

urbanistica

# INFORMAZIONI

*special issue*

*XI Giornata Studio INU*

**INTERRUZIONI, INTERSEZIONI, CONDIVISIONI,  
SOVRAPPOSIZIONI. Nuove prospettive per il  
territorio**

*11° INU Study Day*

**INTERRUPTIONS, INTERSECTIONS, SHARING AND  
OVERLAPPINGS. New perspectives for the  
territory**

A cura di / Edited by Francesco Domenico Moccia e Marichela Sepe

**278 s.i.**

Rivista bimestrale  
Anno XXXV  
Marzo - Aprile 2018  
ISSN n. 0392-5005

€ 10,00

**INU**  
Edizioni

In caso di mancato recapito rinviare a ufficio posta Roma - Romanina per la restituzione al mittente previo addebito.  
Poste Italiane S.p.A. Spedizione in abbonamento postale - D.L. 353/2003 (conv. in l. 27/2/2004 n. 46) art. 1 comma 1 - DCB - Roma

Rivista bimestrale urbanistica e ambientale  
dell'Istituto Nazionale Urbanistica  
Fondata da Edoardo Salzano  
Anno XXXV  
Marzo - Aprile 2018  
Euro 10,00

Editore: INU Edizioni  
Iscr. Tribunale di Roma n. 3563/1995;  
Roc n. 3915/2001;  
Iscr. Cciaa di Roma n. 814190.  
Direttore responsabile: Francesco Sbetti

Direttore: Francesco Sbetti  
Redazione centrale:  
Emanuela Coppola,  
Enrica Papa,  
Anna Laura Palazzo,  
Sandra Vecchietti

Servizio abbonamenti:  
Monica Belli Email: [inued@inuedizioni.it](mailto:inued@inuedizioni.it)

Consiglio di amministrazione di INU Edizioni:

G. De Luca (presidente),  
G. Cristoforetti (consigliere),  
D. Di Ludovico (consigliere),  
C. Gasparrini (consigliere),  
L. Pogliani (consigliere),  
F. Sbetti (consigliere).  
Redazione, amministrazione e pubblicità:  
Inu Edizioni srl  
Via Castro Dei Volsci 14 - 00179 Roma  
Tel. 06 68134341 / 335-5487645  
<http://www.inuedizioni.com>

Comitato scientifico e consiglio direttivo nazionale  
Inu: Alberti Francesco, Amante Enrico, Arcidiacono  
Andrea, Barbieri Carlo Alberto, Bruni Alessandro,  
Capurro Silvia, Cecchini Domenico, Centanni Claudio,  
Dalla Betta Eddi, De Luca Giuseppe, Fantin Marisa,  
Fasolino Isidoro, Gasparrini Carlo, Roberto Gerundo,  
Giaino Carolina, Giannino Carmen, Giudice Mauro,  
Imberti Luca, La Greca Paolo, Licheri Francesco,  
Lo Giudice Roberto, Mascarucci Roberto, Moccia  
Francesco Domenico, Oliva Federico, Ombuen Simone,  
Pagano Fortunato, Passarelli Domenico, Pingitore  
Luigi, Porcu Roberta, Properzi Pierluigi, Rossi Iginio,  
Rumor Andrea, Sepe Marichela, Stanghellini Stefano,  
Stramandinoli Michele, Tondelli Simona, Torre Carmelo,  
Torricecci Andrea, Ultrici Giovanna, Vecchietti Sandra,  
Viviani Silvia.

Componenti regionali del comitato scientifico:

Abruzzo e Molise: Radocchia Raffaella (coord.) [raffaella\\_rad@yahoo.it](mailto:raffaella_rad@yahoo.it)  
Alto Adige:  
Basilicata: Rota Lorenzo (coord.) [aclarot@tin.it](mailto:aclarot@tin.it)  
Calabria: Foresta Sante (coord.) [sante.foresta@unirc.it](mailto:sante.foresta@unirc.it)  
Campania: Coppola Emanuela (coord.) [ecoppola@unina.it](mailto:ecoppola@unina.it), Berruti G., Arena A., Nigro A., Vanella V., Vitale C., Izzo V., Gerundo C.  
Emilia-Romagna: Tondelli Simona (coord.) [simona.tondelli@unibo.it](mailto:simona.tondelli@unibo.it)  
Lazio: Giannino Carmela. (coord.) [carmela.giannino@gmail.com](mailto:carmela.giannino@gmail.com)  
Liguria: Balletti Franca (coord.) [francaballetti@libero.it](mailto:francaballetti@libero.it)  
Lombardia: Rossi Iginio (coord.) [iginiorossi@teletu.it](mailto:iginiorossi@teletu.it)  
Marche: Angelini Roberta (coord.) [robarch@hotmail.com](mailto:robarch@hotmail.com), Piazzini M., Vitali G.  
Piemonte: Saccomani Silvia (coord.) [silvia.sacomani@polito.it](mailto:silvia.sacomani@polito.it), La Riccia L.  
Puglia: Rotondo Francesco (coord.) [f.rotondo@poliba.it](mailto:f.rotondo@poliba.it), Durante S., Grittani A., Mastrovito G.  
Sardegna: Barracu Roberto (coord.)  
Sicilia:  
Toscana: Rignanese Leonardo (coord.) [leonardo.rignanese@poliba.it](mailto:leonardo.rignanese@poliba.it), Alberti F., Nespolo L.  
Umbria: Murgante Beniamino (coord.) [murgante@gmail.com](mailto:murgante@gmail.com)  
Veneto: Basso Matteo (coord.) [mbasso@iuav.it](mailto:mbasso@iuav.it)

Progetto grafico: Hstudio

Impaginazione: Leo Conte



Associato all'unione stampa periodica italiana

Registrazione presso il Tribunale della stampa di  
Roma, n.122/1997

Abbonamento annuale Euro 30,00  
Versamento sul c/c postale .16286007, intestato a  
INU Edizioni srl: Via Ravenna 9/b, 00161 Roma,  
o con carte di credito: CartaSi - Visa - MasterCard.

# Resilienza urbana al cambiamento climatico. Nuovi metodi per l'analisi e il progetto

Francesco Alberti e Giulia Guerri\*

## Introduzione

L'Agenzia Europea dell'Ambiente ha evidenziato come le emergenze più significative riguardanti il cambiamento climatico in Europa sono rappresentate dall'innalzamento delle temperature e dall'aumento di eventi pluviali estremi (EEA, 2018).

Dalla lettura dei dati storici si evince che il numero di giorni caldi (superiori al 90° percentile della temperatura massima giornaliera) è raddoppiato tra il 1960 e il 2017 e che delle quasi 1500 inondazioni avvenute in Europa tra 1980 e il 2010, oltre la metà si sono verificate dopo il 2000.

Stime recenti (EEA, 2018) fanno prevedere che entro il 2040 i fenomeni più rilevanti connessi al riscaldamento globale si verificheranno nel periodo invernale nell'Europa nord-orientale e in Scandinavia e durante i mesi estivi nell'Europa meridionale, dove, oltre ai picchi di calore (heat spikes), si avrà un aumento delle inondazioni pluviali e improvvise (flash floods) dovute a precipitazioni locali intense.

In Italia, un recente rapporto dell'ISPRA ha evidenziato che, rispetto al trentennio di riferimento 1961-1990, nel 2016 si è registrato un aumento della temperatura media su base annua di 1,35°C, superiore all'aumento medio globale di 1,31°C. Nello stesso anno, sebbene le precipitazioni siano state complessivamente inferiori del 6% circa alla media climatologica, si sono però verificati numerosi eventi alluvionali estremi, anche di forte intensità e durata, che hanno colpito particolarmente la Liguria e il Piemonte (ISPRA, 2017).

La necessità di rendere il territorio, e soprattutto le aree urbane (particolarmente soggette alle diverse tipologie di rischi ambientali in ragione della concentrazione di funzioni, beni materiali e popolazione) maggiormente resilienti agli effetti del cambiamento climatico è all'origine di numerose iniziative, per lo più riconducibili a strumenti di pianificazione territoriale, settoriale e/o strategica, condotte

da amministrazioni comunali o metropolitane in tutto il mondo, dietro la spinta di agende nazionali e internazionali, quali l'Agenda 2030 dell'ONU per lo Sviluppo Sostenibile (2015) e l'Agenda Urbana dell'UE (2016).

In un contesto come quello italiano, ancora povero di sperimentazioni di rilievo (1), il tema del cambiamento climatico è affrontato da un Progetto di Ricerca di Rilevante Interesse Nazionale in corso di svolgimento, intitolato Adaptive Design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico, in relazione all'opportunità di combinare le azioni finalizzate ad aumentare la resilienza territoriale con politiche di rigenerazione urbana a scala locale (2).

Il presente paper rende conto della prima parte del lavoro svolto, nell'ambito del PRIN, dall'Unità Operativa di Firenze, finalizzato alla messa a punto di un protocollo operativo direttamente applicabile dalle amministrazioni pubbliche per la valutazione degli effetti del climate change nel contesto urbano e la conseguente adozione di misure di adattamento, verificabili secondo criteri oggettivi (3).

Nella logica dell'integrazione fra politiche di rigenerazione urbana e di adattamento climatico, il campo privilegiato di applicazione della ricerca è lo spazio pubblico, la cui progettazione può essere orientata verso soluzioni in grado di ridurre la vulnerabilità del sistema urbano attraverso il ricorso a innovazioni di processo e di progetto, con effetti misurabili ex-ante e monitorabili ex-post sulla base di specifici indicatori.

## Metodologia

La ricerca ha individuato come ambito di riferimento e di verifica una porzione della pianura ricadente nella città metropolitana di Firenze, ad ovest del capoluogo, compresa tra il fiume Arno e le pendici delle colline meridionali, definite dall'isoipsa di 60 m. L'area corrisponde a un sottobacino dell'Arno ben identificabile, comprendente gli affluenti Greve e Vingone, che determinano condizioni di pericolosità idraulica elevata sui territori circostanti. Al suo interno, intervallati da ampie zone che hanno mantenuto fino a oggi la funzione agricola, sono riconoscibili tre distretti urbani dotati di una relativa autonomia, appartenenti a comuni diversi: il quartiere dell'Isolotto a Firenze (68.703 abitanti), il centro urbano e la zona industriale

di Scandicci (50.515 abitanti), l'abitato di Lastra a Signa (19.235 abitanti).

Per poter definire gli interventi più adatti da applicare alla scala del singolo distretto, la ricerca si è sviluppata a partire dalla raccolta dei dati influenti sul comportamento degli insediamenti sotto il profilo climatico riguardanti l'area di riferimento.

Alternando fasi analitiche e di verifica applicativa si è quindi delineata una metodologia multiscalare, replicabile su qualsiasi altro contesto metropolitano, secondo una progressione che contempla:

- la costruzione di un quadro conoscitivo a livello di area vasta, focalizzato sugli aspetti più rilevanti dal punto di vista della vulnerabilità climatica;
- la valutazione, all'interno dell'area vasta, del livello di vulnerabilità dei vari distretti ai fini della determinazione delle priorità d'intervento;
- approfondimenti analitici alla scala del distretto, effettuati su uno degli ambiti riconosciuti "di intervento prioritario";
- l'individuazione a una scala di maggior dettaglio, mediante il confronto tra aree campione appartenenti all'ambito d'intervento prioritario, delle superfici disponibili su cui è possibile intervenire con azioni mirate, in una logica di "rigenerazione urbana resiliente".

Ogni fase è stata accompagnata dalla elaborazione di mappe in ambiente open GIS, utilizzando i database del SIT della Regione Toscana, dell'ISTAT, del Consorzio Lamma e del CNR-Regione Toscana; altre fonti saranno specificate nel corso della trattazione.

## Costruzione del quadro conoscitivo a livello di area vasta

Le analisi condotte in questa prima fase si suddividono in due parti. La prima ha riguardato la raccolta e restituzione cartografica di informazioni utili alla comprensione e descrizione dell'area oggetto di studio, in ordine ai seguenti tematismi: morfologia, geologia, pedologia, copertura e uso del suolo, periodizzazione degli insediamenti, funzioni urbane e vincoli sovraordinati alla pianificazione; la seconda si è invece incentrata sugli aspetti - climatologici, idraulici e demografici - più direttamente coinvolti nella valutazione della vulnerabilità territoriale rispetto agli effetti del cambiamento climatico.

### *Analisi climatologiche*

Sono stati presi in considerazione tre aspetti: la densità della vegetazione, la temperatura superficiale e la velocità del vento.

*Densità della vegetazione* - Il grado di copertura del terreno da parte della vegetazione e la struttura del manto vegetale sono i principali fattori che regolano le interazioni tra le piante e l'atmosfera - scambi gassosi, bilancio idrico, intercettazione della radiazione solare (Altobelli et al., 2007) - influenzando il microclima urbano.

La densità della vegetazione è espressa da "indici vegetazionali", calcolati sulla base di immagini fornite da sensori satellitari in grado di misurare le lunghezze d'onda, l'intensità della luce visibile e del "vicino infrarosso" riflesse dalla superficie terrestre nello spazio. Per avere una comprensione completa dei fenomeni all'interno dell'area di studio, sono stati utilizzati due diversi indici vegetazionali, NDVI e EVI, elaborati dall'Istituto di Biometeorologia del CNR di Firenze a partire dalle immagini del sensore MODIS della NASA con una risoluzione di 250 m.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) restituisce i dati riguardanti l'attività fotosintetica delle piante, evidenziando la presenza di eventuali condizioni di stress vegetativo e di carenza di vegetazione; è solitamente affiancato da EVI (Enhanced Vegetation Index), che oltre a ottimizzare il segnale della vegetazione non è sensibile, a differenza dell'altro, alle condizioni atmosferiche e all'effetto "background" del suolo.

Contesti densamente urbanizzati con carenza di vegetazione producono solitamente indici bassi.

*Temperatura superficiale* - Si tratta di un dato significativo per valutare i picchi di calore all'interno delle aree urbane. Le informazioni raccolte sono state quelle relative alle estati del 2006, 2012 e 2017, da cui si è ricavato un valore medio rappresentativo delle temperature superficiali registrabili in quella stagione nel territorio di studio. Al fine di indagare le temperature superficiali a scala di area vasta è possibile fare riferimento ai dati provenienti dal sensore MODIS, restituiti con una risoluzione di 1 km. Invece, per analizzare l'andamento delle temperature superficiali all'interno del sistema insediativo, è necessario utilizzare i dati provenienti dal sensore

ASTER (Advanced Spaceborn Thermal and Reflection Radiometer), che, grazie a una risoluzione di 90 m, permette di distinguere con precisione le parti del tessuto urbano in cui si concentrano le temperature più elevate. Con riferimento alla pianura a sud-ovest di Firenze oggetto di studio, le rilevazioni di ASTER hanno permesso di mappare, in corrispondenza delle aree più densamente urbanizzate e nelle zone industriali, picchi di calore in estate oscillanti tra i 40°C e i 42°C.

*Velocità del vento* - Si tratta un fattore che può condizionare fortemente il microclima, mitigando gli effetti delle alte temperature superficiali. Nel caso in questione, i dati disponibili dell'anno più recente (2017) hanno fatto riscontrare nel periodo estivo valori estremamente bassi sia in termini di velocità media (< 9,5 m/s) che di frequenza (< 15%), tali da risultare ininfluenti all'interno del quadro climatologico.

### *Analisi del rischio da alluvioni e della pericolosità da flash floods*

L'analisi dei fenomeni alluvionali risulta estremamente rilevante per l'area oggetto di studio, in ragione delle sue caratteristiche idrografiche. I dati considerati, derivanti dal Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) approvato nel 2016 dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, sono quelli relativi al rischio da alluvioni - non esclusivamente connesso, ma potenzialmente amplificato dal cambiamento climatico - e alla pericolosità da flash floods, dai quali si evince che il 47% del territorio di studio è soggetto a rischio elevato e molto elevato e che sussiste una pericolosità da flash floods, con tempi di ritorno compresi tra 60 e 85 anni, elevata in prossimità del torrente Vingone nel territorio di Lastra a Signa e Scandicci, e molto elevata in corrispondenza della Greve, che definisce il confine Scandicci e Firenze.

### *Analisi demografica*

La presenza umana rappresenta ovviamente un fattore determinante nella valutazione della vulnerabilità di un territorio rispetto a qualsiasi condizione di rischio. Ai fini della ricerca si è fatto riferimento a valori di densità abitativa superiori a 1500 ab/kmq, propri delle "aree con elevato grado di antropizzazione" (ISTAT, 2017) e ad una concentrazione

di addetti superiore a 2590 unità/kmq, corrispondente alla classe di densità più elevata presente nell'area in esame.

### **Valutazione dei livelli di vulnerabilità del territorio e individuazione degli ambiti di intervento prioritario**

Attingendo dalle mappe elaborate in sede di formazione del quadro conoscitivo, sono stati selezionati ai fini di una valutazione sintetica della vulnerabilità del territorio, 5 layers informativi corrispondenti ad alcuni dei parametri sopra descritti considerati relativamente più significativi e attendibili, prendendo come riferimento le soglie o classi più alte dei rispettivi indicatori: temperature estive diurne comprese fra 40°C e 42°C, rischio idraulico e pericolosità da flash floods elevati e molto elevati, densità della popolazione residente e degli addetti d'impresa superiori rispettivamente a 1500 ab/kmq e a 2590 unità/kmq.

Sfruttando le potenzialità dei sistemi GIS, si è quindi proceduto alla sovrapposizione dei layers dopo aver assegnato un medesimo gradiente cromatico a tutti gli elementi mappati in ciascuno di essi: operazione che, in analogia all'overlaying method ideato nel 1968 da Ian McHarg per valutare la sensitività dei territori rispetto all'inserimento di una infrastruttura lineare (4), dà evidenza immediata, grazie alle variazioni d'intensità del colore, alle aree più critiche, nelle quali la vulnerabilità relativa ad un parametro si somma a quella di altri parametri.

L'obiettivo è individuare fra i distretti urbani collocati nell'area di riferimento, gli ambiti nei quali l'esposizione della popolazione a più fattori di rischio (flash floods, esondazioni, picchi di calore) dovrebbe indurre le amministrazioni pubbliche a ricercare, in via prioritaria, soluzioni progettuali integrate, capaci cioè di dare contestualmente risposta, quanto meno in termini di mitigazione degli impatti, alle diverse criticità che vi sono concentrate.

Quale esito della sovrapposizione dei layers informativi, è emerso che tutti e tre i distretti precedentemente identificati (Firenze-Isolotto, Scandicci e Lastra a Signa) hanno al loro interno "ambiti d'intervento prioritario" più o meno estesi, distribuiti a macchia di leopardo nel territorio urbanizzato. Per gli scopi della ricerca, si è quindi deciso di focalizzare l'attenzione su un ambito ricadente nel comune di Scandicci, delimitato a nord dal-

la superstrada Firenze-Pisa-Livorno e ad est dal fiume Greve, che include gran parte del tessuto residenziale della città. Tale scelta è anche legata al fatto che Scandicci sta attraversando una stagione di profonde trasformazioni, conseguenti alla realizzazione nel 2010 di un collegamento tranviario diretto con Firenze, che coinvolgono l'assetto di numerosi spazi pubblici, e si presenta quindi sulla carta come un interessante campo di prova per l'integrazione fra interventi di rigenerazione urbana e interventi finalizzati all'adattamento climatico.

### **Approfondimenti analitici sull'ambito di intervento prioritario**

A seguito dell'individuazione dell'ambito di intervento, sono state effettuate nuove analisi, non praticabili a livello di area vasta, riguardanti l'orientamento, l'ombreggiamento e la copertura arborea stradali, che a parità di temperature superficiali condizionano in maniera significativa la temperatura percepita dagli utenti.

#### *Orientamento stradale*

Si tratta di un parametro rilevante in ambito urbano in quanto il suo rapporto con la direzione prevalente del vento può influenzare la quantità di radiazione solare diurna e stagionale ricevuta dalle superfici stradali e il flusso d'aria all'interno dei cosiddetti "canyon urbani" (i corridoi delimitati ai lati da cortine edilizie), producendo effetti di raffreddamento potenzialmente estesi all'interno del sistema urbano (Cao et al., 2015; Shashua-Bara et al., 2000).

In particolare, le strade urbane con orientamento E-W sono meno efficienti nella liberazione di calore rispetto a strade con orientamento N-S (Ali-Toudert, Mayer, 2006). Inoltre, è possibile ottenere maggiori benefici dalla collocazione di filari alberati su strade con orientamento prevalente NW-SE e NE-SW rispetto a strade con orientamento prevalente N-S e E-W (Ali-Toudert, Mayer, 2004).

La determinazione dell'orientamento prevalente degli archi stradali ricadenti nell'ambito urbano prescelto è stata effettuata direttamente in open GIS, a partire dai poligoni del Grafo Stradale reperibile sul SIT della Regione Toscana.

#### *Ombreggiamento stradale*

Il rapporto tra l'altezza (h) e la distanza (w) degli edifici lungo strada (aspect ratio) in-

fluenza in modo inversamente proporzionale la quantità di energia solare assorbita dalle superfici che definiscono i canyon urbani (facciate, coperture e suolo), condizionando fortemente il microclima locale. Come è facile intuire, canyon profondi e stretti (corrispondenti a un rapporto  $h/w \geq 0,5$ ) comportano una minore esposizione ai raggi del sole e risultano pertanto vantaggiosi nelle regioni calde; di contro canyon urbani poco profondi e larghi ( $h/w < 0,5$ ) sono particolarmente adatti alle zone fredde, dove è richiesta un'esposizione solare delle strade e degli edifici il più possibile prolungata durante tutto l'anno (Ali-Toudert, Mayer, 2004; Ali-Toudert, Mayer, 2006) (5). Per il calcolo dell'aspect ratio nel distretto urbano preso a campione, si è fatto riferimento alle altezze degli edifici e alle distanze desumibili dalla Carta Tecnica Regionale della Toscana in scala 1:2000.

Un ulteriore indice di ombreggiamento è lo Sky View Factor (SVF), che esprime, con valori compresi tra 0 e 1, la frazione di cielo visibile da un punto alla quota di un metro dal livello stradale, tenendo conto oltre che dell'altezza degli edifici della eventuale presenza di alberi e di elementi di arredo urbano. Valori prossimi a 1 corrispondono ad ampie porzioni di cielo visibile; valori prossimi a 0, a una visione limitata dalla presenza di elementi di ostacolo (Osmond, 2010).

Lo SVF può essere calcolato direttamente utilizzando lo strumento open GIS, a partire da un rilievo LIDAR della superficie territoriale oggetto di studio.

#### *Copertura arborea stradale*

Numerosi studi hanno dato valore scientifico all'evidenza di come la vegetazione lungo strada produca una diminuzione della temperatura dell'aria rendendo l'ambiente più confortevole, soprattutto nei periodi estivi (Lohr et al., 2004; De Abreu-Harbach et al., 2015; Lin, Lin, 2010). Tale "effetto oasi", dovuto all'ombreggiamento sul terreno e alla traspirazione dell'acqua delle piante (Asaeda, Wake, 1996) si traduce in un abbattimento della temperatura locale che può arrivare a 5°C.

Il software più utilizzato per effettuare, a partire da immagini aeree, il calcolo della percentuale di superficie stradale coperta da vegetazione arborea all'interno di una determinata area urbana è i-Tree Canopy, che utilizza una nuvola di 200 punti per campio-

nare ogni singolo poligono stradale caricato nel software. Lo strumento può essere anche utilizzato come supporto alla progettazione di spazi pubblici urbani per avere una valutazione ex-ante in termini di Human Thermal Comfort (HTC) (6) delle sistemazioni a verde proposte.

### **Confronto tra aree con diversi livelli di vulnerabilità**

Il confronto tra le analisi d'area vasta che hanno portato alla mappa dei livelli di vulnerabilità climatica e gli approfondimenti condotti sul distretto urbano selezionato evidenzia, in relazione alle problematiche connesse ai picchi di calore estivi, come all'interno di quest'ultimo aree con le medesime caratteristiche di orientamento e ombreggiamento stradale, talvolta anche molto vicine fra loro, possano presentare valori massimi di temperature superficiali diversi, che in alcuni casi raggiungono la classe di pericolosità più elevata (40°C- 42°C).

I motivi di tali differenze sono evidentemente da ricercare nelle caratteristiche delle superfici esposte al sole delle componenti spaziali – strade, spazi pubblici, edifici – di ciascuna area, ed in particolare nella loro maggiore o minore capacità riflettente delle radiazioni solari, dipendente dal materiale e dal colore, espressa dal parametro dell'albedo in un intervallo compreso fra 0 (nessuna riflessione) e 1 (massima riflessione, propria delle superfici bianche). Studi sulle proprietà termo-fisiche dei materiali hanno messo in luce come diverse finiture riescano in effetti ad influenzare le condizioni microclimatiche dell'intorno urbano in funzione dell'albedo. Ciò è vero in particolare con riferimento a tre categorie di superfici: le coperture degli edifici, le pavimentazioni stradali e le superfici a verde (Lau et al., 2011; Wong et al., 2011).

Lo studio sul distretto urbano di Scandicci ha quindi affrontato la questione su come intervenire progettualmente nelle aree maggiormente critiche sotto il profilo delle temperature superficiali per riportarle, quanto meno, alle condizioni di minor sofferenza registrabili in aree simili collocate nelle immediate vicinanze. Allo scopo, sono state individuate due aree campione della stessa estensione e con caratteristiche analoghe di orientamento e ombreggiamento stradale, di cui una soggetta a picchi di calore estremi, all'interno delle quali si è proceduto ad un'a-

analisi di dettaglio dei materiali costituenti le diverse superfici secondo le tre categorie sopra citate, effettuata tramite interpretazione delle foto aeree più recenti e sopralluoghi. La comparazione dei dati ha confermato che nell'area maggiormente critica vi è una percentuale notevolmente più alta di superfici con bassi valori di albedo, tra cui spiccano le superfici asfaltate (43% del totale, ovvero il 12% in più rispetto all'area a minore criticità), e una percentuale più ridotta di aree a verde (16% del totale, contro il 25% dell'area a minore criticità).

È inoltre da sottolineare come attraverso tale indagine comparativa si siano di fatto individuate, nell'area maggiormente critica, le superfici disponibili ad essere trattate, ai fini di una riduzione complessiva delle temperature superficiali, intervenendo sui materiali di finitura. Queste comprendono in particolare gli spazi pubblici (pari al 45% del totale; 24% al netto delle strade), su cui l'amministrazione può intervenire progettualmente senza limitazioni, ma anche, potenzialmente, gli spazi condominiali (24%) e le coperture piane degli edifici privati (8%), per i quali sono ipotizzabili forme d'incentivi e/o l'introduzione di norme di piano o regolamenti comunali ad hoc volti a favorirne la ristrutturazione in chiave resiliente.

## Conclusioni

Il percorso di ricerca sintetizzato nei paragrafi precedenti è proseguito, nell'ambito dell'Unità Operativa di Firenze impegnata nel PRIN, con la classificazione delle soluzioni tecnologiche oggi disponibili, desunte da un'ampia varietà di casi studio internazionali, per tradurre in azioni progettuali concrete gli obiettivi di rigenerazione resiliente delle aree urbane definiti in partenza. Tale classificazione dà anche conto di quali soluzioni siano in grado di rispondere contestualmente a diverse criticità, abbinando ad esempio l'effetto di mitigazione dei picchi di calore alla capacità di ridurre il ruscellamento superficiale delle acque meteoriche che, in caso di precipitazioni estreme, non possono essere assorbite dal sistema fognario. Si è così delineato un percorso metodologico coerente, che, a partire dalla interpretazione dei fenomeni climatici a una scala territoriale necessariamente vasta, arriva a definire gli ambiti di intervento su cui un'amministrazione comunale può indirizzare, secondo un ordine

di priorità e in modo incrementale, le risorse disponibili, attingendo a un repertorio di soluzioni tecnologiche i cui effetti possono essere simulati durante la progettazione ai fini dell'ottimizzazione dei risultati.

L'interessamento manifestato dal Comune di Scandicci – Assessorato all'Ambiente verso i risultati fin qui prodotti ha aperto inoltre la possibilità di inserire nel Piano degli obiettivi dell'ente un obiettivo pluriennale dedicato alla resilienza urbana ed alla gestione delle relative criticità, all'interno del quale saranno individuate, applicando il protocollo operativo della ricerca, una serie di azioni sullo spazio pubblico con cui testare l'affidabilità delle simulazioni relative alle soluzioni progettuali adottate.

## Note

\* Dipartimento di Architettura, Università degli studi di Firenze, francesco.alberti@unifi.it, giulia.guerri@stud.unifi.it

1. Ad oggi le uniche città italiane ad aver predisposto un piano di adattamento ai cambiamenti climatici sono Bologna (2015) e Padova (2017).

2. Progetto di Ricerca di Rilevante Interesse Nazionale (ricerca finanziata dal MIUR - bando 2015). Principal investigator: prof. M.R. Losasso (Università degli Studi di Napoli Federico II). Il progetto coinvolge sei Unità Operative (Università di Napoli Federico II, Napoli II, Reggio Calabria, Roma, Firenze e Milano). Coordinatore scientifico dell'UO di Firenze: prof. R. Bologna (Tecnologia dell'Architettura); responsabile della ricerca per gli aspetti urbanistico-territoriali: prof. F. Alberti.

3. La ricerca ha preso avvio con la tesi di laurea di Giulia Guerri, "Resilienza urbana al cambiamento climatico. Nuovi metodi per l'analisi e il progetto", discussa nel luglio 2018 presso il Corso di laurea magistrale di Pianificazione e progettazione della città e del territorio della Scuola di Architettura di Firenze. Relatore: prof. F. Alberti; correlatori: prof. R. Bologna e dott. A. Crisci (CNR-IBIMET, Firenze).

4. Il metodo messo a punto da McHarg e descritto in *Design with Nature* (1969) utilizza fogli lucidi sui quali sono riportati, oltre agli elementi dei territori oggetto di studio corrispondenti a funzioni monetizzabili, anche «i valori sociali, estetici e relativi alle risorse», articolati in sottocategorie: valori comunitari, qualità panoramica, risorse faunistiche, forestali, etc., rappresentati con diverse tonalità di colore in ragione dell'importanza loro riconosciuta. Sovrapposendo i

lucidi si ottengono mappe in cui le parti rimaste trasparenti o con colorazioni più chiare identificano gli ambiti nei quali l'inserimento di nuove infrastrutture comporta costi monetari, sociali e ambientali relativamente minori.

5. Anche l'orientamento stradale influenza significativamente la distribuzione della radiazione totale sulle superfici stradali e la quantità di irradiazione solare stagionale e diurna delle stesse che si riverbera sulle superfici verticali. Infatti, a parità del valore h/w, si hanno condizioni di migliore comfort termico nelle strade con orientamento NE-SW o NW-SE.

6. HTC (Human Thermal Comfort) è un parametro che considera non solo gli effetti della temperatura dell'aria sul corpo umano, ma anche altri fattori microclimatici, quali umidità e vento. Rappresenta una condizione essenziale per i pedoni che possono essere suscettibili di stress dovuto a temperature elevate e isole di calore.

## Bibliografia

European Environment Agency. (2018), National climate change vulnerability and risk assessments in Europe.

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. (2017), Gli indicatori del CLIMA in Italia nel 2016.

Altobelli, A., Napolitano, R., Bressan, E., Mignozzi, K., Hubina T., Feoli, E. (2007) *Prodotti Modis per lo studio della vegetazione: teoria, applicazione pratica e problemi di scala*.

Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale. (2016), *Piano di Gestione del Rischio Alluvioni*.

ISTAT. (2017), *Annuario Statistico Italiano*.

McHarg, I.L. (1969), *Design with nature*. Trad. it. *Progettare con la natura*, Muzzio & C. editore, Padova, 1989.

Cao, A., Li, Q., Meng, Q. (2015), "Effects of orientation of urban roads on the local thermal environment in Guangzhou city" in *Procedia Engineering*.

Shashua-Bara, L., and M.E. Hoffman, M.E. (2000), "Geometry and orientation aspects in passive cooling of canyon streets with trees" in *Energy and Buildings*, (31:221-235).

Ali-Toudert, F., Mayer, J.H. (2006), "Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate" in *Building and Environment*, (41:94-108).

Ali-Toudert, F., Mayer, J.H. (2004), "Planning-oriented assessment of street thermal comfort in arid regions" in 21th Conference on Passive and

Low Energy Architecture. Eindhoven, Netherlands, (19-22).

Osmond, P. (2010), "Hemispherical photography as a tool for urban sustainability evaluation and design" in *Journal of Sustainable Development*, (134:63-74).

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*, (30:28-35).

De Abreu-Harbich, L.V., Labaki, L.C., Matzarakis, A. (2015), "Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics" in *Landscape and Urban Planning*, (138:99-109).

Lin, B. S., Lin, Y. J. (2010) "Cooling effect of shade trees with different characteristics in a subtropical urban park" in *Hort Science*, (45:83-86).

Lau, S., Yang, F., Taj, J., Wu, X.L., Wang, J. (2011), "The study of summer-time in heat island, built forma and fabric in a dense built urban environment in compact Chinese cities: Hong Kong, Guangzhou" in *International Journal of Sustainable Development*, (14:30-48).

Wong, N.H., Jusuf, S., Syafii, N., Chen, Y., Hajadi, N., Sathyanarayanan, H., and Y.V. Manickavasagam, Y.V. (2011), "Evaluation of the impact of the surrounding urban morphology on building energy consumption" in *Solar Energy*, (85:57-71).

Asaeda T., Wake, A. (1996), "Heat storage of pavement and its effect on the lower atmosphere" in *Atmospheric Environment*.