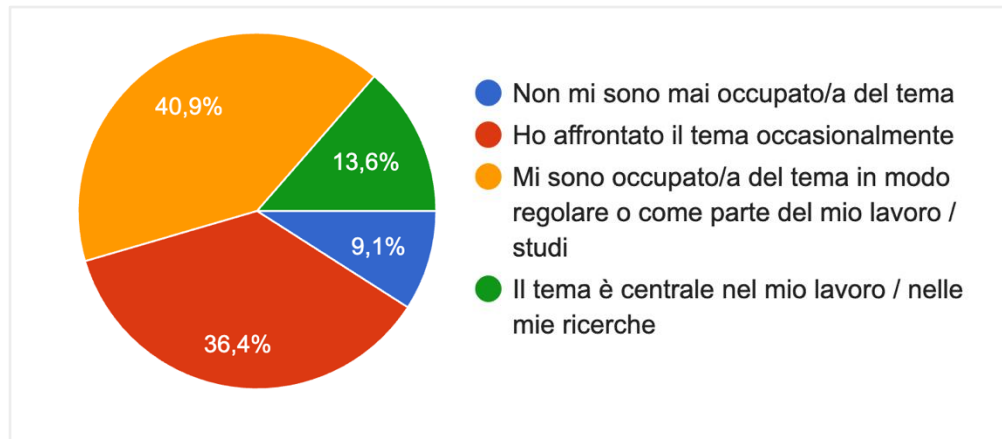
All'indagine sono stati invitati a partecipare **circa 35 stakeholder**, con un **tasso di risposta del 65% (23 partecipanti)**.



## Settore di appartenenza degli intervistati

- ◆ Forte coinvolgimento di professionisti direttamente legati al tema
- ◆ Buona partecipazione di altri ambiti rilevanti

➡ **Il panel riflette diversità di prospettive e competenze.**



## Esperienza degli intervistati

- ◆ **54,5%** affronta il tema regolarmente o in modo centrale nel proprio lavoro
- ◆ **36,4%** se ne occupa occasionalmente
- ◆ **9,1%** non lo ha mai trattato

➡ **Il panel è composto principalmente da esperti**

# Indagine SDG-EYES: Rischi climatici sulla salute



«In che misura considera rilevante questi indicatori (ognuno) nella valutazione dell'impatto del **rischio climatico (temperature estreme)** sulla salute della popolazione maggiore di 65 anni nella città di Torino?»

Per ognuno dei 26 indicatori è stato richiesto di assegnare un valore di rilevanza da 1 (bassa) a 10 (alta).

...per il calcolo **dei pesi normalizzati**, si sommano i punteggi assegnati a ciascun indicatore dagli stakeholder e **si divide ogni somma per il totale complessivo**.

Indicatore	Stakeholder 1	Stakeholder 2	Stakeholder 3	Somma	Peso Normalizzato
Prevalenza di cardiopatia ischemica	8	7	9	24	24/90=0.27
Prevalenza di vasculopatie cerebrali	6	6	7	19	19/90=0.21
Presenza di scompenso cardiaco	7	6	8	21	21/90=0.23
prevalenza di diabete	5	5	6	16	16/90=0.18
prevalenza di BPCO	4	3	3	10	10/90=0.11
<b>Somma 24+19+21+16+10=90</b>				<b>90</b>	

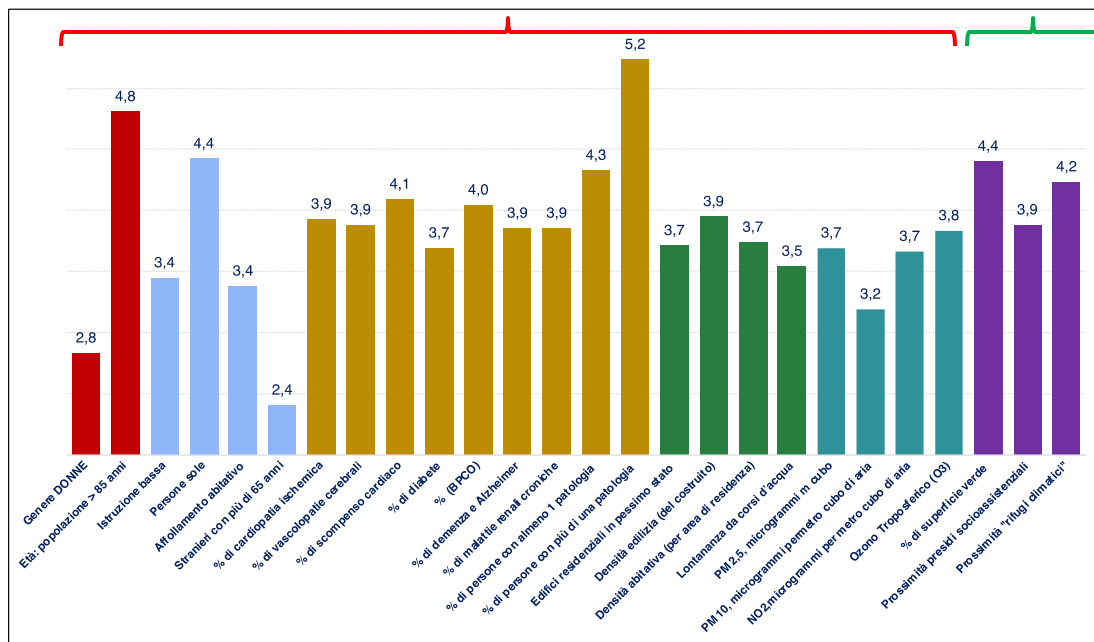
DIMENSIONE INDICATORE	INDICATORE
DEMGRAFICI	Genere DONNE Età: popolazione > 85 anni
SOCIOECONOMICI	Istruzione bassa Persone sole Affollamento abitativo Stranieri con più di 65 anni
SALUTE	% di cardiopatia ischemica % di vasculopatie cerebrali % di scompenso cardiaco % di diabete % (BPCO) % di demenza e Alzheimer % di malattie renali croniche % di persone con almeno 1 patologia % di persone con più di una patologia
DI CONTESTO AMPLIFICATORI DEL RISCHIO	Edifici residenziali in pessimo stato Densità edilizia (del costruito) Densità abitativa (per area di residenza) Lontananza da corsi d'acqua PM 2,5, microgrammi per metro cubo PM 10, microgrammi per metro cubo di aria NO2, microgrammi per metro cubo di aria Ozono Troposferico (O3)
DI CONTESTO FACILITATORI DELL'ADATTAMENTO	% di superficie verde Prossimità presidi socioassistenziali Prossimità "rifugi climatici"

# Risultati 1 - Indagine



Pesi risultanti sulla totalità degli indicatori sottoposti a valutazione tramite la survey, raggruppati per dimensione.

DIMENSIONE INDICATORE	INDICATORE	PESO	
DEMGRAFICI	Genere DONNE	2,8	
	Età: popolazione > 85 anni	4,8	
SOCIOECONOMICI	Istruzione bassa	3,4	
	Persone sole	4,4	
	Affollamento abitativo	3,4	
	Stranieri con più di 65 anni	2,4	
SALUTE	% di cardiopatia ischemica	3,9	
	% di vasculopatie cerebrali	3,9	
	% di scompenso cardiaco	4,1	
	% di diabete	3,7	
	% (BPCO)	4,0	
	% di demenza e Alzheimer	3,9	
	% di malattie renali croniche	3,9	
	% di persone con almeno 1 patologia	4,3	
	% di persone con più di una patologia	5,2	
	DI CONTESTO AMPLIFICATORI DEL RISCHIO	Edifici residenziali in pessimo stato	3,7
Densità edilizia (del costruito)		3,9	
Densità abitativa (per area di residenza)		3,7	
Lontananza da corsi d'acqua		3,5	
PM 2,5, microgrammi per metro cubo		3,7	
PM 10, microgrammi per metro cubo di aria		3,2	
NO2, microgrammi per metro cubo di aria		3,7	
Ozono Troposferico (O3)		3,8	
DI CONTESTO FACILITATORI DELL'ADATTAMENTO		% di superficie verde	4,4
		Prossimità presidi socioassistenziali	3,9
	Prossimità "rifugi climatici"	4,2	





# Analisi epidemiologiche dei dati locali disponibili

**Disegno:** Studio di coorte sulla mortalità estiva in relazione a stress climatico e fattori di vulnerabilità individuali e di contesto considerati.



## Variabili considerate

**Fonte dati:** Studio Longitudinale Torinese (SLT)

### Popolazione in studio:

- Residenti a Torino al censimento 2011
- Età ≥ 65 anni
- Esclusi: senzatetto e convivenze

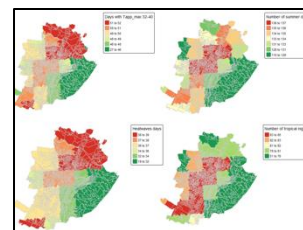
### 31 Follow-up:

Dal censimento fino al **31/12/2019**

### Outcome di salute:

- **Mortalità per cause naturali** (ICD-9: 000–799 | ICD-10: A00–R00)
- Periodo estivo: **15 maggio – 15 settembre**
- I decessi **fuori dal periodo estivo** sono **censurati**  
→ contribuiscono al tempo a rischio, ma non al conteggio dei casi

	INDICATORE	SOURCE	LIVELLO DI DETTAGLIO	CLASSI
DEMOGRAFICI	Donna con più di 65 anni	Anagrafe	Individuale	1= femmine
	Popolazione con più di 85 anni	Anagrafe	Individuale	Età in classi quinquennali (variable time-varying)
SOCIOECONOMICI	Stato di bassa istruzione	Censimento	Individuale	1= istruzione o meno
	Bersone sole	Censimento	Individuale	1= soggetti che vivono in nuclei personali e non in convivenza
SALUTE	Ripulimento abitato	Censimento	Individuale	1= abitato
	Residenti con più di 65 anni provenienti da paesi a forte pressione migratoria	Anagrafe	Individuale	1= PPM
DI CONTESTO AMPLIFICATORI DEL RISCHIO	Almeno una patologia cronica	SDO-SLT (1996-censimento)	Individuale	Charlson Index (CI): Myocardial Infarction, Congestive Heart Failure, Peripheral Vascular Disease, Cerebrovascular Disease, Dementia, Chronic Pulmonary Disease, Connective Tissue Disease-Rheumatic Disease, Peptic Ulcer Disease, Mild Liver Disease, Diabetes without complications, Diabetes with complications, Paraplegia and Hemiplegia, Renal Disease, Cancer, Moderate or Severe Liver Disease, Metastatic Carcinoma, AIDS/HIV
	Più di una patologia cronica	SDO-SLT (1996-censimento)	Individuale	
DI CONTESTO FACILITATORI DELL'ADATTAMENTO	Edifici residenziali in pessimo stato di conservazione	ISTAT (2011)	Sezione di censimento	0-1%, 1-3%, >3%
	Densità edilizia	CTC (2019)	Sezione di censimento	Terzili 0.0-4.2%, 4.2-8.0%, 8.0-15.8%
	Densità di popolazione	ISTAT (2011)	Sezione di censimento	Terzili 0.09-0.017, 0.018-0.029, 0.029-0.067
	Lontananza da corsi d'acqua	CTC (2019)	Sezione di censimento	1= sezione di censimento vicina a corso d'acqua
DI CONTESTO FACILITATORI DELL'ADATTAMENTO	PM 2.5, µg/m³	ARPA-Piemonte	indirizzo di residenza	Modello LUR: <25, 25-26.5, >26.5
	PM 10, µg/m³	ARPA-Piemonte	indirizzo di residenza	Modello LUR
	NO2 µg/m³	ARPA-Piemonte	indirizzo di residenza	Modello LUR
	Ozono Troposferico (O3) µg/m³	BEEP	Griglia 1kmx1km	O3 estivo (aprile-settembre), Terzili:
DI CONTESTO FACILITATORI DELL'ADATTAMENTO	Percentuale di superficie verde	Copernicus (2019)	Sezione di censimento	Terzili: 16.8-93.8%, 6.4-16.8%, 0.0-6.4%
	Numero medio di piani degli edifici	GCT (2021)	Sezione di censimento	Terzili: 4-11, 3-4, 0-2
	Prossimità rispetto a presidi socioassistenziali	GCT (2021)	Sezione di censimento	1= sezione LONTANA da presidi SS
DI CONTESTO FACILITATORI DELL'ADATTAMENTO	Prossimità a cool places	GCT (2021)	Sezione di censimento	1= sezione LONTANA da luoghi freschi



Temperature max. app  
Summer days  
Notti Tropicali  
Ondate di calore

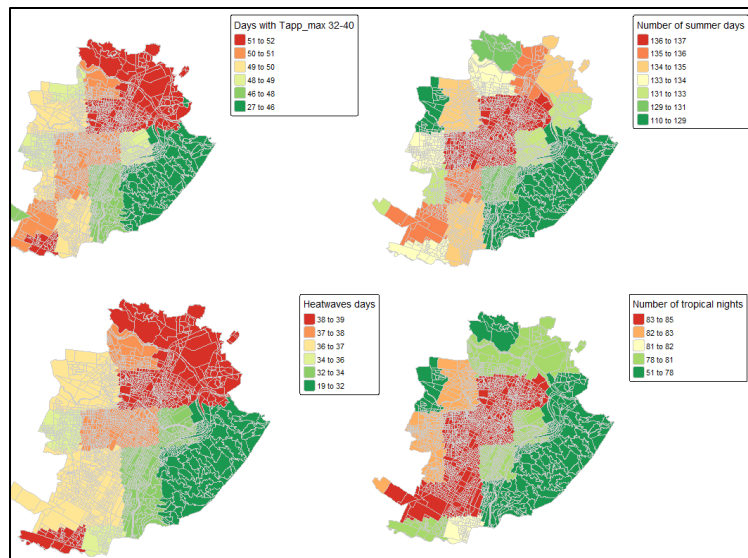
# Variabili considerate



**Vulnerabilità:** sono stati selezionati gli indicatori individuali e di contesto presenti in **SLT** che meglio rappresentano le variabili trattate nell'intervista.

**Esposizione ambientale:** indicatori di rischio climatico SDGs-EYES validati per il contesto torinese.

	INDICATORE	FONTE	LIVELLO DI DETTAGLIO	CLASSI
DEMOGRAFICI	Donne con più di 65 anni	Anagrafe	Individuale	1=femmine
	Popolazione con più di 85 anni	Anagrafe	Individuale	Età in classi quinquennali (variabile time-varying).
SOCIOECONOMICI	Tasso di bassa istruzione	Censimento	Individuale	1=Elementare o meno
	Persone sole	Censimento	Individuale	1=soggetti che vivono in nuclei unipersonali e non in convivenza
	Affollamento abitativo	Censimento	Individuale	1=affollato
SALUTE	Stranieri con più di 65 anni provenienti da paesi a forte pressione migratoria	Anagrafe	Individuale	1=PFPM
	Almeno una patologia cronica	SDO-SLT (1996-censimento)	Individuale	Charlson Index (CI): Myocardial Infarction, Congestive Heart Failure, Peripheral vascular disease, Cerebrovascular Disease, Dementia, Chronic Pulmonary Disease, Connective Tissue Disease-Rheumatic Disease, Peptic Ulcer Disease, Mild Liver Disease, Diabetes without complications, Diabetes with complications, Paraplegia and Hemiplegia , Renal Disease, Cancer, Moderate or Severe Liver Disease, Metastatic Carcinoma,AIDS/HIV
Più di una patologia cronica				
DI CONTESTO AMPLIFICATORI DEL RISCHIO	Edifici residenziali in pessimo stato di conservazione	ISTAT (2011)	Sezione di censimento	0-1%, 1-3%, ≥3%
	Densità edilizia	CTC (2019)	Sezione di censimento	Terzili: 0.0-4.2%, 4.2-6.4%, 6.4-15.8%
	Densità di popolazione	ISTAT (2011)	Sezione di censimento	Terzili: 0.000-0.017, 0.018-0.028, 0.029-0.067
	Lontananza da corsi d'acqua	CTC (2019)	Sezione di censimento	1= sezione di censimento vicina a corso d'acqua
	PM 2,5, µm <sup>3</sup>	ARPA-Piemonte	indirizzo di residenza	Modello LUR. <25, 25-26.5, ≥26.5
DI CONTESTO FACILITATORI DELL'ADATTAMENTO	PM 10, µm <sup>3</sup>	ARPA-Piemonte	indirizzo di residenza	Modello LUR
	NO2 µm <sup>3</sup>	ARPA-Piemonte	indirizzo di residenza	Modello LUR
	Ozono Troposferico (O3) µm <sup>3</sup>	BEEP	Griglia 1kmX1km	O3 estivo (aprile-settembre). Terzili:
	Percentuale di superficie verde	Copernicus (2019)	Sezione di censimento	Terzili: 16.8-93.8%, 6.4-16.8%, 0.0-6.4%
DI CONTESTO FACILITATORI DELL'ADATTAMENTO	Numero medio di piani degli edifici		Sezione di censimento	Terzili:4-11, 3-4, 0-2
	Prossimità rispetto a presidi socioassistenziali	GCT (2021)	Sezione di censimento	1= sezione LONTANA da presidi SS
	Proximity to cool places	GCT (2021)	Sezione di censimento	1=sezione LONTANA da luoghi freschi



# Esposizione ambientale



Periodo 1991-2020. Griglia VHR-REA\_I  $\approx 2.2$  km

Nome variabile	Definizione	Percentili										
		Min	p10	p20	p30	p40	p50	p60	p70	p80	p90	Max
<b>Maximum Apparent Temperature (Tappmax)</b>	Number of days with daily Tapp and maximum Tapp between 32-40°C (extreme caution threshold according to ARPA Piemonte)	27	46	48	49	49	50	50	50	51	51	52
<b>Summer Days (Su)</b>	Number of days with daily maximum temperature greater than 25°C.	110	129	131	133	134	134	135	136	136	136	137
<b>Hot waves (Hw)</b>	Number of days with daily maximum temperature greater than 35°C	19	32	34	36	36	36	36	37	38	39	39
<b>Tropical Nights (Tr)</b>	Number of days with daily minimum temperature greater than 20°C.	51	78	78	81	82	83	83	85	85	85	85

## Testate diverse soglie

Nome variabile	Analisi 1	Analisi 2	Analisi 3
<b>Maximum Apparent Temperature (Tappmax)</b>	≥ 50 days (50° pct)	≥ 51 days (80° pct)	≥ 52 days (95° pct)
<b>Summer Days (Su)</b>	≥ 135 days (60° pct)	≥ 136 days (70° pct)	≥ 137 days (95° pct)
<b>Hot waves (Hw)</b>	≥ 37 days (70° pct)	≥ 38 days (80° pct)	≥ 39 days (90° pct)
<b>Tropical Nights (Tr)</b>	≥ 83 days (50° pct)	≥ 85 days (70° pct)	≥ 85 days (70° pct)
<b>Composito</b>	Superamento di almeno una soglia	Superamento di almeno una soglia	Superamento di almeno una soglia



# Analisi statistiche



- **Modelli di interazione:** vulnerabilità × stress climatico (una variabile e un indicatore per volta), aggiustati per tutte le covariate.
- **Modelli di Poisson con cluster** (per sezione di censimento) per stimare i MRR:
  - uno alla volta per ciascun fattore di rischio
  - e con tutte le variabili di vulnerabilità considerate insieme
- **Stima dei pesi finali tramite *Population Attributable Fraction (PAF)*** per ciascuna variabile di vulnerabilità

$$AF = \frac{RR - 1}{RR} \longrightarrow \text{Attrib Cases}_{exp} = AF \times I_{exp} \times Pop_{exp} \longrightarrow AF_p = \frac{\text{Attrib Cases}_{exp}}{\text{Cases}_{pop}}$$

# Analisi statistiche



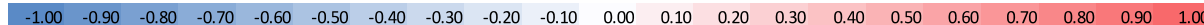
## Correlazione

		Tappmax	Su	Hw	Tr	Donne over 65	Popolazione over 85	Eta in classi	Istruzione bassa	Persone sole	Affollamento abitativo	Stranieri over 65	Charlson Index (≥1)	Charlson Index (≥2)	Charlson Index	Edifici in cattive condizioni	Densità edilizia	Densità di popolazione	Vicinanza a corso d'acqua	PM 2.5	PM10	NO2	O3 estivo	% superficie verde	% superficie verde (pubblico-privato)	area_apert	Numero medio di piani	Lontananza da presidi SS	Lontana da luoghi freschi		
Hazard	Tappmax	1.00																													
	Su	0.89	1.00																												
	Hw	0.96	0.87	1.00																											
	Tr	0.81	0.96	0.76	1.00																										
Demografici	Donne over 65	0.00	0.00	0.00	0.01	1.00																									
	Popolazione over 85	-0.01	0.00	-0.01	0.01	0.09	1.00																								
	Eta in classi	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.10	0.70	1.00																							
Socioeconomici	Istruzione bassa	-0.12	0.08	0.13	0.04	0.14	0.08	0.16	1.00																						
	Persone sole	-0.01	0.01	-0.01	0.01	0.25	0.18	0.23	0.03	1.00																					
	Affollamento abitativo	0.05	0.05	0.05	0.03	-0.05	-0.04	-0.06	0.12	-0.21	1.00																				
	Stranieri over 65	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	-0.02	-0.04	0.01	-0.05	0.14	1.00																			
Salute	Charlson Index (≥1)	0.01	0.00	0.01	0.00	-0.12	0.10	0.17	0.05	0.00	0.01	-0.04	1.00																		
	Charlson Index (≥2)	0.01	0.00	0.01	0.00	-0.11	0.08	0.13	0.03	0.00	0.01	-0.03	0.74	1.00																	
	Charlson Index	0.01	0.00	0.01	0.00	-0.11	0.09	0.14	0.05	0.00	0.01	-0.03	0.75	0.83	1.00																
Contesto amplificatori del rischio	Edifici in cattive condizioni	0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	-0.01	1.00															
	Densità edilizia	0.03	0.15	-0.03	0.25	0.02	0.03	0.03	-0.10	0.06	-0.02	0.00	-0.02	-0.01	-0.02	0.03	1.00														
	Densità di popolazione	0.18	0.24	0.16	0.27	0.02	0.01	0.02	0.05	0.03	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.72	1.00													
	Vicinanza a corso d'acqua	-0.17	-0.25	-0.19	-0.29	0.00	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.05	-0.11	-0.14	1.00												
Qualità dell'aria	PM 2.5	0.42	0.45	0.36	0.47	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.03	0.22	0.17	-0.12	1.00											
	PM10	0.44	0.55	0.42	0.61	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.03	0.37	0.49	-0.34	0.47	1.00										
	NO2	0.21	0.34	0.18	0.42	0.01	0.03	0.02	-0.08	0.05	-0.01	0.00	-0.02	-0.01	-0.02	-0.04	0.41	0.23	-0.19	0.55	0.64	1.00									
	O3 estivo	-0.04	-0.10	-0.03	-0.12	-0.01	-0.03	-0.02	0.07	-0.04	0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.30	-0.07	0.04	-0.07	-0.09	-0.21	1.00								
Facilitatori della capacità di adattamento	% superficie verde	-0.23	-0.32	-0.17	-0.35	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.07	-0.07	-0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	-0.65	-0.54	0.18	-0.34	-0.43	-0.42	0.23	1.00							
	% superficie verde (pub+priv)	-0.16	-0.25	-0.11	-0.27	-0.02	-0.02	-0.02	-0.05	-0.06	-0.08	-0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	-0.65	-0.56	0.15	-0.26	-0.39	-0.35	0.23	0.91	1.00						
	area_apert	-0.05	-0.16	0.00	-0.20	-0.01	-0.03	-0.02	0.00	-0.07	-0.06	-0.03	0.01	0.01	0.01	-0.05	-0.74	-0.50	0.11	-0.17	-0.29	-0.32	0.30	0.81	0.85	1.00					
	Numero medio di piani	0.07	0.09	0.06	0.14	0.00	-0.01	0.00	-0.07	-0.04	-0.07	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.26	0.32	-0.05	0.13	0.18	0.09	0.14	0.13	0.19	0.26	1.00				
	Lontananza da presidi SS	-0.10	-0.10	-0.09	-0.11	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.04	-0.09	-0.06	0.07	-0.12	-0.16	-0.13	0.06	0.11	0.07	0.08	0.01	1.00			
Lontana da luoghi freschi	-0.01	-0.02	0.01	-0.03	0.00	0.00	0.01	0.03	-0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.04	-0.14	0.01	-0.02	-0.05	0.01	-0.05	0.12	0.04	0.06	0.10	-0.04	0.07	1.00		

### Correlazione:

- inquinanti-hazard-aree verdi
- aree verdi-densità edilizia-densità popolazione
- inquinanti-densità edilizia-densità pop
- Aree verdi-aree aperte

Pearson correlation



# Risultati 1 – Analisi epidemiologiche

## Pesi finali sul totale degli indicatori considerati



		Temperatura max. apparente			p int	Summer Days			p int	Ondate di calore			p int	Notti tropicali			p int	Supera almeno un soglia dei 4 ind.			
		PAF	PESO	Peso x categoria		PAF	PESO	Peso x categoria		PAF	PESO	Peso x categoria		PAF	PESO	Peso x categoria		PAF	PESO	Peso x categoria	
<b>Demografici</b>	Donne over 65	0,053	14,3	7,3	25,5	0,225	12,9	7,2	29,7	0,059	14,3	7,3	25,8	0,950	12,4	7,1	30,9	0,361	12,8	7,8	32,1
	Popolazione over 85	0,013	36,0	18,3		0,964	40,3	22,5		0,007	36,0	18,5		0,389	41,4	23,8		0,373	39,8	24,3	
<b>Socioeconomici</b>	Istruzione bassa	0,720	5,3	2,7	46,0	0,076	2,3	1,3	43,5	0,764	5,5	2,8	46,8	0,372	2,6	1,5	39,0	0,638	3,8	2,3	46,7
	Persone sole	0,091	0,7	0,3		0,569	1,1	0,6		0,081	0,6	0,3		0,144	2,6	1,5		0,845	1,7	1,1	
	Affollamento abitativo	0,660	1,5	0,8		0,775	1,1	0,6		0,564	1,6	0,8		0,726	1,2	0,7		0,488	1,2	0,7	
	Stranieri over 65	0,030	83,1	42,2		0,057	73,5	41,0		0,027	83,4	42,8		0,636	61,5	35,3		0,049	69,7	42,5	
<b>Salute</b>	Charlson Index (≥2)	0,175	20,9	10,6	10,6	0,655	18,0	10,0	10,0	0,161	20,9	10,7	10,7	0,537	17,9	10,3	10,3	0,318	19,2	11,7	11,7
<b>Contesto amplificatori del rischio</b>	Edifici in cattive condizioni	0,664	2,5	1,3	6,3	0,814	1,8	1,0	4,0	0,618	2,6	1,3	6,1	0,607	0,1	0,1	2,1	0,743	0,5	0,3	2,2
	Densità di popolazione	0,790	4,5	2,3		0,636	5,3	2,9		0,714	4,6	2,4		0,318	3,6	2,1		0,328	3,1	1,9	
	Lontananza a corso d'acqua	0,408	5,2	2,7		0,926	0,0			0,430	4,7	2,4		0,839	0,0	0,0		0,692	0,0	0,0	
<b>Qualità dell'aria</b>	PM 2.5	0,302	5,2	2,6	3,1	0,971	10,2	5,7	6,6	0,404	4,9	2,5	3,1	0,614	13,2	7,6	8,4	0,357	0,0	0,0	0,5
	O3 estivo	0,474	1,0	0,5		0,582	1,7	1,0		0,463	1,1	0,6		0,699	1,4	0,8		0,990	0,8	0,5	
<b>Facilitatori della capacità di adattamento</b>	% superficie verde	0,405	1,3	0,7	8,5	0,279	2,3	1,3	6,2	0,488	0,0	0,0	7,5	0,274	2,4	1,4	9,4	0,679	1,0	0,6	6,8
	% superficie verde (pubb+priv)	0,052	6,7	3,4		0,911	0,3	0,2		0,073	6,5	3,3		0,060	5,1	3,0		0,786	1,5	0,9	
	Numero medio di piani	0,569	2,6	1,3		0,048	7,1	4,0		0,503	2,0	1,0		0,011	7,8	4,5		0,025	7,2	4,4	
	Lontananza da presidi SS	0,206	2,1	1,0		0,738	1,0	0,6		0,175	2,2	1,1		0,638	0,2	0,1		0,316	1,2	0,8	
	Lontana da luoghi freschi	0,042	4,2	2,1		0,962	0,3	0,2		0,050	3,9	2,0		0,355	0,7	0,4		0,662	0,2	0,1	

- I coefficienti in **verde** indicano variabili il cui peso è basato maggiormente su casi prevenibili.
- Tutti i modelli sono mutuamente aggiustati per tutte le covariate

# Risultati 2 – Analisi epidemiologiche

## Pesi finali al netto di fattori protettivi



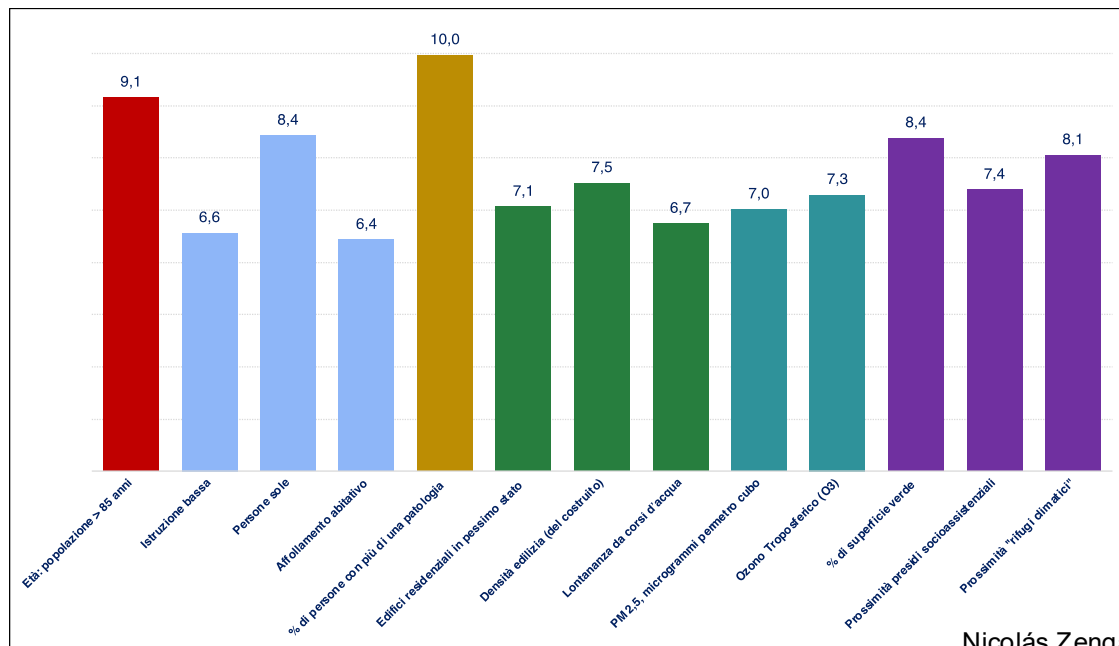
CALCOLO PESI AL NETTO FATTORI PROTETTIVI		Temperatura max. apparente				Summer Days				Ondate di calore				Notti tropicali				Supera almeno un soglia dei 4 ind.			
		p int	PAF	PESO	Peso x categoria	p int	PAF	PESO	Peso x categoria	p int	PAF	PESO	Peso x categoria	p int	PAF	PESO	Peso x categoria	p int	PAF	PESO	Peso x categoria
<b>Demografici</b>	Popolazione over 85	0,013	36,0	<b>39,7</b>	<b>39,7</b>	0,964	40,3	<b>44,7</b>	<b>44,7</b>	0,007	36,0	<b>40,2</b>	<b>40,2</b>	0,389	41,4	<b>42,6</b>	<b>42,6</b>	0,373	39,8	<b>49,6</b>	<b>49,6</b>
<b>Socioeconomici</b>	Istruzione bassa	0,720	5,3	<b>5,9</b>		0,076	2,3	<b>2,5</b>		0,764	5,5	<b>6,1</b>		0,372	2,6	<b>2,7</b>		0,638	3,8	<b>4,7</b>	
	Persone sole	0,091	0,7	<b>0,8</b>	8,3	0,569	1,1	<b>1,3</b>	5,0	0,081	0,6	<b>0,7</b>	8,6	0,144	2,6	<b>2,7</b>	6,6	0,845	1,7	<b>2,2</b>	8,4
	Affollamento abitativo	0,660	1,5	<b>1,7</b>		0,775	1,1	<b>1,2</b>		0,564	1,6	<b>1,8</b>		0,726	1,2	<b>1,2</b>		0,488	1,2	<b>1,5</b>	
<b>Salute</b>	Charlson Index (≥2)	0,175	20,9	<b>23,0</b>	<b>23,0</b>	0,655	18,0	<b>20,0</b>	<b>20,0</b>	0,161	20,9	<b>23,4</b>	<b>23,4</b>	0,537	17,9	<b>18,4</b>	<b>18,4</b>	0,318	19,2	<b>23,9</b>	<b>23,9</b>
<b>Contesto amplificatori del rischio</b>	Edifici in cattive condizioni	0,664	2,5	<b>2,8</b>		0,814	1,8	<b>2,0</b>		0,618	2,6	<b>2,9</b>		0,607	0,1	<b>0,1</b>		0,743	0,5	<b>0,7</b>	
	Densità di popolazione	0,790	4,5	<b>5,0</b>	13,6	0,636	5,3	<b>5,8</b>	7,9	0,714	4,6	<b>5,1</b>	13,3	0,318	3,6	<b>3,7</b>	3,8	0,328	3,1	<b>3,9</b>	4,6
	Lontananza a corso d'acqua	0,408	5,2	<b>5,8</b>		0,926				0,430	4,7	<b>5,2</b>		0,839				0,692			
<b>Qualità dell'aria</b>	PM 2.5	0,302	5,2	<b>5,7</b>		0,971	10,2	<b>11,3</b>		0,404	4,9	<b>5,5</b>		0,614	13,2	<b>13,5</b>		0,357	0,0	<b>0,0</b>	
	O3 estivo	0,474			5,7	0,582	1,7	<b>1,9</b>	13,2	0,463			5,5	0,699	1,4	<b>1,4</b>	15,0	0,990	0,8	<b>1,1</b>	1,1
<b>Facilitatori della capacità di adattamento</b>	% superficie verde (pubb+priv)	0,052				0,911	0,3	<b>0,3</b>		0,073				0,060	5,1	<b>5,3</b>		0,786	1,5	<b>1,9</b>	
	Numero medio di piani	0,569	2,6	<b>2,8</b>		0,048	7,1	<b>7,9</b>		0,503	2,0	<b>2,2</b>		0,011	7,8	<b>8,0</b>		0,025	7,2	<b>9,0</b>	
	Lontananza da presidi SS	0,206	2,1	<b>2,3</b>	9,7	0,738	1,0	<b>1,1</b>	9,3	0,175	2,2	<b>2,4</b>		0,638	0,2	<b>0,2</b>		0,316	1,2	<b>1,5</b>	12,5
	Lontana da luoghi freschi	0,042	4,2	<b>4,6</b>		0,962				0,050	3,9	<b>4,3</b>		0,355				0,662			

# Risultati 2 - Indagine



Pesi assegnati agli indicatori selezionati, definiti sulla base dei *feedback* della survey, di consultazioni successive e delle riflessioni emerse dall'analisi di sensibilità statistica, raggruppati per dimensione.

INDICATORE	PESO
Età: popolazione > 85 anni	9,1
Istruzione bassa	6,6
Persone sole	8,4
Affollamento abitativo	6,4
% di persone con più di una patologia	10,0
Edifici residenziali in pessimo stato	7,1
Densità edilizia (del costruito)	7,5
Lontananza da corsi d'acqua	6,7
PM 2,5, microgrammi per metro cubo	7,0
Ozono Troposferico (O3)	7,3
% di superficie verde	8,4
Prossimità presidi socioassistenziali	7,4
Prossimità "rifugi climatici"	8,1



# Confronto Survey Vs Analisi epidemiologica



## Analisi epidemiologiche

### Survey

INDICATORE	PESO
Età: popolazione > 85 anni	9,1
Istruzione bassa	6,6
Persone sole	8,4
Affollamento abitativo	6,4
% di persone con più di una patologia	10,0
Edifici residenziali in pessimo stato	7,1
Densità edilizia (del costruito)	7,5
Lontananza da corsi d'acqua	6,7
PM 2,5, microgrammi per metro cubo	7,0
Ozono Troposferico (O3)	7,3
% di superficie verde	8,4
Prossimità presidi socioassistenziali	7,4
Prossimità "rifugi climatici"	8,1

Vs

INDICATORE	Analisi epidemiologiche				
	Temperatura max. app.	Summer Days	Ondate di calore	Notti tropicali	Supera almeno un soglia
INDICATORE	PESO	PESO	PESO	PESO	PESO
Età: Popolazione > 85	39,7	44,7	40,2	42,6	49,6
Istruzione bassa	5,9	2,5	6,1	2,7	4,7
Persone sole	0,8	1,3	0,7	2,7	2,2
Affollamento abitativo	1,7	1,2	1,8	1,2	1,5
Charlson Index (≥2)	23,0	20,0	23,4	18,4	23,9
Edifici in cattive condizioni	2,8	2,0	2,9	0,1	0,7
Densità di popolazione	5,0	5,8	5,1	3,7	3,9
Lontananza a corso d'acqua	5,8		5,2		
PM 2.5	5,7	11,3	5,5	13,5	
O3 estivo		1,9		1,4	1,1
% superficie verde		0,3		5,3	1,9
Numero medio di piani	2,8	7,9	2,2	8,0	9,0
Lontananza da presidi SS	2,3	1,1	2,4	0,2	1,5
Lontana da luoghi freschi	4,6		4,3		

# Forza & Limiti

## ✓ Punti di forza

- Identifica le **aree urbane a maggior rischio** durante le ondate di calore
- Fornisce una mappa di rischio **utile per la pianificazione degli interventi**
- **Innovazione metodologica**: pesi agli indicatori basati su analisi statistiche, feedback e consultazioni Multicriteria

## ⚠ Limiti

- **Basato su mortalità** per cause naturali: robusto, ma non coglie esiti intermedi
- Dati climatici più granulari permetterebbero disegni epidemiologici più adatti (**es. time-series, case-crossover**) → utili anche per stimare pesi basati sull'effetto diretto della temperatura



# Conclusione



- L'integrazione di **dati climatici, socio-sanitari e ambientali**, insieme al coinvolgimento degli stakeholder, è un approccio innovativo e replicabile
  - A condizione che esista un'adeguata infrastruttura informativa
  - Il giudizio degli stakeholder è essenziale, ma può variare nei diversi contesti (replicando la survey)



**Il caso di Torino mostra che una metodologia partecipativa può:**

- Favorire la condivisione della base conoscitiva tra attori locali
- Offrire strumenti concreti per orientare l'adattamento climatico e tutelare le popolazioni vulnerabili



Non dimostra un impatto diretto sul processo decisionale, ma **abilita valutazioni del rischio più informate e condivise**



# Nicolás Zengarini

nicolas.zengarini@epi.piemonte.it



The SDGs-EYES project is funded  
by the European Union

Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Health and Digital Executive Agency (HADEA). Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them."