

D.5.1.2

Report on specific vulnerability and feasibility analysis for the Municipality of Udine

Coordination group:
Università Iuav di Venezia

Main authors
Francesco Musco, Denis Maragno, Gianfranco Pozzer,
Filippo Magni, Giovanni Carraretto

Contributors
Matelda Reho, Giuseppe Piperata, Micol Roversi Monaco, Greta Masut

Indice

| | |
|--|-----------|
| SUMMARY | 3 |
| 1 STUDIO DEGLI IMPATTI E VALUTAZIONI DI VULNERABILITÀ | 5 |
| 1.1 Caso studio del Comune di Udine..... | 6 |
| 1.1.1 Fonti e costruzione del quadro conoscitivo | 9 |
| 1.1.2 Analisi della vulnerabilità per ondate di calore | 11 |
| 1.1.2.1 Mappe tematiche di sintesi..... | 13 |
| 1.1.2.2 Discussione dei risultati..... | 17 |
| 1.1.3 Analisi della vulnerabilità da allagamento urbano | 18 |
| 1.1.3.1 Mappe tematiche di sintesi..... | 20 |
| 1.1.3.2 Discussione dei risultati..... | 23 |
| 2 CONCLUSIONI | 24 |
| 2.1 Limiti, opportunità e prospettive della ricerca | 25 |
| 2.1.1 Urban Heat Islands | 25 |
| 2.1.2 Urban flooding/runoff..... | 27 |
| 3 BIBLIOGRAFIA..... | 29 |

Summary

This document reports on the final results and conclusions of the Adriadapt project. This project is directly related to building a resilience information spatial platform for the city of Udine. The methodology adopted by the research supports the development of the knowledge base containing the data required to identify suitable climate adaptation and planning options. This approach can allow the local authority to respond to policy needs related to climate change. The knowledge base was jointly implemented by GIS applications with the participation of the Municipality. The objective of the document is to describe the results of the luav methodology to assess the vulnerability of spatial morphologies and urban functions regarding the following impacts: heat waves and urban flooding. The combination of GIS tools allows to spatialize the impacts with a set of geographical maps. Using ad hoc statistical models, it was possible to correlate the analysis of the impacts to geomorphological features by a variety of land use patterns and satellite indexes. The vulnerability assessment is activated through use of an integrated approach for spatial analysis the variables 'sensitivity' and 'adaptive capacity'.

The dataset used in this study includes:

- *DTM (Digital Terrain Model) (raster).*
- *Landsat 8 satellite images (raster/geotif).*
- *Land cover/Land use (SHP).*
- *Administrative unit boundaries (SHP).*
- *Buildings and infrastructures (street and railway, rivers, green infrastructures, etc.) (SHP).*
- *Hydrology map (SHP).*
- *Statistical information.*

The use of geo-databases built on hexagon matrices is the base of the vulnerability study. The hexagons represent a shape of the vulnerability with a specific size of 80 m. The vulnerability is counted through the evaluation of following parameters:

(for) Urban Heat Islands

Land surface temperature (LST).

mq building/mq hexagon.

Normalized difference vegetation Index (NDVI).

Normalized difference water index (NDMI).

(for) Urban flooding/runoff

Correlation between run-off and soil sealing.

The parameters allow showing how the impact topologies are potentially adverse to the dynamics of vulnerability.

The method can be used to evaluate the effects of the impacts and steers the procedures for the design of climate adaptation.

Urban heat Island

The study conducted in Udine shows a negative correlation between NDVI and LST. The correlation is also confirmed in the city center. In summary:

- *average LST: 30.14 ° C.*
- *Average built density: 37 percent of the total area.*

- Average NDVI: 0.16.

In the northern suburbs, the presence of green surfaces limits the loss of biodiversity and, together with wetlands, performs an important role of thermoregulation.

Urban flooding/runoff

The vulnerability derives from the increasing soil sealing and the inadequate management of surface runoff. The soil sealing deprives the land of its natural permeability, increasing the flow rate and speed of the runoff toward the drainage network. The general analysis shows a negative correlation between NDVI and runoff. The correlation is also confirmed in the pilot transept, where a lower runoff value corresponds to high value of NDVI.

1 Studio degli impatti e valutazioni di vulnerabilità

1.1 Caso studio del Comune di Udine

Descrizione Filippo su base cartografica di Giovanni C.

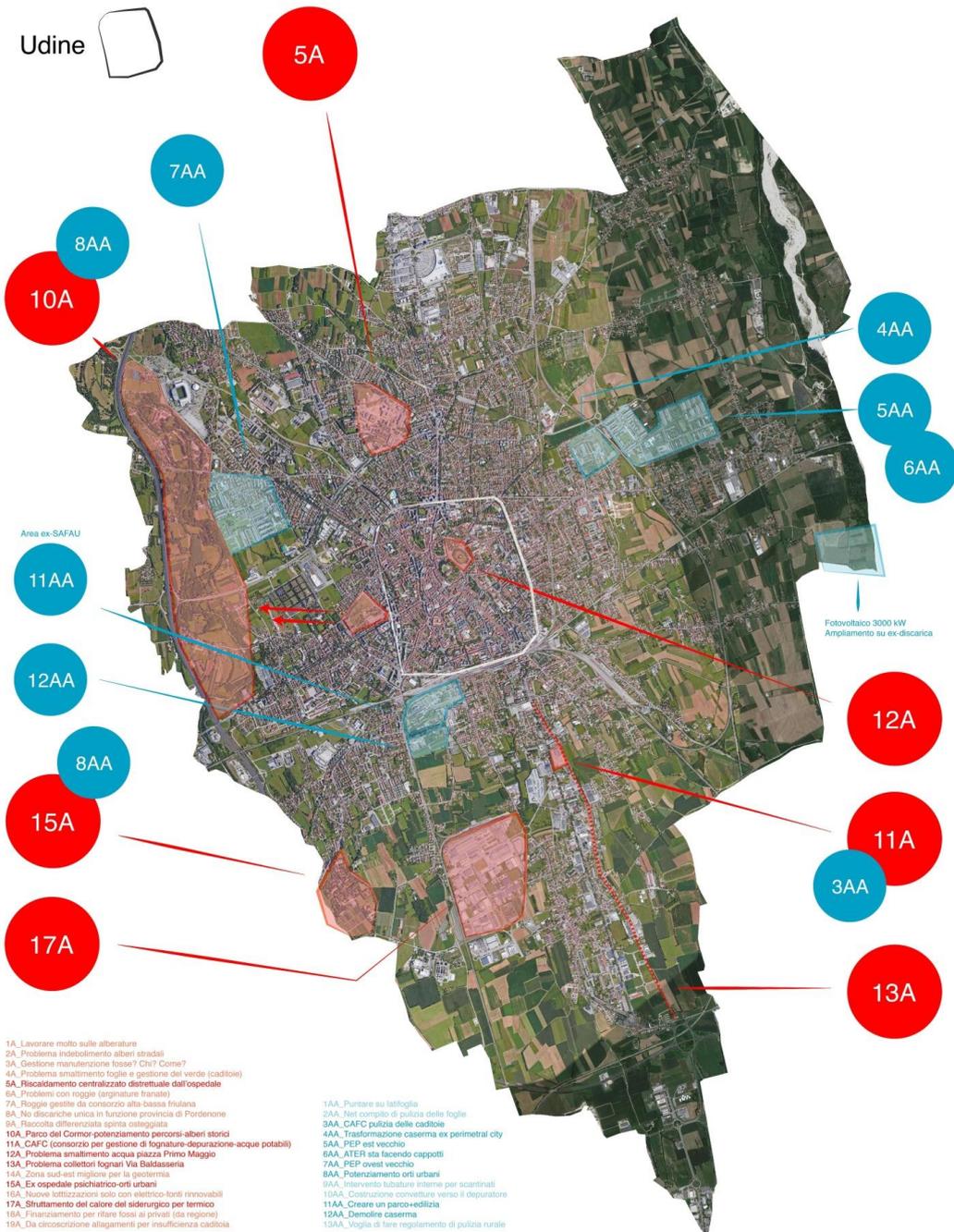


Figura 1 – Mappa delle percezioni e delle situazioni di criticità locale

Lo studio condotto per il comune di Udine considera due tipologie di impatto:

- *urban heat islands* (isole di calore);
- *urban flooding/runoff* (inondazioni urbane).

Lo studio è condotto per l'interno comune di Udine con affondi di analisi in due transetti pilota:

1. Centro città per l'*urban heat islands*.
2. Periferia nord della città per l'*urban flooding/runoff*.

Centro città

L'affondo nel transetto 'centro città' è dedicato a rilevare ed analizzare il fenomeno dell'isola di calore. L'area presenta le seguenti caratteristiche:

- alta densità abitativa;
- ampie superfici impermeabilizzate;
- presenza di un grande parco urbano (*Giardin Grande*).

Questo scenario di riferimento intende lavorare su due obiettivi:

- a) rilevare le aree più vulnerabili e maggiormente esposte alle ondate di calore;
- b) dimostrare come la presenza di infrastrutture verdi possa diventare un volano per adattare il sistema urbano agli effetti generati dal fenomeno UHI.

Periferia nord

L'affondo nel transetto della periferia nord è dedicato a rilevare ed analizzare il fenomeno del *runoff* urbano. L'area presenta le seguenti caratteristiche:

- moderata densità abitativa;
- buona presenza di superfici verdi/permeabili;

L'obiettivo è quello di mostrare come la presenza di una infrastruttura verde urbana sia in grado di garantire una riduzione significativa dei coefficienti di deflusso.

1.1.1 Fonti e costruzione del quadro conoscitivo

| Tabella 1 – Udine: fonti, dati e materiali | | |
|--|--|--------------|
| Categoria | Url | |
| Temî cartografici di base | <ul style="list-style-type: none"> • http://irdat.regione.fvg.it/CTRN/ricerca-cartografia/ • 'ADRIADAPT_shared' • https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1 | |
| Descrizione | Disponibilità | Formati |
| Carta tecnica regionale | Free download | SHP |
| Limiti amministrativi | Free download | SHP |
| DTM 25 m. | Free download | geo-tif |
| | | |
| Categoria | Url | |
| Cartografia tematica | <ul style="list-style-type: none"> • https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018 • 'ADRIADAPT_shared' | |
| Descrizione | Disponibilità | Formati |
| Uso e copertura suolo (CLC 2018) | Free download | SHP e GeoTif |
| Copertura del suolo Urban Atlas 2012 | Free download | SHP e GeoTif |
| Categoria | Url | |
| Immagini satellitari | https://earthexplorer.usgs.gov/ | |
| Descrizione | Disponibilità | Formati |
| Immagini satellitari Landsat 8 | Free download | Geotif |

| | | |
|-------------------------------------|--|---------|
| | | |
| Categoria | Url | |
| Dati Istat | Comune di Udine | |
| Descrizione | Disponibilità | Formati |
| Popolazione residente al 31/12/2019 | Su richiesta | Excel |
| | | |
| Categoria | Url | |
| Dati meteorologici | <ul style="list-style-type: none"> • https://www.ilmeteo.it/portale/archivio-meteo • https://www.3bmeteo.com/ | |
| Descrizione | Disponibilità | Formati |
| Dati termopluiometrici giornalieri | Free download | Html |

1.1.2 Analisi della vulnerabilità per ondate di calore

Per lo studio delle ondate del calore il processo di elaborazione è il seguente:

1. Dati utilizzati

- Carta tecnica regionale 1:5 000 in formato shapefile.
- Immagini satellitari Landsat 8 in formato geo-tif.
- Uso del suolo Urban Atlas 2012.
- Popolazione residente al 31/12/2019.

2. Elaborazioni raster

- Land surface temperature (LST) con precisione 15 cm.
- Normalized Difference Vegetation Index medio (NDVI) con precisione 15 cm.
- Normalized Difference Moisture Index (NDMI) con precisione 15 cm.

3. Elaborazioni vettoriali.

- Mappa degli edifici.
- Riclassificazione del database Urban Atlas in otto tipologie d'uso del suolo.
- Concentrazione popolazione residente al 31/2012/2019 per aree censuarie.

4. Costruzione del geo-database di unione delle informazioni spaziali forzate su un reticolo esagonale di lato 80 metri¹.

La gestione dei dati avviene tramite un database relazionale con un'unica matrice di valori su base esagonale per l'interno comune, con riferimento a 5 principali descrittori (o variabili).

Tabella 2 – Descrittori della matrice

| Unità statistica | LST | Densità edificato | NDVI | NDMI |
|------------------|--------------|--|--------------|--------------|
| Esagono | Valore medio | Rapporto tra la somma delle superfici degli edifici e la superficie dell'esagono | Valore medio | Valore medio |

¹ Vedi Maragno (2018).

Tutti gli indicatori calcolati sono rappresentabili su una scala di valori compresa tra 0 e 1².

La vulnerabilità è misurata in termini di un indice sintetico, ottenuto come differenza tra i parametri di *sensitivity* e quelli di *adaptive capacity*.

Tabella 3 – Componenti della vulnerabilità

| Unità statistica | Land surface temperature (LST) | Densità edificato | Normalized Difference Vegetation Index medio (NDVI) | Normalized Difference Moisture Index (NDMI) |
|------------------|--------------------------------|--------------------|---|---|
| Esagono | <i>Sensitivity</i> | <i>Sensitivity</i> | <i>Adaptive capacity</i> | <i>Adaptive capacity</i> |

² Questa operazione consente di aggregare valori di diversa natura dotati di un rango di variabilità non confrontabili.

1.1.2.1 Mappe tematiche di sintesi

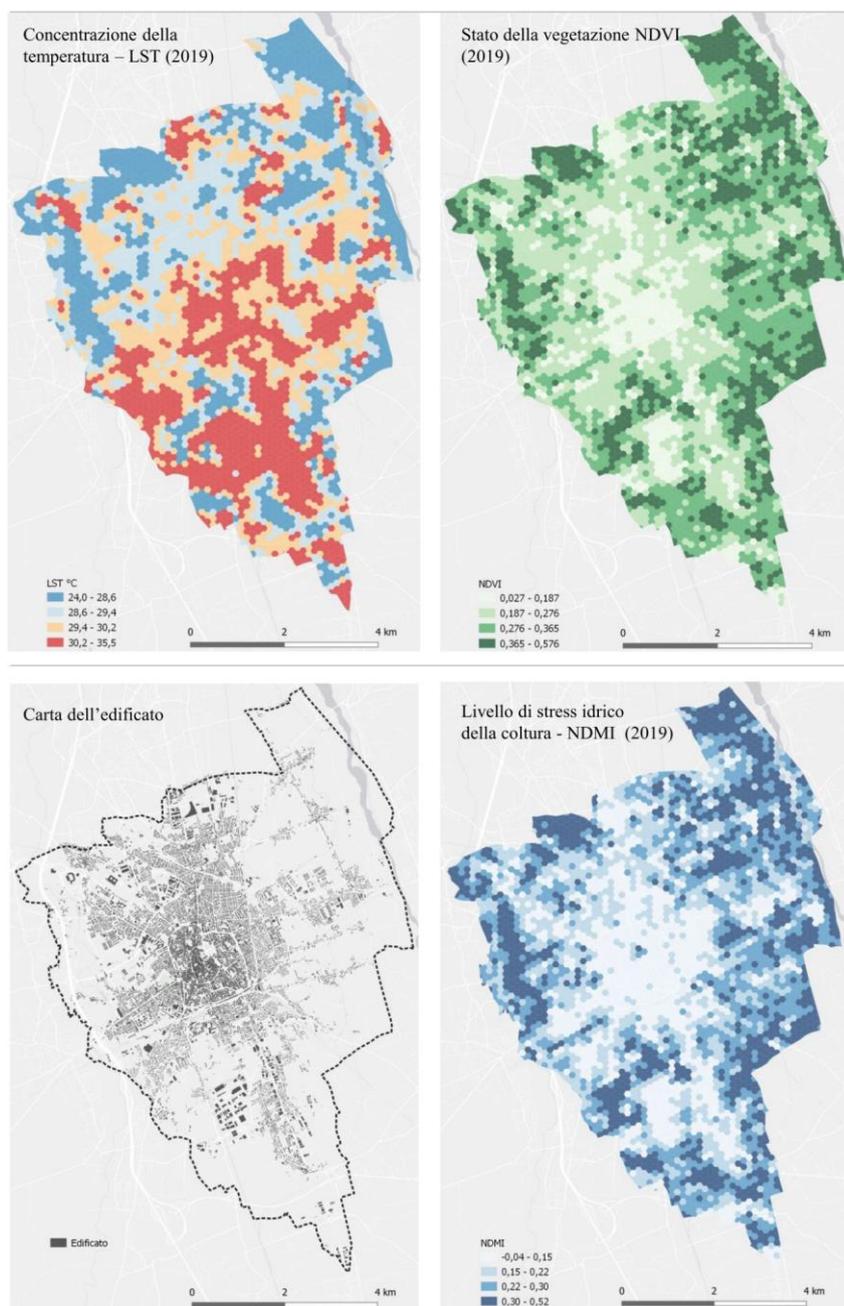


Figura 2 – Strati informativi di sensitivity (LST e edificato) e adaptive capacity (NDVI e NDMI)

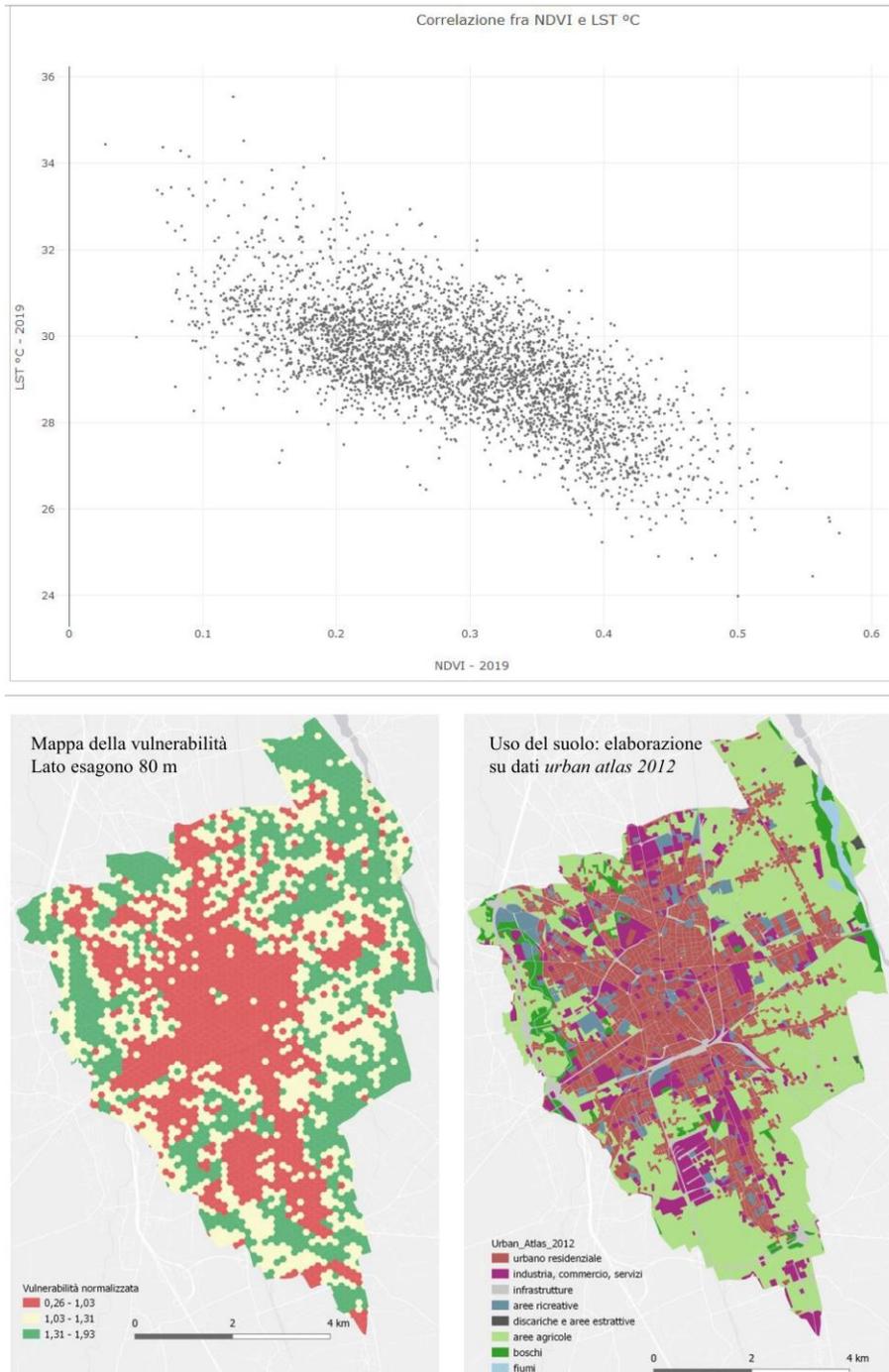


Figura 3 –Vulnerabilità normalizzata all’UHI e distribuzione bivariata NDVI/LST al 2019

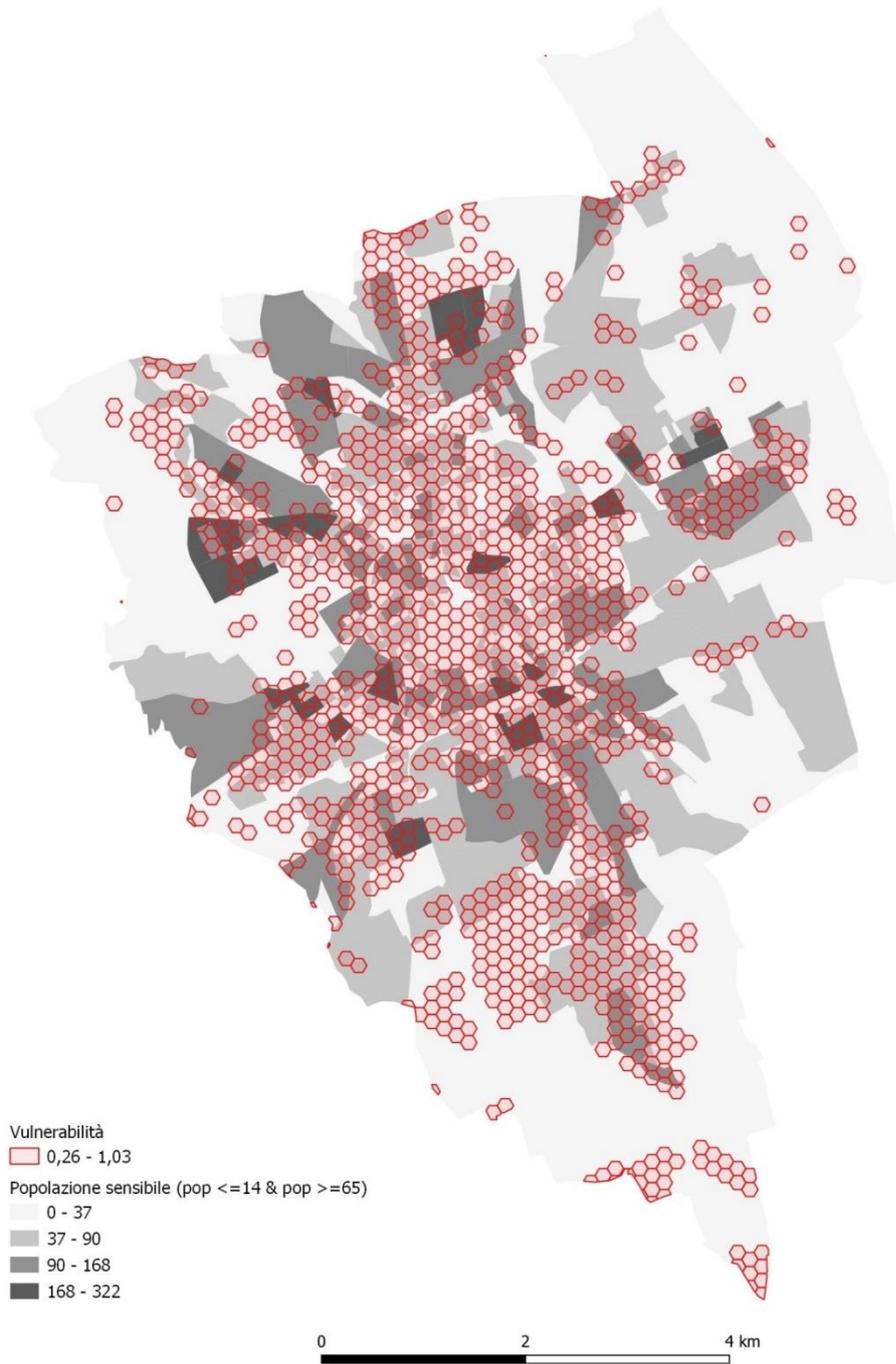


Figura 4 – Aree ad alta vulnerabilità e concentrazione della popolazione sensibile per sezioni censuarie

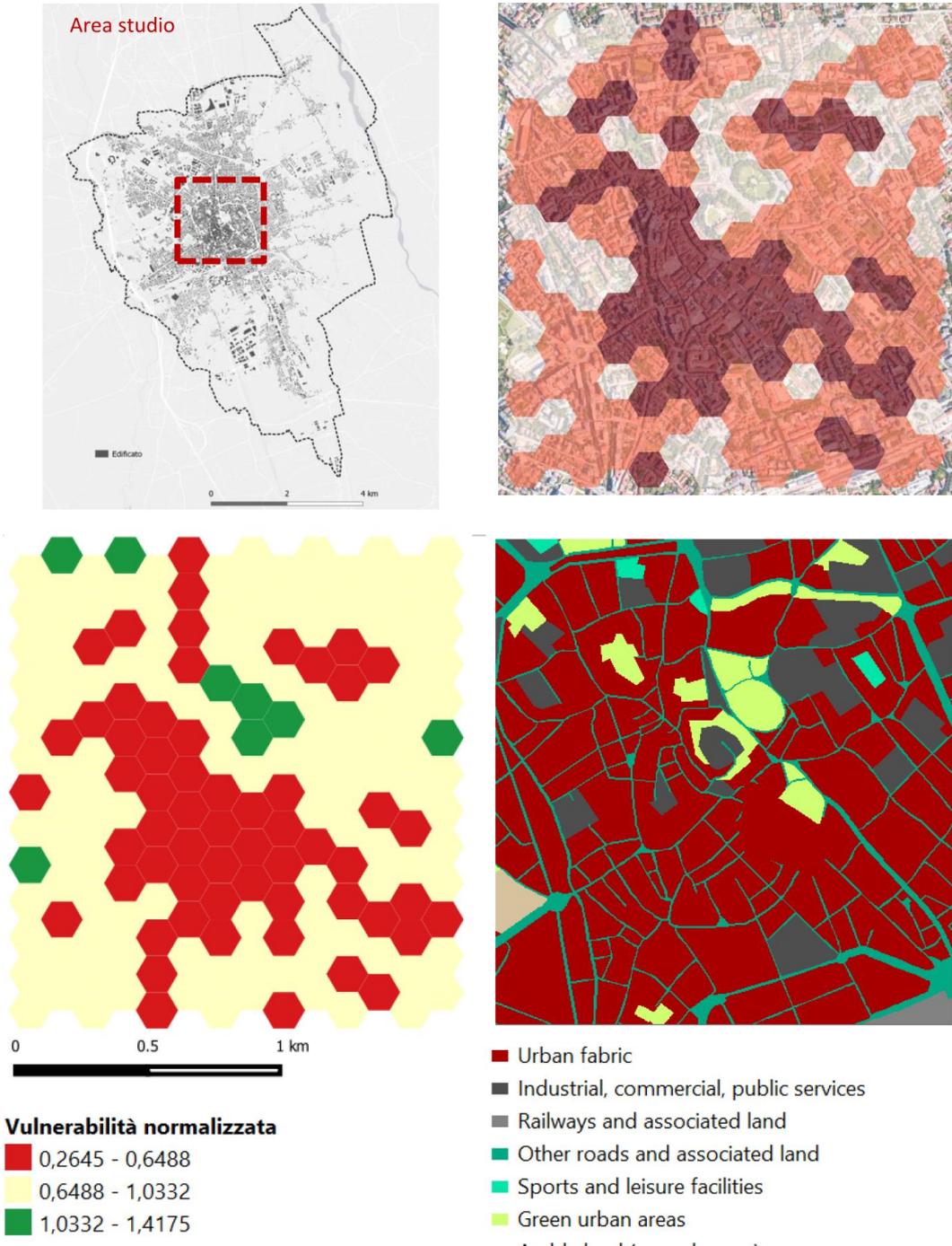


Figura 5 – Analisi del transetto pilota (centro città)

1.1.2.2 Discussione dei risultati

L'analisi consente di definire l'entità del fenomeno e di quantificare l'effetto delle variabili di mitigazione NDVI e NDMI. Il quadro di analisi generale evidenzia una importante correlazione negativa fra NDVI e LST. La correlazione viene confermata anche nel centro città, dove ad una LST elevata corrisponde un valore NDVI significativamente basso. In sintesi:

- LST media: 30,14 °C.
- Densità edificato media: 37% dell'area totale.
- NDVI media: 0,16.

Alle superfici verdi della città si riconosce un ruolo fondamentale nel limitare la perdita di biodiversità, oltre a quello (insieme alle aree umide) di termoregolazione. Si può dunque affermare che in presenza di areali verdi elevati l'azione mitigatrice al fenomeno UHI risulta assolutamente presente.

1.1.3 Analisi della vulnerabilità da allagamento urbano

Per lo studio dell'*urban flooding* (o *runoff*) il processo di elaborazione è il seguente:

1. Dati utilizzati
 - DTM (25 m cell size).
 - Uso e copertura suolo CLC 2018 in formato vettoriale.
 - Uso del suolo Urban Atlas 2012.
 - Immagini satellitari Landsat 8 in formato geo-tif.
2. Elaborazioni vettoriali.
 - Assegnazione dei coefficienti di deflusso per tipo di uso del suolo (CLC 2018);
 - Riclassificazione del database Urban Atlas 2012 in otto tipologie d'uso del suolo.
3. Elaborazioni raster
 - correlazione dei coefficienti di deflusso al modello di uso del suolo e alle funzioni di direzione e di accumulo (*flow direction* e *flow accumulation*);
 - Normalized Difference Vegetation Index medio (NDVI) con precisione 15 cm.
4. Costruzione del geo-database di unione delle informazioni spaziali forzate su un reticolo esagonale di lato 80 metri.
 La gestione dei dati avviene tramite un database relazionale con una unica matrice di valori su base esagonale per l'interno comune, con riferimento a 3 principali descrittori (o variabili).

Tabella 4 – Descrittori della matrice

| | | |
|------------------|--------------|--------------|
| Unità statistica | NDVI | Runoff |
| Esagono | Valore medio | Valore medio |

La vulnerabilità è misurata in termini di runoff, ossia in coefficienti di deflusso delle acque superficiali.

Gli indicatori di *sensitivity* e *adaptive capacity* vengono considerati dal modello nel seguente modo:

Tabella 5 – Componenti della vulnerabilità

| Unità statistica | Modello digitale del terreno | Usi del suolo | Coefficienti di deflusso | |
|------------------|------------------------------|---------------|--------------------------|---------------------|
| | | | 0,9 aree impermeabili | 0,1 aree permeabili |
| Esagono | Sensitivity | Sensitivity | Adaptive capacity | Adaptive capacity |

1.1.3.1 Mappe tematiche di sintesi

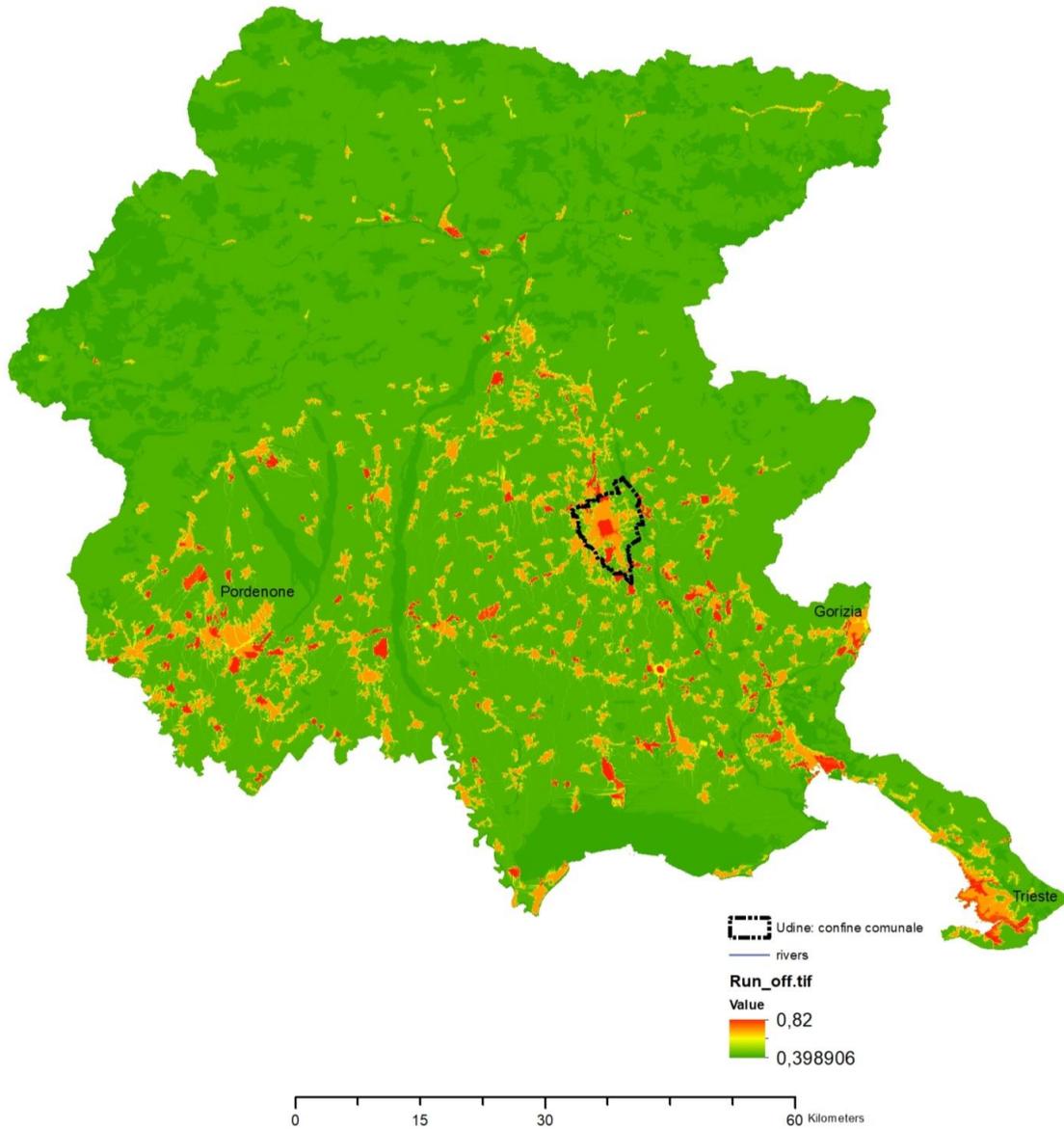


Figura 6 – Stima del comportamento idraulico del territorio del Friuli Venezia Giulia relativo all'uso del suolo all'anno 2018 (CLC).

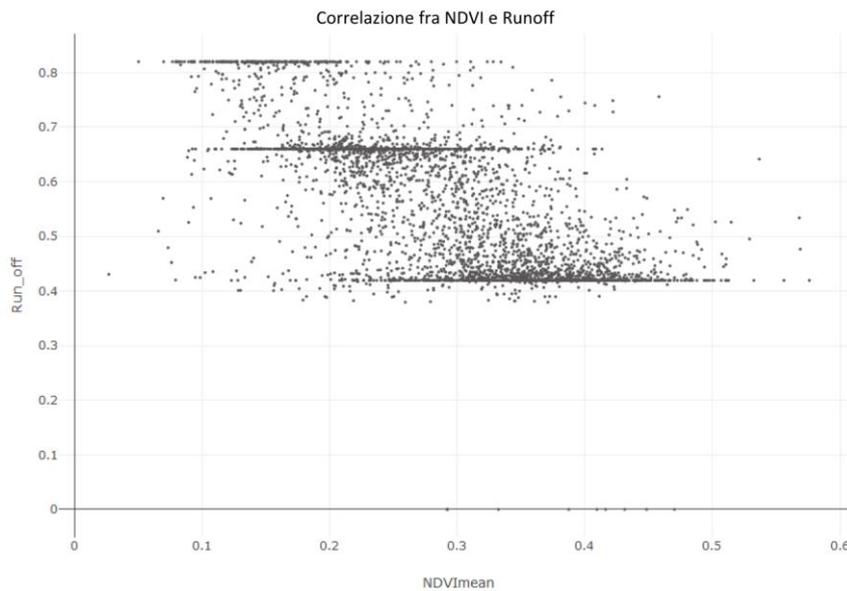
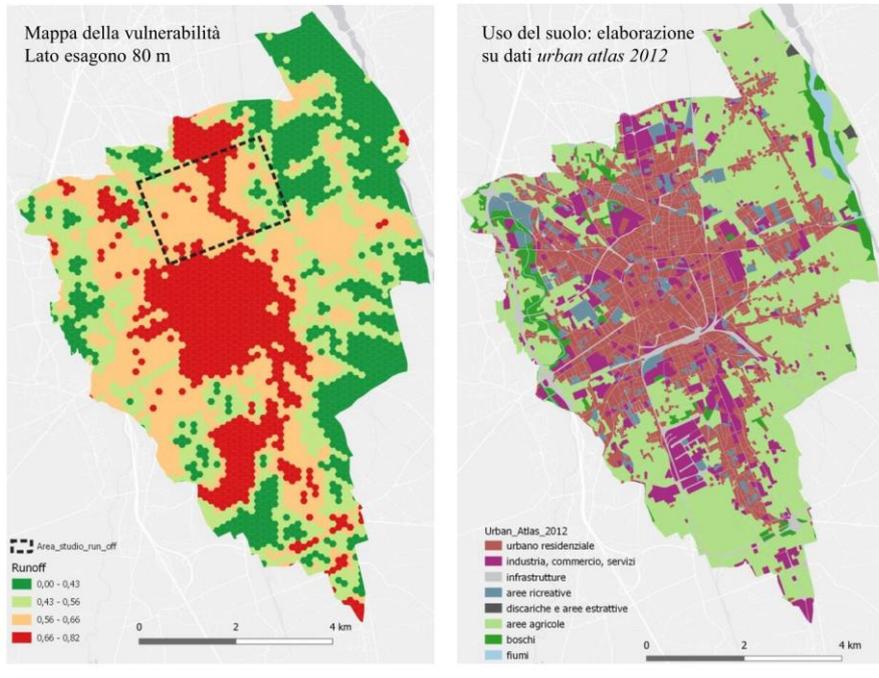


Figura 7 – In alto mappa di vulnerabilità relativa al runoff calcolato sul modello di uso del suolo al 2018 (CLC) e confronto con l'uso del suolo al 2012 (Urban Atlas); in basso distribuzione bivariata NDVI v. runoff

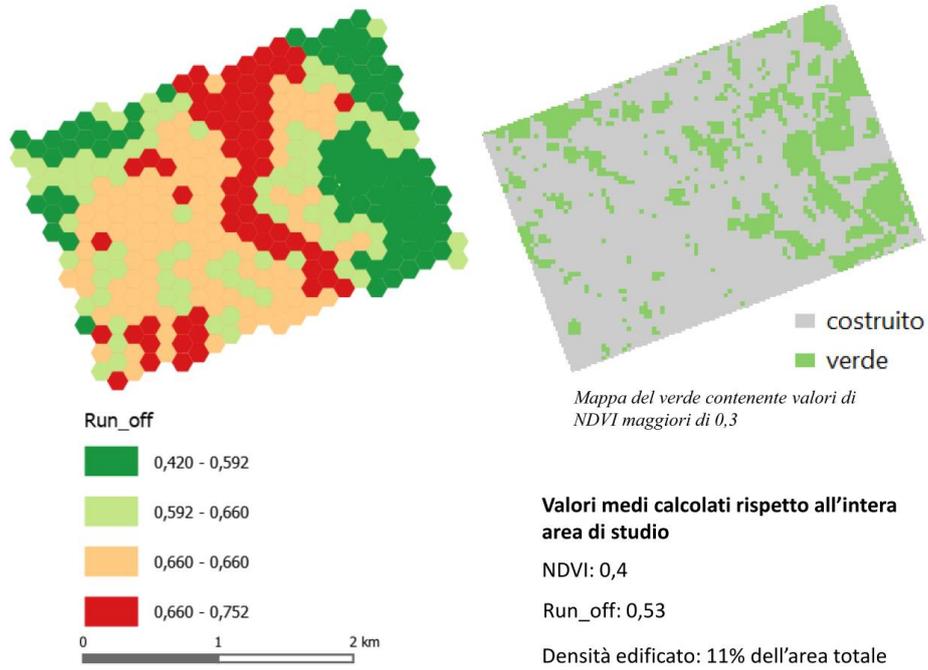


Figura 8 – Analisi del transetto pilota (periferia nord)

1.1.3.2 Discussione dei risultati

La vulnerabilità deriva dalla crescente impermeabilizzazione dei suoli e dalla non adeguata gestione dei deflussi superficiali. Con le impermeabilizzazioni le superfici vengono private della loro capacità di filtrazione delle acque, aumentando la portata e la velocità dei deflussi che giungono alla rete di drenaggio.

Il quadro di analisi generale evidenzia una correlazione negativa fra NDVI e runoff. La correlazione viene confermata anche nel transetto pilota, dove ad una NDVI elevata corrispondono valori di deflusso superficiali più contenuti.

2 Conclusioni

The results provide useful information for reading and interpreting the territory in terms of vulnerability to climate change. The study of the impacts indicates the need to activate governance models that are more coordinated with spatial planning and with the tools for monitoring and evaluating the effects generated by climate change. The aim of the study is to promote the construction of strategic scenarios for the assessment of vulnerability through the use of an interdisciplinary reading of the different systems that define the urban environment. The results obtained guide the improvement margins of the analytical-methodological and of the methodological-instrumental apparatus. These improvements concern the possibility of building research policies to investigate the construction of the best territorial performances in response to climate change. In conclusion, the studies conducted in the various territorial realities introduce innovative aspects. These aspects suggest new research opportunities and new job prospects based on reading the conceptual relationship between the multi-objective analysis model of impacts and the spatial representation of territorial vulnerability.

2.1 Limiti, opportunità e prospettive della ricerca

2.1.1 Urban Heat Islands

La metodologia sviluppata da Luav in ottica *Urban Heat Islands* (UHI) consente di valutare le performance del territorio rispetto all'impatto considerato, ossia: le ondate di calore.

Lo studio si fonda su due indicatori: a) sensitività all'impatto; b) capacità di adattamento. La restituzione semaforica (ad esagoni) dell'impatto, e quindi della sua azione vulnerate, risulta fortemente dipendente dalla ricchezza dei tessuti della città e dalle sue caratteristiche morfologiche.

Per ipotizzare le condizioni di vulnerabilità e adattamento si considerano le seguenti componenti fisico-ambientali: temperature elevate (derivate da immagini multispettrali provenienti da sensori satellitari), superfici edificate, presenza di vegetazione e umidità del suolo. Ne deriva uno scenario che identifica aree a diversa vulnerabilità territoriale in presenza di una eventuale ondata di calore superiore alla media.

Partendo da un presupposto di adeguata veridicità del modello, in condizioni di aumento costante delle temperature estive è plausibile pensare che queste aree vadano incontro ad una amplificazione (o massimizzazione) della propria 'criticità comportamentale'. La potenzialità del metodo Luav è riconducibile al fatto di poter identificare in anticipo queste aree e di renderle resilienti ancor prima che queste condizioni climatiche avvengano.

Risultati

Lo studio consente di contestualizzare spazialmente la vulnerabilità alle ondate di calore in relazione a diverse tipologie di aggregazione (sia naturali che antropiche): morfologie del costruito, tipo-morfologie, aree verdi urbane, aree umide, spazi rurali e così via. I primi risultati dimostrano che la presenza di vegetazione in città assume un ruolo rilevante nella mitigazione dell'isola di calore. Ciò suggerisce di considerare l'aspetto multifunzionale dello spazio verde avvalendosi di un progetto urbano eco-sistemico di connessione tra areali verdi urbani e areali verdi extra-urbani.

Limiti e opportunità

Tra le principali opportunità di miglioramento dell'indagine emerge la necessità di arricchire la valutazione dell'impatto con indicatori relativi al micro-clima locale e con analisi di trend climatici opportunamente modellizzati³. Ciò può consentire di definire in modo più dettagliato le performance di adattamento dei sistemi urbani e i livelli di vulnerabilità del territorio.

Prospettive

L'aspetto innovativo dello studio è duplice:

- a) critico-esplorativo a carattere multidisciplinare e multiscalare;
- b) tecnologico-sperimentale.

Le nuove analisi e prospettive per la gestione sostenibile del fenomeno UHI sono le seguenti:

- uso dello studio di vulnerabilità in ottica di integrazione dei quadri conoscitivi territoriali legati alla valutazione del rischio;
- uso dei dati di vulnerabilità a supporto delle pratiche di governo del territorio e della progettazione di strategie di *urban design* per l'adattamento della città ai cambiamenti climatici;
- sviluppo di pratiche di rigenerazione e di ri-funzionalizzazione degli assetti insediativi opportunamente correlato al rafforzamento dell'efficienza energetica ed ecosistemica urbana;
- riprogettazione del territorio per topologie di aggregazione interpretate secondo diversi gradienti climatici e di densità urbana in una dimensione transcalare e multiscalare;

³ Si vedano, ad esempio, le simulazioni climatiche ad alta risoluzione sviluppate dal CMCC o dal progetto MERIDA (*MEteorological Reanalysis Italian DATaset*).

2.1.2 Urban flooding/runoff

Risultati

Lo studio del runoff consente di modellizzare, e quindi simulare, il comportamento delle acque superficiali con conseguente determinazione delle aree di afflusso e deflusso. Si tratta della restituzione di un indice cartografico che fissa delle soglie di criticità idraulica calcolate e ponderate sulla morfologia del territorio e sulla risposta idraulica degli usi del suolo in termini di capacità di assorbimento delle acque meteoriche. È opportuno considerare queste aree solo come delle partizioni geografico-territoriali dotate di una certa vulnerabilità all'allagamento, la quale varierà a seconda dell'intensità dell'evento pluviometrico e in base alla sua distribuzione spaziale.

I risultati ottenuti possono essere assunti come base per procedere ad una tipizzazione dei PAI anche a scala urbana, favorendo la connessione fra pianificazione strutturale, operativa e gestione dei cambiamenti climatici.

Limiti e opportunità

Tra le principali opportunità di miglioramento dell'indagine emerge la necessità di ricalibrare i risultati di runoff in un intervallo di accettazione sulla base di approfondimenti anche di natura geologica e climatica (indicatori del micro-clima locale e simulazioni). Ciò può consentire di definire in modo più dettagliato le performance idrauliche del territorio in combinazione con altri elementi di stressor e tipi di rischio.

Prospettive

La mappa interpretata dei coefficienti di deflusso può essere "standardizzata" consentendo la generazione di una zonizzazione utile a riconoscere gradienti di criticità locale. La zonizzazione può essere di supporto alle politiche di riqualificazione, tutela e sviluppo, sensibili al concetto di invarianza idraulica e alle strategie complementari mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici.

Riflessioni operative possono maturare dal confronto con il piano regolatore comunale nelle tre componenti costitutive: quadro conoscitivo, strategie e normative.

Questa tipologia di studio potrebbe consentire di sviluppare proposte operative per quanto concerne le dimensioni analitiche, la considerazione del progresso e degli eventuali impatti

cumulativi, favorendo così un naturale processo di aggiornamento delle mappe del rischio (PAI) sia in aree centrali che di margine, cogliendone gli elementi dinamici.

3 Bibliografia

- Arnbjerg-Nielsen K., Willems P., Olsson J., Beecham S., Pathirana A., Bülow Gregersen I., Nguyen V. T. V. (2013), "Impacts of climate change on rainfall extremes and urban drainage systems: a review", *Water Science and Technology*, 68(1), 16-28.
- CMCC (2017), *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici – PNACC. Allegato tecnico-scientifico impatti, vulnerabilità e azioni di adattamento settoriali*, Venezia (versione luglio 2017).
- IPCC (2014), *Climate Change: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Maragno, D. (2018), *Ict, resilienza e pianificazione urbanistica. Per adattare la città al clima*, Milano: Franco Angeli.
- Oke T.R. (1982), "The energetic basis of the urban heat island", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24.
- Oude Essink G. H. P. (2001), Improving fresh groundwater supply – problems and solutions, *Elsevier, Ocean & coastal management* 44, pp.429-449
- Pileri P. (2007), *Compensazione ecologica preventiva. Principi, strumenti e casi*, Roma: Carocci Editore.
- Pileri P. (2015), *Che cosa c'è sotto. Il suolo, i suoi segreti, le ragioni per difenderlo*, Milano: Altreconomia Edizioni.
- Pozzer G. (2015), "Consumo di suolo e gestione del rischio idraulico: test per l'invarianza idraulica nella pianificazione territoriale", in Munafò M., Marchetti M., a cura di, *Recuperiamo terreno. Analisi e prospettive per la gestione sostenibile della risorsa suolo*, Milano: Franco Angeli, pp. 168-180, ISBN 9788891713858.
- Lerer S. M., Arnbjerg-Nielsen K., & Mikkelsen P. S. (2015), "A mapping of tools for informing water sensitive urban design planning decisions-questions, aspects and context sensitivity", *Water*, 7(3), 993-1012.