

Costruire la città resiliente.

Innovazione metodologica nella pianificazione urbana: dall'analisi degli impatti dei cambiamenti climatici e delle vulnerabilità territoriali alla sperimentazione progettuale di *Adaptive design*

Maria Vittoria Arnetoli

Università degli Studi di Firenze, Scuola di Architettura
DIDA Dipartimento di Architettura
Email: mariavittoria.arnetoli@unifi.it

Giulia Guerri

Università degli Studi di Firenze, Scuola di Architettura
DIDA Dipartimento di Architettura
Email: giulia.guerri@unifi.it

Abstract

I cambiamenti climatici si ripercuotono sulle città con fenomeni dalla frequenza e intensità sempre maggiori, quali *Urban Heat Island* e *Extreme Rainfall*, con rilevanti impatti sui sistemi ambientali, sociali ed economici.

Nel contesto contemporaneo emerge come sfida prioritaria per l'Urbanistica la gestione del processo di trasformazione resiliente della città, per il quale si richiede di sviluppare un approccio multidisciplinare e interscalare.

Il paper intende descrivere una metodologia finalizzata all'analisi delle vulnerabilità territoriali, declinata su tre livelli di scala – vasta, del distretto e architettonica – e all'applicazione di strategie di rigenerazione adattiva.

A partire dalla definizione di un'area di indagine periferica appartenente alla città metropolitana di Firenze, è stato elaborato un quadro conoscitivo di analisi climatiche e socio-demografiche finalizzato all'individuazione dei distretti omogenei con i maggiori gradi di rischio. In seguito, la sperimentazione progettuale ha definito molteplici scenari di intervento sullo spazio pubblico, applicando soluzioni tecnologiche adattive e confrontandone l'efficacia attraverso strumenti di valutazione preventiva.

Parole chiave: resilience, climate change, urban regeneration.

1 | Introduzione

Gli impatti dei cambiamenti climatici sulle città stanno evolvendo in tutto il mondo, soprattutto nell'ultimo triennio 2015-2018, verso fenomeni dal carattere estremo (WMO, 2019). Gli ultimi report scientifici prevedono che entro il 2050, mantenendo l'attuale livello di emissioni di CO₂, si verificherà un aumento sia delle temperature di almeno 1,5 °C, che dell'intensità e delle frequenze di ondate di calore e inondazioni (IPCC, 2018). In particolare, si rileva per l'Europa meridionale una mancanza di capacità di adattamento e un'elevata vulnerabilità, intesa come la propensione o predisposizione di un sistema ad essere influenzato negativamente (EEA, 2018).

Il paper espone la ricerca sviluppata sul tema dell'adattamento al cambiamento climatico dell'ambiente antropico in due tesi di laurea¹ correlate, condotte in collaborazione con l'Unità Operativa della Scuola di Architettura di Firenze impegnata nel PRIN² “*Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico*”.

2 | Metodologia

Il presente lavoro ha individuato come ambito territoriale di studio una porzione dell'area metropolitana fiorentina comprendente il quartiere Isolotto di Firenze e parte dei Comuni di Scandicci e Lastra a Signa. La scelta dell'inquadramento deriva dalla volontà di indagare un'area con tessuti eterogenei, quali zone industriali, agricole e urbane. Su queste ultime è stata applicata la ricerca, il cui carattere distintivo è dato

¹ Tesi di laurea magistrale di G. Guerri in Pianificazione e progettazione della città e del territorio, relatore Prof. F. Alberti; tesi di laurea magistrale di M. V. Arnetoli in Architettura, relatore Prof. R. Bologna.

² Progetto di Ricerca di Rilevante Interesse Nazionale, nel quale sono coinvolte sei sedi universitarie: Milano, Firenze, Roma, Napoli I, Napoli II e Reggio Calabria. L'Unità di Firenze ha come Coordinatore scientifico il Prof. R. Bologna e come Responsabile della ricerca per gli aspetti urbanistico-territoriali il Prof. F. Alberti.

dall'interscalarità del processo metodologico che ha previsto l'implementazione di tre macrofasi tra loro consequenziali:

- alla scala vasta, l'individuazione delle vulnerabilità socio-climatiche dell'ambito territoriale di studio ha portato a indicare il centro urbano di Scandicci come prioritario di intervento;
- alla scala del distretto, gli approfondimenti sulle interconnessioni tra la morfologia del tessuto e il microclima hanno evidenziato l'asse centrale degli spazi pubblici come particolarmente critico;
- alla scala architettonica, la sperimentazione progettuale sulla piazza centrale dell'asse di Scandicci ha condotto alla costruzione di scenari *ex-post* e alla comparazione dei benefici ottenibili in termini di resilienza rispetto allo stato *ex-ante*.

3 | Individuazione delle vulnerabilità territoriali

La prima macrofase è stata applicata a scala vasta all'area di studio situata a sud-ovest di Firenze, compresa tra il fiume Arno a nord e una fascia pedecollinare a sud (fig.1).



Figura 1 | Inquadramento dell'area di studio.
Fonte: tesi di laurea G. Guerri.

Tale macrofase si è sviluppata secondo due momenti analitici e complementari. Nel primo sono stati prodotti gli elaborati del quadro conoscitivo del territorio secondo i seguenti tematismi: morfologia, geomorfologia, pedologia, uso del suolo, periodizzazione degli insediamenti, funzioni urbane, vincoli sovraordinati alla pianificazione. Il secondo, incentrato sugli aspetti direttamente connessi al cambiamento climatico, ha condotto all'individuazione delle vulnerabilità territoriali attraverso la raccolta dei dati e l'elaborazione delle mappature in ambiente *open Gis*, facendo riferimento a tre strati informativi elencati con i rispettivi *layers*:

- climatico: densità della vegetazione, temperature superficiali, velocità annuali del vento, prodotti dall'Istituto di Biometeorologia del CNR di Firenze;
- idraulico: rischio da alluvioni e pericolosità da *flash floods*³, provenienti dal Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni approvato nel 2016 dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale;
- demografico: densità di popolazione residente e di addetti di imprese, riferite ai dati ISTAT del 2011.

³ Sono episodi caratterizzati da durate brevi e alte quantità di precipitazione, la cui pericolosità è definita in relazione all'area del bacino idrografico, al tempo di ritorno dell'onda di piena, ed alla distribuzione del tempo di ritorno della precipitazione minima (50mm/h) in grado di innescare fenomeni di piena improvvisa.

L'analisi climatica sopracitata merita particolare attenzione poiché, oltre ad indagare fenomeni peculiari e solitamente esclusi dal quadro conoscitivo, è riferita a dati recenti registrati nell'ultimo ventennio.

In relazione alla densità della vegetazione, sono stati considerati due indici, EVI e NDVI, i quali, calcolati sulla base di immagini satellitari del periodo 2000-2017, sono stati utili a monitorare le caratteristiche biofisiche della vegetazione in relazione alla presenza dell'attività fotosintetica.

Riguardo le analisi delle temperature superficiali, sono stati selezionati i valori medi estivi diurni provenienti da immagini satellitari, relativi alle annualità rappresentative in Italia dei picchi di calore (2006, 2012, 2017). Tali dati, rilevati con una risoluzione spaziale di 90 m, hanno permesso di individuare a scala vasta le aree con picchi di calore compresi tra 40 e 42 °C.

Dalle analisi è emerso che nei tessuti antropizzati e industriali i valori più bassi di densità di vegetazione si sommano a quelli più elevati delle temperature. Inoltre, sono state considerate le medie annuali di velocità e frequenza del vento (2007-2017) di quattro stazioni anemometriche situate nell'area di indagine, dalle quali si evince che questo non rappresenta un elemento influente sul microclima urbano.

Dai tre strati informativi (climatico, idraulico, demografico) si è proceduto alla selezione dei *layers* più rappresentativi delle vulnerabilità del territorio e alla loro successiva sovrapposizione in una specifica mappatura in ambiente *open* Gis, considerando di ciascuno le classi dei valori più elevati presenti nel territorio di studio: temperature superficiali diurne estive comprese tra 40-42 °C, rischio da alluvioni, pericolosità da *flash floods*, densità di popolazione superiori a 1500 ab/kmq e di addetti alle imprese superiori a 2590 addetti/kmq.

Per rendere intuitiva l'individuazione delle aree più a rischio è stato associato il crescente grado di vulnerabilità all'intensità del gradiente cromatico (fig.2).

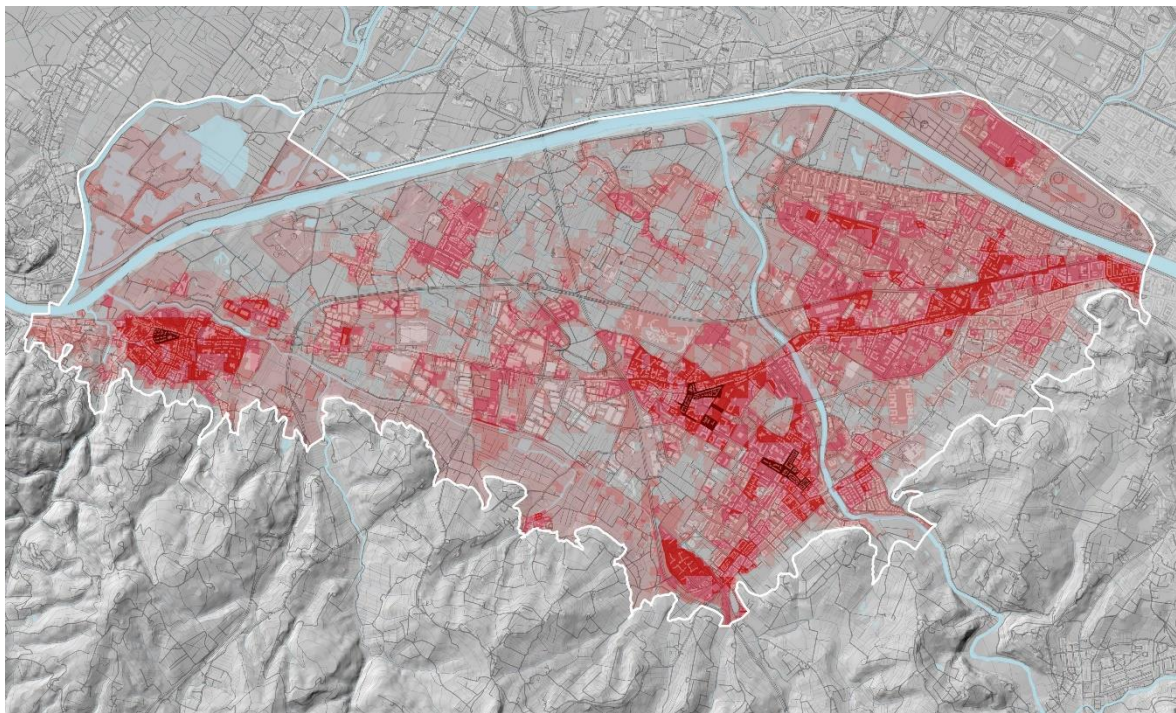


Figura 2 | Mappa delle vulnerabilità territoriali.
Fonte: tesi di laurea G. Guerri.

Le vulnerabilità risultano diffuse in tutti i territori comunali coinvolti (Firenze, Scandicci e Lastra a Signa), tuttavia si è scelto di studiare il distretto del centro urbano di Scandicci in quanto, soggetto a numerose trasformazioni urbanistiche, rappresenta un interessante campo di prova per l'applicazione di interventi di rigenerazione urbana adattiva.

4 | Indagine sulle influenze tra la morfologia urbana e il microclima

La presente macrofase ha indagato il distretto di Scandicci, un centro urbano di recente formazione oggi prevalentemente residenziale, delimitato ad est dal fiume Greve e ad ovest dal torrente Vingone e dal tracciato dell'Autostrada (fig.3).



Figura 3 | Foto aerea del distretto analizzato.
Fonte: tesi di laurea G. Guerri.

Su tale distretto sono stati condotti approfondimenti analitici volti a indagare le relazioni tra la configurazione dello spazio antropico e i fenomeni climatici, in particolare l'isola di calore urbana.

Gli spazi aperti quali strade e piazze sono, infatti, tra le componenti della città in grado di condizionare maggiormente il microclima urbano in funzione di tre aspetti:

- orientamento: numerosi studi affermano che le strade con direzione E-W sono meno efficienti nella liberazione di calore rispetto a quelle N-S, inoltre è possibile ottenere maggiori benefici termici tramite l'intervento, ad esempio con alberature, su strade NW-SE e NE-SW rispetto a strade con orientamento N-S e E-W (Cao et al., 2015);
- ombreggiamento: l'analisi si è espletata tramite il calcolo dell'*height to width ratio* (h/w) per valutare la potenziale radiazione ricevuta dalle superfici. Tale fattore, definito come il rapporto tra l'altezza dell'edificio (h) e la larghezza stradale (w), può condizionare in modo inversamente proporzionale la quantità di energia solare assorbita dai *canyon urbani* (corridoi caratterizzati da cortine edilizie continue);
- copertura arborea lungo strada: in funzione della struttura del *canyon* può offrire benefici termici rendendo l'ambiente più confortevole soprattutto in estate (Lohr et al., 2004). È stata dunque calcolata la percentuale di copertura arborea delle strade e delle piazze del distretto tramite il software *I-Tree Canopy*.

Nell'adattamento climatico dell'ambiente urbano questi tre fattori, influenzando l'assorbimento e l'emissione di radiazione solare, possono avere un impatto significativo sulle variazioni di temperatura e di conseguenza anche sul comfort termico e sulla salute umana (Cao A. et al., 2015).

Si riportano di seguito i dati analizzati (Tab. I), elaborati all'interno dell'ambiente open Gis sul distretto di Scandicci, suddivisi in classi di indagine significative per ciascuna tipologia di spazio (strada e piazza).

Tabella I | Fattori analizzati sulle superfici di strade e piazze.

Fattori analizzati	Classi di indagine	Superficie stradale (%)	Superficie delle piazze (%)
Orientamento	N-S	1	0
	E-W	16	0
	NE-SW	42	35
	NW-SE	41	65

Fattori analizzati	Classi di indagine	Superficie stradale (%)	Superficie delle piazze (%)
Ombreggiamento (h/w)	< 0,5	52	93
	0,5-1,0	36	7
	1,0-1,5	11	0
	> 1,5	1	0
Copertura arborea (%)	< 5	82	21
	5-15	13	6
	15-25	5	52
	> 25	0	21

Nel distretto analizzato la morfologia urbana contribuisce ad amplificare gli effetti dell'isola di calore, in quanto risulta caratterizzato da *canyon urbani* poco profondi e larghi (h/w inferiori a 0,5) e da una bassa copertura arborea stradale (inferiore al 5%). Inoltre, è stata riscontrata una prevalenza di strade e piazze con orientamento NE-SW e NW-SE, le quali si qualificano come quelle in cui gli interventi di forestazione urbana potrebbero portare a notevoli benefici termici.

Si osserva che le maggiori criticità si concentrano nel principale asse degli spazi pubblici del centro urbano.

5 | Costruzione e comparazione di scenari di intervento sullo spazio pubblico

La sperimentazione a scala architettonica è stata applicata a Piazza Togliatti (fig. 4), situata al centro della spina degli spazi collettivi individuata dalla macrofase precedente. La piazza si presenta come un grande invaso rettangolare dalle dimensioni di circa 100 x 200 m, ospitante nella parte nord un giardino pubblico e nella fascia sud un parcheggio in cui si svolge un mercato nella prima parte della giornata.



Figura 4 | Foto aerea della piazza.
Fonte: tesi di laurea M.V. Arnetoli.

Per valutare la resilienza della piazza nel suo stato attuale, sono stati considerati tre elementi del tessuto antropico relativi ad edifici e spazi aperti:

- i materiali di pavimentazioni e coperture: sono impermeabili e si caratterizzano per bassi valori di albedo⁴, non sono presenti coperture verdi o drenanti;
- le aree verdi: presentano una composizione frammentaria;
- l'acqua: risulta assente come elemento di raffrescamento e non sono previsti dispositivi di raccolta e stoccaggio.

Il comportamento termico e idraulico della piazza è stato delineato attraverso l'applicazione di strumenti innovativi: per l'isola di calore (i dati climatici sono stati forniti dall'Istituto di Biometeorologia del CNR di Firenze) sono state simulate le temperature atmosferiche e l'indice di benessere outdoor PMV⁵ con il software Envi-met, mentre per le precipitazioni estreme è stato calcolato il *run-off*⁶ con un metodo predittivo (Moccia, Sgobbo, 2017). In entrambi i casi l'area simulata risulta maggiore di quella di progetto, sia per i problemi di calcolo che il software riporta ai bordi del modello sia per verificare i benefici apportati sul contesto limitrofo. Gli esiti delle valutazioni (tab. II) evidenziano che la piazza attualmente tende ad amplificare gli impatti degli eventi climatici estremi, dimostrando un grado di resilienza nullo.

Tabella II | Comportamento termico e idraulico della piazza allo stato ex-ante.

Stato ex-ante	Temperatura atmosferica	Indice di benessere outdoor PMV	Run-off area di simulazione
	41,17 °C	6,94	77,7%

Il caso studio ha previsto la comparazione di tre scenari meta-progettuali e la valutazione dei benefici apportati da ciascuno in un'ottica olistica di intervento. Gli scenari determinano impatti *low-medium-high* in una progressione che riguarda: criticità affrontate, soluzioni tecnologiche, incisività sul contesto.

All'interno della ricerca PRIN è stato elaborato un repertorio di *Best practices*, con l'obiettivo di individuare le soluzioni tecnologiche adattive già sperimentate in ambito europeo; di queste sono state selezionate quelle compatibili con il contesto di studio.

Si è immaginato come rendere concretamente adattivo un grande vuoto urbano prevalentemente asfaltato, disegnando spazi pubblici di qualità per la comunità locale nelle seguenti proposte:

- Scenario *low-impact* (fig. 5-6): agendo principalmente sul suolo si prevede la sostituzione dei materiali esistenti con pavimentazioni riflettenti e permeabili e la riduzione dell'estensione delle superfici impermeabili, connettendo le aree verdi e aumentando le alberature esistenti;

⁴ Coefficiente di riflessione della radiazione solare (0-1) legato al colore e alla rugosità dell'elemento.

⁵ Esprime il valore medio dei voti di un campione significativo di persone su una scala di sensazioni termiche che varia da -3 a +3.

⁶ Flusso d'acqua sulla superficie che proviene tipicamente dalla parte di precipitazioni che non evapora né viene assorbita.

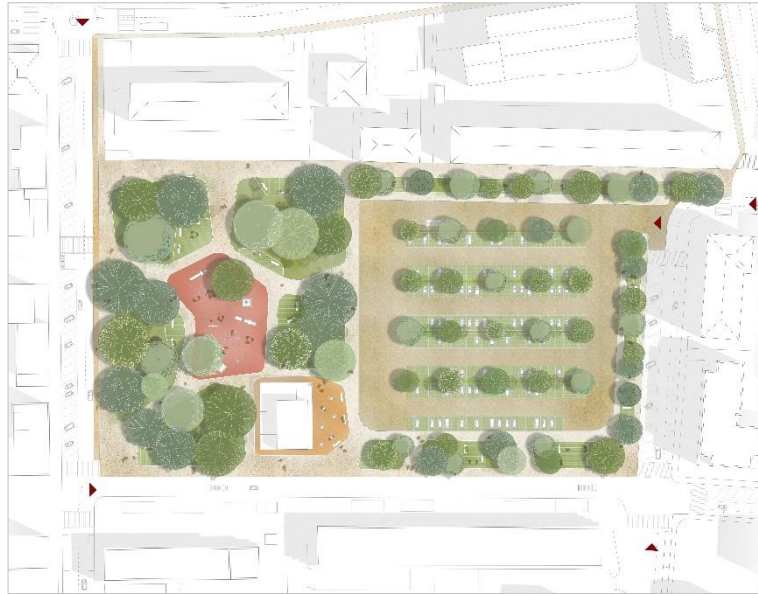


Figura 5 | Scenario *low-impact*.
Fonte: tesi di laurea M.V. Arnetoli.

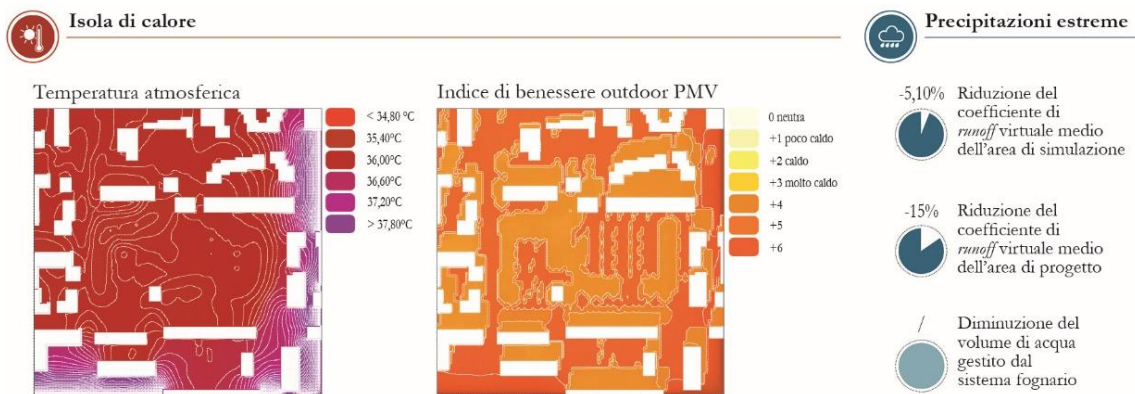


Figura 6 | Scenario *low-impact* comportamento termico e idraulico.
Fonte: tesi di laurea M.V. Arnetoli.

- Scenario *medium-impact* (fig. 7-8): in una stretta incrementalità con il primo scenario, l'area giochi resta invariata mentre il parcheggio viene ridotto e il mercato diventa un'area coperta grazie a strutture ombreggianti adattive che, oltre a migliorare il comfort dei fruitori, sono utili alla raccolta dell'acqua e la convogliano in cisterne sotterranee. Il principale fronte carrabile della piazza diventa pedonale includendo elementi verdi e blu;



Figura 7 | Scenario *medium-impact*.
Fonte: tesi di laurea M.V. Arnetoli.

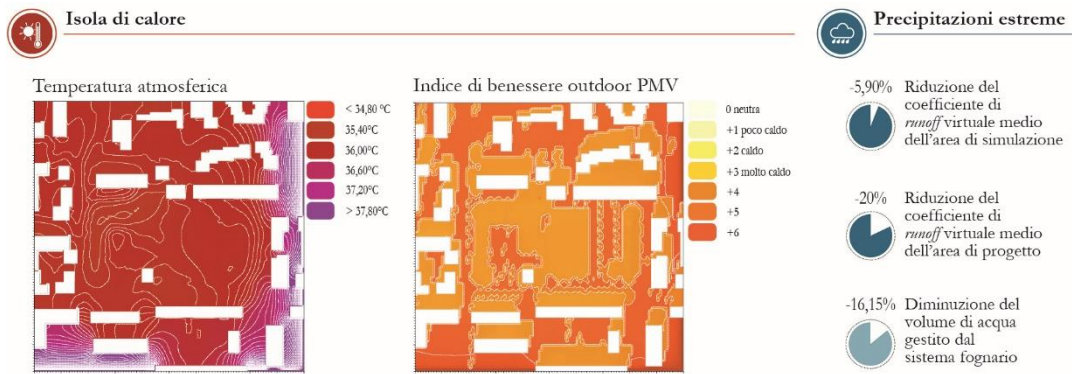


Figura 8 | Scenario *medium-impact* comportamento termico e idraulico.
Fonte: tesi di laurea M.V. Arnetoli.

- Scenario *high-impact* (fig. 9-10): lungo l'asse centrale pedonale si sviluppa, con i dispositivi ombreggianti del secondo scenario, il mercato coperto; mentre l'area ad esso retrostante diventa ricreativa con verde attrezzato e un bacino inondabile, ossia una vasca depressa che si 'sacrifica' per evitare allagamenti durante eventi di precipitazioni estreme, in cui viene convogliata l'acqua piovana dalle coperture degli edifici.



Figura 9 | Scenario *high-impact*.
Fonte: tesi di laurea M.V. Arnetoli.

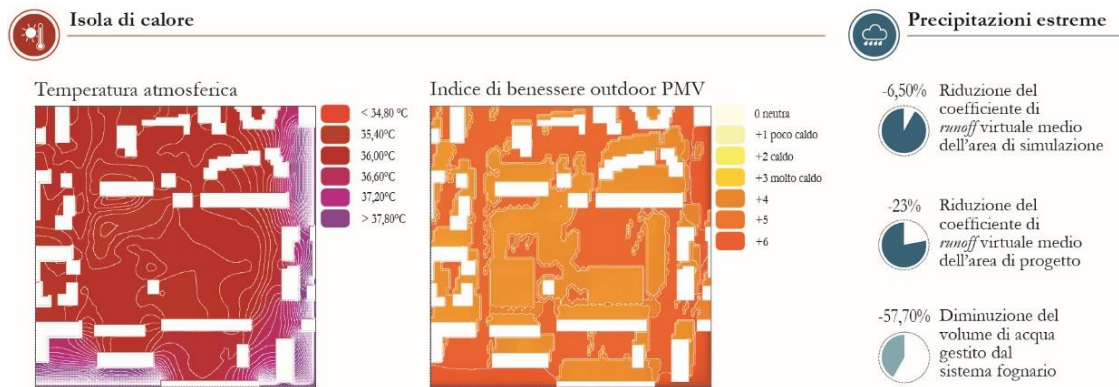


Figura 10 | Scenario *high-impact* comportamento termico e idraulico.
Fonte: tesi di laurea M.V. Arnetoli.

Le criticità climatiche considerate sono state affrontate attraverso le seguenti soluzioni tecnologiche (fig. 11-12) prefigurando i benefici indicati nelle tabelle III e IV.



Figura 11 | Soluzioni tecnologiche per isola di calore.
Fonte: tesi di laurea M.V. Arnetoli.



Giardini della pioggia



Verde funzionale lineare



Raccolta dell'acqua dalle coperture



Cisterne sotterranee di raccolta



Pavimentazioni permeabili



Bacini inondabili

Figura 12 | Soluzioni tecnologiche per precipitazioni estreme.
Fonte: tesi di laurea M.V. Arnetoli.

Tabella III | Comportamento termico degli scenari ex-post.

Isola di calore urbana	Diminuzione massima della temperatura atmosferica	Diminuzione massima dell'indice del PMV
Scenario <i>low-impact</i>	-0,57 °C	-1,97
Scenario <i>medium-impact</i>	-0,74°C	-2,23
Scenario <i>high-impact</i>	-0,63°C	-1,98

Tabella IV | Comportamento idraulico degli scenari ex-post.

Precipitazioni estreme	Riduzione runoff (area di simulazione)	Riduzione runoff (area di progetto)	Superfici verdi	Superfici permeabili	Volume di acqua gestito dal sistema fognario
Scenario <i>low-impact</i>	-5,1 %	-15 %	+2,77 %	+15,08 %	/
Scenario <i>medium-impact</i>	-5,9 %	-20 %	+4,22 %	+16,76 %	- 16,15%
Scenario <i>high-impact</i>	-6,5 %	-23 %	+4,27 %	+19,23 %	- 57,7 %

6 | Conclusioni

La metodologia esposta si è dimostrata efficace per definire le vulnerabilità climatiche di un distretto periferico e un coerente quadro di azioni e strategie di adattamento. L'approccio messo a punto vede come destinatari diretti le amministrazioni locali che si trovano a dover affrontare gli impatti degli eventi climatici sui tessuti urbani esistenti, intrinsecamente fragili.

Per incrementare la resilienza della città nasce dunque l'esigenza di integrare le misure adattive all'interno degli strumenti ordinari di pianificazione, non in termini settoriali ma come opportunità di azione multidimensionale, abbracciando una visione multidisciplinare e aperta capace di coinvolgere le comunità locali promuovendo consapevolezza e sinergie dal basso.

Attribuzioni

La redazione delle parti § 2, 5, 6 è di M.V. Arnetoli, la redazione delle parti § 1, 3, 4 è di G. Guerri.

Riferimenti bibliografici

- Cao A., Li Q., Meng Q. (2015), "Effects of orientation of urban roads on the local thermal environment in Guangzhou city", in *Procedia Engineering*, vol. 121, pp. 2075-2082.
- EEA (2018), *National climate change vulnerability and risk assessments in Europe*, European Environment Agency, Lussemburgo.
- IPCC (2018), *Global Warming of 1.5°C*, Intergovernmental Panel on Climate Change, Ginevra.
- Lohr V.I., Pearson-Mims C.H., Tarnai J., Dillman D.A. (2004), "How urban residents rate and rank the benefits and problems associated with trees in cities", in *Journal of Arboriculture*, no. 1, vol. 30, pp. 28-35.
- Moccia F. D., Sgobbo A. (2017), "Resilienza urbana e pluvial flooding: lo studio predittivo del comportamento idraulico urbano", in D'Ambrosio V., Leone M. F. (a cura di), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change, Modelli innovativi per la produzione di conoscenza*, Clean Edizioni, Napoli, pp. 136-145.
- WMO (2019), *Statement on the State of the Global Climate in 2018*, World Meteorological Organization, Ginevra.