

Isabella Zamboni\*

\* Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura (DPIA) – Università degli Studi di Udine, RtdA – Icar 19/ Restauro  
(isabella.zamboni@uniud.it).

## PATRIMONIO COSTRUITO E CAMBIAMENTI CLIMATICI. STATO DELL'ARTE, PROSPETTIVE E COMPETENZE MULTIDISCIPLINARI

### Summary

**The built heritage and climate change. The state of play, prospects and multidisciplinary skills.**

The paper aims to review the national and European reference tools and resources on the impacts of the current climate crisis on cultural heritage, focusing on the built heritage, and to trace progress made in research in this field. The legal frameworks, methodologies and studies selected here present the state of play as regards cultural heritage conservation and environmental risk prevention in Italy. They also act as a guide for the research perspectives that specialists (including archaeologists who study buildings) should consider in the immediate future. At the European level, the urgency that emerges from the recent IPCC, UNEP and COP 28 reports contrasts with the scarcity of national measures for the climate, including the cultural heritage. Although Italy sets an encouraging example thanks to its Adaptation Strategy (SNAC 2015) and Adaptation Plan (PNACC 2023; currently awaiting approval), local authorities need robust scientific references in order to update and/or develop their management tools, and adopt adequate mitigation and adaptation measures, to supplement conservation needs. To achieve these objectives, approaches based on risk, and on *Preventive and Planned Conservation* (MOIOLI 2023), constitute the internationally agreed strategy which heritage conservation specialists must contribute to, by planning targeted knowledge pathways that also meet the structural priorities outlined in the Sendai Framework (UN 2015).  
*Keywords:* climate change, cultural heritage, environmental risk, qualitative tools, archaeology of architecture.

### Riassunto

Il lavoro si propone di delineare i principali riferimenti nazionali ed europei inerenti agli impatti della crisi climatica in atto sul patrimonio culturale, con focus su quello costruito, e agli avanzamenti delle ricerche in merito. Si intende evidenziare, attraverso richiami normativi, metodologici e bibliografici lo stato dell'arte sulla conservazione e prevenzione del patrimonio culturale dai rischi ambientali e climatici in Italia e riflettere sulle prospettive di ricerca che gli specialisti, tra i quali l'archeologo delle architetture, dovranno tracciare nell'immediato futuro. A livello europeo, il carattere di urgenza che emerge dai recenti rapporti di IPCC, UNEP e COP 28 contrasta con la scarsità di misure nazionali per il clima che includono il patrimonio culturale. Nonostante l'Italia costituisca un esempio incoraggiante grazie alla Strategia di adattamento (SNAC 2015) e al Piano in corso di approvazione (PNACC 2023), le Amministrazioni locali necessitano di riferimenti scientifici robusti per l'aggiornamento e/o sviluppo dei propri strumenti di gestione e per l'adozione di adeguate misure di mitigazione e adattamento che integrino le istanze della conservazione. Per raggiungere questi obiettivi, gli approcci basati sul rischio e sulla *Conservazione preventiva e programmata* (MOIOLI 2023) rappresentano la strategia internazionalmente condivisa alla quale gli specialisti della conservazione del patrimonio devono saper contribuire pianificando percorsi della conoscenza mirati che rispondano anche alle priorità strutturali del Quadro di Sendai (UN 2015).

*Parole chiave:* Cambiamenti climatici, Patrimonio culturale, rischi ambientali, strumenti qualitativi, Archeologia dell'architettura.

## 1. Impatti della crisi climatica sul patrimonio culturale: i documenti internazionali e nazionali

### 1.1 Sviluppo del tema nel quadro internazionale

L'impatto dei cambiamenti climatici sul patrimonio culturale è stato oggetto di crescente attenzione negli ultimi 20 anni. Molti sforzi sono stati compiuti per valutare l'incidenza su diverse categorie di patrimonio e, più specificatamente, sui materiali da costruzione che caratterizzano l'architettura esistente (SESANA *et al.* 2021). Il mondo della ricerca si è mosso in parallelo alle strategie globali sul clima<sup>1</sup> segnalando negli anni l'importanza di considerare e valorizzare in tali politiche il ruolo del *cultural heritage*<sup>2</sup>

attraverso report UNESCO<sup>3</sup>, progetti europei<sup>4</sup>, documenti internazionali<sup>5</sup> e altre iniziative continentali<sup>6</sup>. A fronte di uno stratificato panorama di contributi e politiche<sup>7</sup>, e in relazione ai temi specifici delle riflessioni a seguire, si può evidenziare come siano nel tempo maturati alcuni assunti condivisi:

- le attività umane hanno inequivocabilmente causato il riscaldamento globale. La temperatura superficiale ha raggiunto nel 2011-2020 l'aumento di 1,1°C rispetto ai livelli preindustriali (periodo 1850-1900). Le emissioni globali di gas serra sono aumentate in modo diseguale all'interno dei paesi e tra gli individui a causa di numerosi fattori, fra cui l'uso non sostenibile dell'energia

<sup>1</sup> Per un quadro di sintesi in lingua italiana si rimanda a PNACC 2023, pp. 6-14 e pagine introduttive agli allegati I, II.

<sup>2</sup> «*Cultural heritage includes artefacts, monuments, a group of buildings and sites, museums that have a diversity of values including symbolic, historic, artistic, aesthetic, ethnological or anthropological, scientific and social significance. It includes tangible heritage (movable, immobile and underwater), intangible cultural heritage (ICH) embedded into cultural, and natural heritage artefacts, sites or monuments. The definition excludes ICH related to other cultural domains such as festivals, celebration etc. It covers industrial heritage and cave paintings*» (UNESCO Institute for Statistics, 2009 UNESCO Framework for Cultural Statistics). Link: <https://uis.unesco.org/en/glossary-term/cultural-heritage/>. Si veda anche Tosco 2014, pp. 59-85 e i riferimenti in MOIOLI 2023, p. 48.

<sup>3</sup> UNESCO 2007, 2008.

<sup>4</sup> *Noha's Ark* (SABBIONI *et al.* 2010); *FP7 Climate for Culture* (<https://www.climateforculture.eu/>); *HERACLES 5* (<https://www.heritageresearch-hub.eu/project/heracles/>); *ProteCHt2save* (<https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/ProteCHt2save.html>); *AdriaClim* (<https://programming14-20.italy-croatia.eu/web/adriaclim>).

<sup>5</sup> *The Agenda 2030 for Sustainable Development* (ONU 2015b), *The future of our past: Engaging Cultural Heritage in climate action* (ICOMOS 2019b), *European Cultural Heritage Green Paper* (ICOMOS, EUROPA NOSTRA 2021). Grazie a quest'ultimo documento, l'Europa ha potuto dimostrare il ruolo centrale del patrimonio culturale.

<sup>6</sup> Come, ad esempio, il *New European Bauhaus* (2020; EU 2021).

<sup>7</sup> Molte di queste stimolate dall'Accordo di Parigi (ONU 2015a).

- e del territorio, ma anche i cambiamenti progressivi di tali attività connesse a mutamenti di stili di vita, di modelli di consumo e produzione. La riduzione di queste emissioni ha il potenziale di mitigare l'entità dei futuri cambiamenti climatici (da ultimo IPCC 2023)<sup>8</sup>;
- il patrimonio culturale è una risorsa in evoluzione che sostiene l'identità, la memoria e il "senso del luogo" e ha un ruolo cruciale, essendo sottoposta a rischio, nel raggiungimento dello sviluppo sostenibile e nelle strategie di adattamento ai cambiamenti climatici (ICOMOS 2019b; ICOMOS, EUROPA NOSTRA 2021). I siti del patrimonio culturale e naturale, pur subendo l'immensa pressione dell'impatto dell'urbanizzazione e del degrado dovuto a fattori naturali e umani, sono fondamentali per il sostegno delle economie locali, dei mezzi di sussistenza e della qualità della vita negli insediamenti umani (ONU 2015b; ICOMOS 2019a);
  - vi è interazione continua tra *cultural heritage* e ambiente circostante, condizione che determina fenomeni di graduale esaltazione di vulnerabilità pregresse e di processi di degrado già in atto innescandone anche di nuovi, più complessi (UNESCO 2008; ICOMOS 2019b);
  - i cambiamenti climatici influiscono su frequenza, intensità, estensione spaziale e durata di eventi meteorologici estremi che inevitabilmente provocano manifestazioni di danno sul patrimonio non sempre facilmente prevedibili e, nei casi più gravi, veri e propri "pericoli climatici" a scale spazio-temporali più ampie (UNESCO 2008; ICOMOS 2019b; IPCC 2023);
  - risulta di primaria importanza la definizione di fattori climatici chiave (*stressors*), i loro meccanismi e impatti sul patrimonio culturale (SABBIONI *et al.* 2010; ICOMOS 2019b; SESANA *et al.* 2021);
  - è possibile combinare la mitigazione e l'adattamento (aspetti ritenuti complementari) con la conservazione del patrimonio e la salvaguardia dei valori culturali grazie ad approcci basati sulla cultura. I co-benefici che il patrimonio può fornire ricadono su temi come il riuso e recupero di edifici esistenti. Le buone pratiche di conservazione, alle quali è riconosciuto un ruolo essenziale per l'adattamento ai rischi ambientali e climatici, si concretizzano in un primo atto di identificazione dei valori e di documentazione del patrimonio culturale, seguito dalle attività di conservazione e protezione attraverso anche costanti pratiche di manutenzione e monitoraggio (UNESCO 2008; ICOMOS 2019b).

Il riferimento principe per la definizione di un quadro climatico passato, presente nonché per la valutazione degli scenari futuri, sono i rapporti dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC)<sup>9</sup>, dei quali l'ultimo in ordine

<sup>8</sup> I contributi più aggiornati sono elaborati tra fine 2021 e 2022 e sono alla base del *Sixth Assessment Report* (AR6) 2023. In linea con questo, la *Conference of the Parties – COP 28 (as the meeting of the Parties to the Paris Agreement)*, conclusasi il 13 dicembre 2023, ha emesso nella medesima data una versione di avanzata revisione e non definitiva del *First Global Stocktake* (FCCC/PA/CMA/2023/L.17, I, p. 2).

<sup>9</sup> Panel intergovernativo di scienziati sul cambiamento climatico che opera per conto dell'Onu ([www.ipcc.ch/](http://www.ipcc.ch/)), ulteriormente riconosciuto nella recente COP 28 (FCCC/PA/CMA/2023/L.17, II, p. 5).

di tempo (AR6, IPCC 2023) riporta previsioni ulteriormente aggravate e sottolinea che le politiche culturali sono ancora limitate, sebbene l'integrazione della cultura nelle strategie e nella pianificazione sia riconosciuta come un passo fondamentale per lo sviluppo di insediamenti sostenibili e resilienti. Sono pertanto ancora più urgenti azioni per colmare il divario tra l'adattamento esistente e quello necessario. Inoltre, per contenere il riscaldamento entro 1,5°C al di sopra dei livelli preindustriali, è essenziale dimezzare (circa) le emissioni di gas serra entro il 2030<sup>10</sup>, in tutti i settori dell'attività umana. I dati più recenti, evidenziati dall'ultimo rapporto UNEP (UN 2023), non sono incoraggianti anche se si ritiene che non tutto sia ancora perduto.

Per l'analisi del clima sul territorio nazionale sono di norma interrogate anche altre fonti e reti di monitoraggio (SNPA 2023a)<sup>11</sup> e sviluppati modelli di caratterizzazione climatica a scala locale, ad alta risoluzione, secondo diverse procedure di *downscaling* di dati globali<sup>12</sup>.

## 1.2 Il contesto italiano

La mancanza di integrazione di misure dedicate alla salvaguardia del patrimonio culturale nei piani e nelle strategie nazionali di mitigazione del rischio e adattamento è ritenuta uno degli elementi chiave a incidere sulla sua vulnerabilità. Nonostante la crescita dell'attenzione sul tema e i recenti progressi della ricerca scientifica, infatti, solo pochi paesi dell'Unione Europea hanno provveduto alla definizione di strumenti per l'adattamento con specifico riferimento a politiche per il *cultural heritage* (EU OMC 2022)<sup>13</sup>. L'Italia è uno fra questi grazie alla *Strategia nazionale per l'Adattamento ai Cambiamenti Climatici* (SNAC 2015) e al *Piano Nazionale*, che non ha attualmente completato il suo iter di approvazione (PNACC 2023). Il nostro Paese è, quindi, ritenuto dagli esperti un esempio incoraggiante in ambito europeo anche se sono ancora rari studi mirati all'impatto dei cambiamenti climatici sul patrimonio culturale, lacuna determinante se si tiene conto della complessità del contesto italiano<sup>14</sup>.

Nel piano italiano di adattamento è riservato lo spazio di approfondimento per due ambiti di particolare interesse in questo specifico contesto di discussione: *Insedimenti urbani e Patrimonio Culturale*. Per quanto concerne quest'ultimo, l'analisi di fattori climatici condizionanti l'insorgenza e l'accelerazione di fenomeni di degrado ma-

<sup>10</sup> Sino all'azzeramento delle emissioni nel 2050 come ribadito anche nella citata COP 28 (FCCC/PA/CMA/2023/L.17, II, p. 5).

<sup>11</sup> <http://www.scia.isprambiente.it/>.

<sup>12</sup> Ad esempio, per l'area del Nord-Est è stata messa a punto la Piattaforma Proiezioni Climatiche per il Nord Est (PPCNE), frutto di una collaborazione tra le ARPA del Friuli Venezia Giulia e del Veneto. Si tratta di uno strumento che consente a diverse tipologie di utenti, anche non esperti, di analizzare e visualizzare i possibili cambiamenti dei valori di precipitazione e temperatura dalla data odierna sino al 2100, anche a scala locale. Link: <https://clima.arpa.veneto.it/>.

<sup>13</sup> Il rapporto *Strengthening cultural heritage resilience for climate change*, commissionato dalla Commissione Europea sulla scia dell'Accordo di Sendai (UN 2015) ha avuto lo scopo di mappare lo stato della ricerca sul tema e lo stato dell'integrazione delle misure specifiche per il patrimonio culturale nelle politiche di adattamento al cambiamento climatico e di gestione e riduzione del rischio.

<sup>14</sup> Nel 2020 il Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC) ha pubblicato un rapporto sull'analisi del rischio aggregato in Italia dove si considera l'ambiente urbano tra i settori chiave del rischio atteso (SPAN, MEREU 2020, pp. 46-51).

terico e strutturale (in modalità diretta e indiretta) ha un ruolo fondamentale e deve relazionarsi al contesto in una prospettiva multidisciplinare e multi-scalare. Si mettono in luce gli impatti riscontrati a scala territoriale, urbana e architettonica tenendo conto di valori climatici misurati per il territorio italiano:

- «aumento degli eventi estremi di piovosità e delle temperature che con l'alternarsi di bagnatura ed essiccazione dei suoli aumentano il rischio di cedimento del terreno e accelerano il degrado delle strutture murarie;
- precipitazioni intense e frequenti che provocano una maggiore erosione dei siti archeologici e dannose inondazioni con effetti diretti sugli insediamenti storici;
- cambiamenti del regime idrologico e idrogeologico che mettono a rischio il patrimonio archeologico sepolto e gli insediamenti storici;
- cambiamenti nei modelli vegetazionali e correlato proliferare di specie invasive che minacciano l'integrità dei resti archeologici e dei paesaggi storici;
- aumento delle temperature che rende alcune piantagioni di specie arboree, storicamente autoctone, difficili da conservare;
- cambiamenti climatici con effetti sulla proliferazione di parassiti che minacciano l'integrità del patrimonio storico e dei paesaggi, in particolare in ambito agricolo;
- riduzione della copertura nevosa, ritiro dei ghiacciai che determinano dissesto e degrado del paesaggio;
- innalzamento del livello del mare e aumento delle tempeste che mettono in serio pericolo paesaggi storici, strutture, edifici e aree archeologiche nelle aree costiere;
- effetti legati al maladattamento, ovvero l'attuazione di particolari soluzioni che portano benefici in un settore, producendo allo stesso tempo effetti negativi su altri ambiti» (PNACC 2023, p. 77).

Dal momento che le politiche e le azioni di adattamento devono essere contestualizzate e pianificate caso per caso al fine di rispondere in maniera efficace a diverse necessità e situazioni a scala appropriata, si ritiene comunemente che esse debbano essere integrate nelle strategie, nei piani e nei programmi regionali e locali (SNAC 2015). Perciò, alcune Regioni italiane hanno affrontato il tema mediante propri atti di pianificazione strategica e a livello locale si sta procedendo alla redazione di *Piani Locali di Adattamento* (PNACC 2023, allegato III, pp. 29-33). Tali Amministrazioni, alle quali è noto che in Italia sia demandata la tutela e la prevenzione del patrimonio costruito diffuso, necessitano conseguentemente, e con urgenza, di solidi riferimenti scientifici a scala opportuna per lo sviluppo di strumenti di gestione e intervento che incrementino la resilienza e favoriscano l'adattamento a un clima che cambia, in relazione efficace con gli aspetti di conservazione, protezione e prevenzione. Il PNACC ribadisce la priorità delle attività di conoscenza e della valutazione delle vulnerabilità ai rischi del patrimonio culturale nell'elaborazione di tali strategie (PNACC 2023, allegato III, p. 289). Conoscenza che, come si avrà modo di discutere più avanti, si esplica attraverso un multidis-

disciplinare e integrato studio delle criticità esistenti nei beni sul territorio approfondendo, quindi, alcuni temi specifici del lavoro degli specialisti nella conservazione del patrimonio (come ad esempio archeologi, architetti, ingegneri, etc.) quali: tecnologie costruttive, materiali, trasformazioni, degrado, dissesto, in relazione «non solo agli *stressor* climatici locali ma anche ai profili di esposizione, sensibilità, capacità di adattamento e quindi rischio, derivanti da condizioni territoriali, infrastrutturali, socio-economiche specifiche (...). Dotare gli insediamenti urbani di questo supporto informativo e di conoscenza, attività che richiede l'impegno e il coinvolgimento delle Amministrazioni locali e dei cittadini è la prima e più urgente azione di adattamento» (PNACC 2023, allegato III, p. 228).

## 2. Il patrimonio costruito: multidisciplinarietà e stato della ricerca

### 2.1 *Progetti europei e a carattere nazionale*

Al progetto *Noha's Ark*, finanziato dalla Commissione Europea (2004-2007) e coordinato dall'Istituto delle Scienze dell'Atmosfera e del Clima del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-ISAC), è riconosciuto il ruolo di apripista, a scala continentale, per le indagini in merito all'impatto delle variazioni graduali del clima sui materiali propri dell'architettura esistente (SABBIONI *et al.* 2010). A questo innovativo filone di studi è anche ricondotta la definizione del tema di ricerca: *Heritage Climatology* (BRIMBLECOMBE 2010). L'approccio scientifico sperimentato ha costituito la base per i successivi progetti, tra cui il *FP7 Project Climate for Culture* (2009-2014), dove sono stati indagati sia impatti graduali che il danno relativo a eventi estremi sugli involucri degli edifici storici e negli ambienti interni (SARDELLA *et al.* 2020); e il progetto *HERACLES* (2016-2019), che si è focalizzato sullo sviluppo di sistemi e soluzioni di tecnologia dell'informazione e della comunicazione<sup>15</sup>.

Una recente revisione della letteratura (SESANA *et al.* 2021) aggiorna le conoscenze con riferimenti anche extra europei riportando la suddivisione degli impatti da cambiamento climatico nei tre macro settori frutto dell'impostazione delle ricerche precedenti:

- impatti del graduale cambiamento del clima sul patrimonio culturale esposto ad agenti esterni (crioclastismo, termoclastismo, variazione di precipitazioni, corrosione, degrado biologico, aloclastismo, variazioni del vento in termini di velocità e direzione);
- impatti del graduale cambiamento del clima sul patrimonio culturale in ambienti interni (cicli gelo-disgelo e di cristallizzazione salina, danni di tipo meccanico ai materiali e componenti lignee, degrado chimico e biologico);
- impatti dettati da cambiamenti ambientali (alluvioni, frane, innalzamento del livello del mare, cambiamenti di temperatura, salinità e acidità degli oceani, scioglimento ghiacciai, siccità e caldo estremo).

<sup>15</sup> Cfr. nota 4.

Emerge un quadro multidisciplinare in continua evoluzione dove le scienze pure svolgono un ruolo essenziale nella valutazione quantitativa degli impatti su singoli materiali costituenti e su sistemi costruttivi specifici combinando efficacemente le attività di rilievo e diagnostica allo sviluppo di funzioni matematiche del danno e di modelli, anche molto complessi, in grado di stimare l'insorgenza dei fenomeni di degrado nel patrimonio culturale e di prevederne lo sviluppo futuro in rapporto agli scenari climatici dell'IPCC. Pur nel crescente fiorire di ricerche su questi temi<sup>16</sup>, con una accelerazione negli anni più recenti, ancora limitate sono le applicazioni a edifici di interesse culturale, e rarissimi i casi studio italiani.

## 2.2 Indirizzi di ricerca della pianificazione territoriale e urbana

A un'altra scala, il tema dell'adattamento degli insediamenti urbani e dell'elaborazione di relative strategie nel settore della Pianificazione urbana ha visto un aumento dell'attenzione negli ultimi anni stimolato dall'avanzare delle iniziative internazionali e dall'incremento di consapevolezza sugli impatti dei cambiamenti climatici nelle città. La letteratura italiana specifica mostra numerosi lavori finalizzati alla messa a punto, a scala locale, di linee guida utili per l'aggiornamento degli strumenti di governo esistenti e/o lo sviluppo di nuovi Piani basati sull'analisi delle vulnerabilità del territorio e l'individuazione di aree prioritarie di intervento, sul progetto di strategie di adattamento che coinvolgano anche gli *stakeholder* e la cittadinanza, e sulla programmazione dell'attività di monitoraggio delle azioni proposte<sup>17</sup>. Le *Nature Based Solutions (NBS)*, azioni ispirate e supportate dalla natura (EU 2015, EU 2021), rappresentano la risposta condivisa in materia di strategie di adattamento in quanto offrono contemporaneamente servizi di grande valenza ambientale, ad esempio la connessione ecologica e la capacità di mitigazione dell'isola urbana di calore, fornendo riscontri concreti per lo sviluppo urbano eco-sostenibile.

## 2.3 Intervenire sul patrimonio architettonico italiano: alcune complessità e criticità

Un secondo aspetto che coinvolge la progettazione a più scale è l'urgente necessità di contenere (sino all'obiettivo di futuro azzeramento) il consumo di suolo (ICOMOS, EUROPA NOSTRA 2021; SNPA 2023b<sup>18</sup>). Ciò incoraggia ulteriormente il riuso e recupero delle architetture esistenti (in Italia il 35% antecedenti al 1960 da dati ISTAT) ma pone di fronte a complessità e criticità progettuali talvolta difficili da risolvere.

Se da un lato sono scientificamente provati gli impatti ambientali del costruito e, in particolare, il contributo in termini di CO<sub>2</sub> (IPCC 2023, UN 2022) e che gran parte dell'edilizia storica è caratterizzata da obsolescenze tecnologiche nel settore energetico, dall'altro si deve ricordare che tale patrimonio storico è in parte soggetto a tutela, in parte in attesa di procedure di verifica di interesse culturale, in parte non ancora riconosciuto. Questo, com'è noto, alimenta un divario normativo ancora insoluto tra edifici tutelati e non, che ha portato sia a un rallentamento progettuale nel caso dei manufatti sottoposti a vincolo (nonostante lo stimolo propositivo che dovrebbe scaturire dallo strumento della deroga), sia a un elevato rischio (in molti casi accertato a posteriori) di stravolgimento funzionale e architettonico per il patrimonio non vincolato.

La disciplina del Restauro ha riflettuto sulla ricaduta delle trasformazioni connesse alle progettualità di riuso e di riqualificazione energetica sul costruito storico italiano. Ciò ha determinato negli anni la produzione di specifiche linee guida (MIBACT 2015; BATTISTI 2016; EN 16883:2017; SIRA 2023, pp. 57-61), la sottoscrizione di significativi accordi tra Enti (MIBACT, ENEA 2017), il progressivo sviluppo di un dibattito sui beni oggetto di intervento e il controllo degli esiti (CARBONARA 2021; AVETA 2022; TROVÒ 2022), la redazione di protocolli di certificazione volontaria (GBC 2017)<sup>19</sup> e il continuo aggiornamento di manuali operativi (da ultimo BUDA 2023).

Nell'ambito degli interventi sui manufatti esistenti, non necessariamente vincolati, emergono principalmente due questioni strettamente connesse fra loro: la difficoltà di governo<sup>20</sup>, che ancora persiste talvolta aggravata da incentivi statali, dell'incidenza di interventi spesso standardizzati a incremento delle prestazioni; e il riconosciuto fondamentale ruolo del Restauro nei processi di mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici e nell'adattamento del patrimonio culturale ai rischi ambientali (ICOMOS 2019b; ICOMOS, EUROPA NOSTRA 2021). Per incrementare la qualità degli esiti progettuali appare ancora una volta necessario investire su un percorso conoscitivo strutturato, integrato e mirato agli aspetti diversi che scaturiscono dalla necessità di fornire risposte, strategie e soluzioni per il costruito storico in un contesto climatico mutato e mutevole. Il progetto di conoscenza, fatto anche di approcci qualitativi per individuare (e non sottostimare) le risorse prestazionali intrinseche del manufatto (DELLA TORRE 2013, MIBACT 2015; PRACCHI 2016; SIRA 2023, pp. 57-61), trova concordi gli esponenti di più settori disciplinari in quanto può governare la complessità della necessaria diagnosi energetica dei manufatti e dei loro impianti al fine di definire i suoi bisogni e le sue risorse per un'azione in termini migliorativi (secondo un approccio già delineato per l'incremento della sicurezza sismica), piuttosto che indurre a un semplice adeguamento

<sup>16</sup> I più recenti: CHOIDIS *et al.* 2021; LIBRALATO *et al.* 2021; BRIMBLECOMBE, RICHARDS 2022; FELITTI *et al.* 2022; RICHARDS, BRIMBLECOMBE 2022; MURADOV *et al.* 2022; BONGIOANNI 2023; BARONE, SARDELLA 2023; BRETTI, CESERI 2023; HERNÁNDEZ-MONTES *et al.* 2023.

<sup>17</sup> Si veda in via esemplificativa e non esaustiva: MUSCO *et al.* 2016; MUSCO, ZANCHINI 2014; LUCERTINI *et al.* 2018. Per altri casi studio nazionali e internazionali: MUSCO, FREGOLENTI 2014; BARONE *et al.* 2020, pp. 20-34; BROWNLEE *et al.* 2020; PNACC 2023, Allegato II. Numerose sono, inoltre, le attività di ricerca in corso come, ad esempio, il progetto europeo *Usage*, link: <https://www.usage-project.eu/home>.

<sup>18</sup> <https://www.isprambiente.gov.it/attivita/suolo-e-territorio/suolo/il-consumo-di-suolo/i-dati-sul-consumo-di-suolo>.

<sup>19</sup> Cfr. AA.VV. 2021.

<sup>20</sup> «Le ragioni della conservazione non sono pertanto garantite, e men che meno le stesse ragioni della conservazione congiuntamente al raggiungimento di obiettivi di efficientamento energetico, se non nei casi di attentissima volontà progettuale di perpetuare i valori riconoscibili sull'edificio, e/o per la presenza di norme di settore comunali in grado di limitare e condizionare le trasformazioni non solo di carattere tipologico, ma anche materiche, condizione, quest'ultima, poco diffusa» (TROVÒ 2022, p. 322).

(altamente trasformativo) ai requisiti minimi prestazionali richiesti dalle norme<sup>21</sup>.

Tenendo conto degli impatti via via misurati dagli esperti sui materiali costituenti (cfr. *supra*), è stata evidenziata, inoltre, la necessità di aggiornare e affinare gli strumenti di analisi tipici dell'architetto (e si ritiene a questo punto di specificare: anche dell'archeologo delle architetture) in merito ai parametri indicatori dei cambiamenti climatici e relativamente al riconoscimento di quei caratteri dell'architettura storica che rappresentano fattori di resilienza e buone pratiche (scelta del sito, selezione delle materie prime, tecnologie edilizie, finiture, condizioni di soleggiamento del complesso architettonico/corpo di fabbrica, soluzioni di drenaggio e raccolta delle acque etc.) (ICOMOS 2019b, pp. 21, 32; BRUSCHI 2020; BUDA 2023).

Il breve quadro tracciato, seppur non esaustivo, rimarca come nonostante l'attuale permanenza del menzionato impasse normativo, i professionisti dispongano, sempre di più, di riferimenti e linee guida utili alla ricerca di soluzioni specifiche per migliorare l'efficientamento energetico, abbassare le emissioni di gas serra delle architetture esistenti e per ridurre il più possibile l'impatto degli interventi rendendoli sostenibili anche nella prospettiva della conservazione di materia e valori.

In ultima istanza, dal punto di vista teorico vi è una generale concordanza e condivisa necessità di tenere assieme aspetti talvolta separati della ricerca e della progettazione attraverso l'uso di un approccio olistico, e basato sul concetto di rischio, che possa indirizzare allo sviluppo di azioni di mitigazione, adattamento e protezione nonché fornire ai gestori del patrimonio gli strumenti necessari per una pianificazione su più scale favorendo il trasferimento a questi attori degli esiti delle ricerche multidisciplinari (ICOMOS 2019b, p. 21).

### 3. La valutazione del rischio da cambiamento climatico: un approccio necessario

Il tema della valutazione del rischio da cambiamento climatico nel patrimonio culturale richiede anch'esso di essere inserito nel quadro internazionale, dove il *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030* indica un approccio globale alle politiche e alle operazioni di gestione multirischio di catastrofi e rappresenta l'atto fondamentale nel quale il patrimonio culturale è per la prima volta considerato come un incentivo per la resilienza delle società nei confronti della lotta al cambiamento climatico (UN 2015). Successivi documenti rafforzano questo indirizzo promuovendo, a diversi livelli di *governance* (dalle autorità nazionali sino ai singoli proprietari), lo sviluppo di buone pratiche per l'integrazione del patrimonio culturale nelle strategie nazionali (EU 2016) e formulando ulteriori raccomandazioni anche in riferimento alle priorità strutturali del citato Quadro di Sendai (BONAZZA *et al.* 2018b; EU OMC 2022; UNDRR 2022).

La valutazione del rischio è un campo di ricerca tipicamente multidisciplinare e può essere espresso secondo

tre approcci: quantitativo, semi-quantitativo e qualitativo (UNDRR 2022, p. 30)<sup>22</sup>. Il rischio di impatti legati al clima deriva, perciò, dall'interazione tra le sue tre componenti: la pericolosità o sorgenti di pericolo (che comprendono sia eventi naturali che tendenze pericolose legate al clima)<sup>23</sup>, la vulnerabilità<sup>24</sup> e l'esposizione<sup>25</sup> dei sistemi umani e naturali. I cambiamenti nel quadro climatico e nei processi socioeconomici sono ritenuti essere i *driver* centrali delle suddette componenti del rischio. Nell'ambito della bibliografia citata vi è una certa concordanza nel definire l'iter di approccio alle indagini, scandito da attività diverse, quali: identificazione degli eventi meteorologici, climatici e i cambiamenti climatici attesi nel periodo di riferimento per l'area di studio; riconoscimento di quali fenomeni o tendenze legate al clima rappresentano un pericolo per gli elementi esposti nell'area di interesse; definizione delle condizioni di esposizione; valutazione della vulnerabilità; stima dei rischi climatici e i relativa incidenza sul patrimonio (PNACC 2023, All. II, pp. 88-91)<sup>26</sup>.

La prospettiva di analisi del rischio consente notoriamente di coordinare gli aspetti della conservazione e mitigazione con quelli della prevenzione (da ultimo FIORANI 2023, p. 10; MOIOLI 2023, pp. 41-59)<sup>27</sup>. Le recenti pubblicazioni sulla *Carta del Rischio* (FIORANI *et al.* 2022; EAD. 2023) e sulla strategia della *Conservazione preventiva e programmata* (DELLA TORRE 2002; UNI 11897:2023; MOIOLI 2023) costituiscono attualmente risposte concrete, allineate anche ai riferimenti europei sui Piani di Conservazione (KEHR 2013, UNI EN 15898:2019).

### 4. Strumenti qualitativi, competenze e possibili prospettive per la ricerca sul patrimonio costruito soggetto a rischio climatico

Nonostante lo stato di avanzamento della ricerca sugli impatti dei cambiamenti climatici e *cultural heritage* nei suoi numerosi campi disciplinari, è chiara l'urgenza di nuovi partenariati, collegamenti e ricerche a sostegno di un ruolo più ampio per la cultura e il patrimonio nell'a-

<sup>22</sup> A partire dal 2014, l'IPCC ha aggiornato alcuni dei criteri di riferimento adeguandoli a quelli del precedentemente citato UNDRR sui rischi ambientali globali (PNACC 2023, All. I, p. 75).

<sup>23</sup> Il potenziale verificarsi di un evento fisico o una tendenza naturale o indotta dall'uomo che può causare la perdita di vite umane, lesioni o altri impatti sulla salute, nonché danni e perdite a proprietà, infrastrutture, mezzi di sussistenza, fornitura di servizi, ecosistemi e risorse ambientali (IPCC AR6 WGII 2022; PNACC 2023, tab. 5, pp. 33-37).

<sup>24</sup> La propensione o la predisposizione di un sistema ad essere influenzato negativamente. La vulnerabilità comprende una varietà di concetti ed elementi tra cui la *sensibilità* o *suscettibilità* al danno e la mancanza di capacità di far fronte e adattarsi (IPCC AR6 WGII 2022; UNDRR 2022, pp. 54-55; PNACC 2023, All. I, p. 77).

<sup>25</sup> La presenza di persone, mezzi di sussistenza, specie o ecosistemi, funzioni/servizi/risorse ambientali, infrastrutture, beni economici, sociali o culturali in luoghi e contesti che potrebbero essere influenzati negativamente (IPCC AR6 WGII 2022).

<sup>26</sup> Un kit di strumenti metodologici con le medesime finalità era stato precedentemente fornito anche dall'ICOMOS (ICOMOS 2019b, p. 22), mentre di recente pubblicazione è una procedura guidata per l'applicazione di uno specifico "Strumento di mappatura del rischio per la protezione del patrimonio culturale" (BONAZZA, SARDELLA 2023).

<sup>27</sup> Con rimando ai riferimenti del contesto (metà anni '70) in cui si sviluppa, attorno alla figura di Giovanni Urbani, il concetto di un approccio olistico relativo agli interventi a scala territoriale su ambiente, comunità umane, economia, beni culturali.

dattamento delle città. Nel caso del patrimonio culturale costruito, le specializzazioni afferenti al settore disciplinare della Storia dell'architettura e Restauro, al quale si ritiene di aggiungere anche l'Archeologia dell'architettura, possono concretamente intervenire sugli aspetti qualitativi dei parametri di esposizione e vulnerabilità. Come evidenziato da numerosi studi nel campo del rischio sismico<sup>28</sup>, questo è un aspetto che non deve essere trascurato in virtù delle specificità e del grado di approfondimento che possono raggiungere le diverse competenze.

Infatti, la promozione di attività di ricerca in prospettiva multirischio funge allo scopo di raggiungere un livello di qualità adeguato di modelli conoscitivi e interpretativi che siano in grado di valutare le vulnerabilità delle strutture esposte parimenti attraverso l'analisi dei materiali costituenti e la selezione di tecniche di intervento, pre e post emergenza, di tipo tradizionale e/o innovativo (UN 2015; BONAZZA *et al.* 2018a; ICCROM-CHA 2020). La raccolta multidisciplinare di dati è ritenuta da tempo fondamentale per giungere all'elaborazione di modelli previsionali qualitativi e quantitativi del comportamento delle architetture storiche sotto diverse azioni (statiche e dinamiche)<sup>29</sup>. Le modalità di risposta dei manufatti possono essere diverse in quanto la capacità residua e lo stato di conservazione sono condizionati sia dagli effetti graduali delle variazioni climatiche sia da eventi naturali estremi, più o meno aggravati dalla crisi ambientale in atto.

Recentemente è stato sottolineato il rischio per alcuni siti internazionali UNESCO (REIMANN *et al.* 2018). Nel nostro Paese particolare attenzione è stata riservata al fenomeno di innalzamento della quota dei mari e all'incidenza diretta e indiretta che questo ha, ad esempio, sulle architetture veneziane<sup>30</sup> e sul patrimonio archeologico. Il progetto *AdriaClim* ha cominciato a lavorare in questa direzione promuovendo un *workshop* nel quale esperti di clima, archeologia, geologia e pubblici amministratori hanno potuto collaborare, assumendo un ruolo attivo nella messa a sistema di competenze diverse per affrontare le sfide che i cambiamenti climatici pongono al territorio e al patrimonio archeologico di Aquileia<sup>31</sup>. La partecipazione dell'archeologo a questi tavoli è sicuramente significativa non solo in relazione all'oggetto d'indagine in sé ma in riferimento alla capacità della disciplina sia di elaborare sequenze diacroniche e sincroniche di costruzione e trasformazione che sono essenziali per raggiungere un quadro conoscitivo e interpretativo adeguato, sia di raccogliere dati utili alla ricostruzione degli ecosistemi sociali e ambientali del passato.

<sup>28</sup> Alcune pubblicazioni dove si evidenzia la collaborazione tra discipline diverse per la valutazione del rischio: *Architettura e terremoti* 1986; GIUFFRÈ 1988 (e successivi codici di pratica da lui coordinati); ARRIGHETTI 2018; FACCIO, ZAMBONI 2020; FIORANI *et al.* 2022; GUIDOBONI, VALENSISE 2022; FIORANI *et al.* 2023; GUIDOBONI, VALENSISE 2023.

<sup>29</sup> Sull'importanza delle indagini qualitative nelle procedure di *risk assessment*: ICOMOS/ISCARSAH 2005; DPC ReLUIS 2010; ISO 13822 2010; DPCM 2011.

<sup>30</sup> SQUASSINA 2020; BERTO *et al.* 2022; ZACCARIELLO *et al.* 2022; FALCHI *et al.* 2023; PIOVESAN *et al.* 2023; TROVÒ 2023.

<sup>31</sup> Link: <https://www.arpa.fvg.it/temi/progetti/progetti-europei/news/cambiamenti-climatici-e-beni-culturali-ad-aquileia-il-workshop-adriacim-per-costruire-conoscenze-condivise-1/>.

#### 4.1 Indagini preliminari a scala urbana

Per quanto concerne le architetture storiche site nei contesti urbani, in riferimento alla bibliografia scientifica citata e alla dirimente collaborazione con Enti e Amministrazioni locali, si sta delineando nell'ambito delle esperienze di ricerca nazionali un percorso metodologico multidisciplinare che a scala urbana e architettonica fa uso di metodi e strumenti specifici per la conoscenza delle vulnerabilità del costruito esistente, certamente derivanti da esperienze pregresse nell'ambito delle quali il contributo dell'Archeologia dell'Architettura è stato già evidenziato<sup>32</sup>, ma da aggiornarsi in relazione ai differenti *stressors* climatici locali.

La perimetrazione dell'area di indagine e un'analisi territoriale in prospettiva multirischio rappresenta, perciò, il primo passo per chi si appropria a uno studio della complessità e delle vulnerabilità del patrimonio costruito<sup>33</sup>. Com'è noto, i dati relativi alla pericolosità locale provengono da mirate indagini scientifiche che afferiscono a database di catalogazione di eventi passati e a risultati di rilevamento e monitoraggio territoriale di Enti come INGV e ISPRA. Ulteriori approfondimenti multidisciplinari a diverse scale contribuiscono alla ricostruzione diacronica dello stratificato contesto territoriale e urbano affinando modelli interpretativi e consentendo di proporre fondate ipotesi sui danni attesi. A questo scopo, la documentazione storica a scala urbana e territoriale è utile alla definizione o all'aggiornamento della cartografia esistente e di strumenti gestionali di grande importanza quali, ad esempio, il Piano di Emergenza Comunale<sup>34</sup>. La struttura del piano di protezione deve includere: l'introduzione, l'inquadramento del territorio (assetto fisico, regime meteo-climatico, insediamento antropico, infrastrutture, principali rischi naturali e antropici), gli scenari di pericolosità e di rischio individuati ai fini della pianificazione, il modello d'intervento contenente l'organizzazione della struttura di protezione civile, gli elementi strategici e le procedure operative (DPCM 2021).

Per tali ragioni, oltre alla raccolta di strumenti cartografici inerenti alla pericolosità del sito, le ricerche sulle trasformazioni urbane e architettoniche, relazionate al contesto ambientale di riferimento, assumono un ruolo chiave nella comprensione dell'insorgenza di alcuni fenomeni. I documenti storici e catastali, la gestione del territorio da parte delle comunità, le evidenze paleo-ambientali e archeologiche offrono, inoltre, una prova sia degli impatti climatici che dei meccanismi di adattamento delle società nel tempo. L'acquisizione di conoscenze in merito a contesti ambientali cronologicamente precedenti è un'abilità ben sviluppata da alcune discipline, tra le quali la paleoclimatologia e l'archeologia<sup>35</sup>. Diventa quindi in-

<sup>32</sup> In sintesi: BOATO, LAGOMARSINO 2011; BROGIOLO, FACCIO 2011; ARRIGHETTI 2018; FACCIO, ZAMBONI 2020.

<sup>33</sup> ZAMBONI c.s.

<sup>34</sup> D.lgs. 2018, n. 1. La normativa impone l'obbligatorietà per tutti i comuni di dotarsi dei piani di Protezione Civile, deliberati dal Consiglio comunale. Si veda anche: <https://servizio-nazionale.protezionecivile.gov.it/it/affondimento/pianificazione-di-protezione-civile/>.

<sup>35</sup> Si vedano, ad esempio, il progetto PRETM, *Prehistoric transitions in the Mediterranean: Cultural and economic responses to climate change during the Mesolithic-Bronze Age* (Link: <https://sites.google.com/aliphes.cat/prehistoric->

dispensabile mettere in relazione le azioni di adattamento del passato con i problemi, i metodi e le decisioni attuali (ICOMOS 2019b, pp. 21, 32). L'indagine dello sviluppo e delle trasformazioni degli insediamenti a scala urbana, coinvolgendo anche studi di tipo storico dell'urbanistica, geologico e geomorfologico, può fornire informazioni sulla risposta dell'ambiente costruito a eventi naturali passati permettendo di muovere ipotesi in merito a possibili scenari futuri di vulnerabilità relativi, ad esempio, a specifiche parti di città<sup>36</sup>. Studi su Ferrara hanno, ad esempio, dimostrato come le analisi geomorfologiche e storiche siano particolarmente utili nella conoscenza di aree insediative sottoposte a rischi ambientali in relazione a variazioni di quote topografiche e caratteristiche geotecniche degli strati sottostanti il piano di calpestio che differenziano, a loro volta, la gravità del manifestarsi di fenomeni dannosi quali inondazioni e terremoti. Lo studio dell'evoluzione delle strutture fluviali, sovrapposto a quello relativo ai caratteri dello stratificato tessuto costruito, ha consentito di individuare differenti livelli di propensione ad allagamenti e liquefazione cosismica, in accordo con le fonti documentarie (STEFANI, MINARELLI 2019).

Le indagini menzionate consentono, quindi, di collocare con più precisione le architetture storiche nelle aree esposte a diversi gradi di rischio, focalizzando la ricerca sino alla scala architettonica e operando schedature mirate che possono essere integrate in piattaforme e sistemi digitali. In questa direzione, gli aggiornamenti sulla *Carta del Rischio* evidenziano l'importanza di strutturare indagini finalizzate al Restauro architettonico (ma non solo). Se il campo principale delle ricerche è relativo al rischio sismico, gli autori aprono d'altro canto a considerazioni e prospettive future che sono molteplici, nonché a collegamenti e condivisioni di dati sui parametri dei rischi ambientali con altre piattaforme come quella dell'ISPRA (FIORANI *et al.* 2022; EAD. *et al.* 2023). La classificazione delle architetture a scala urbana e lo studio delle fasi di accrescimento della città sono, inoltre, utilizzate da tempo per individuare, anche in chiave speditiva, comparti e, successivamente, edifici caratterizzati da vulnerabilità sismiche. Lo dimostra l'approccio CARTIS sviluppato dal 2015 nell'ambito dei progetti ReLUIIS finanziati dal Dipartimento della Protezione Civile (DPC)<sup>37</sup>. Precedentemente, le metodologie e i risultati discussi nei noti codici di pratica di Antonino Giuffrè e, più tardi, alcune applicazioni di analisi morfologiche dei tessuti edilizi avevano illustrato l'utilità di ricerche multidisciplinari dove l'archeologia e la storia urbana hanno svolto un ruolo determinante nella conoscenza di criticità plurime per specifiche aree, nonché

nell'individuazione di permanenze di lunga durata, assunte come "vincoli" preziosi per una pianificazione della città futura e per attività di restauro urbano in grado di soddisfare esigenze sociali, economiche, funzionali e di sicurezza sismica (da ultimo SCALORA, MONTI 2013).

La ricognizione qualitativa di aree e manufatti architettonici consente parimenti di acquisire informazioni relative al parametro di esposizione<sup>38</sup> che definisce il rischio, notoriamente condizionato dal tipo di destinazione d'uso e dallo stato di vincolo<sup>39</sup>.

#### 4.2 Dalla scala architettonica alla programmazione di analisi puntuali

La valutazione dei fattori di vulnerabilità, come accennato precedentemente, richiede una selezione degli indicatori di criticità materico-strutturali (fenomeni di degrado e danno dovuti a fattori intrinseci ed estrinseci, qualità tecnologico-costruttiva, trasformazioni antropiche, interventi pregressi, etc.), che possono essere ulteriormente aggravati da parametri climatici diretti o indiretti (*stressors*), da valutarsi caso per caso (SABBIONI *et al.* 2010; ICOMOS 2019b; SESANA *et al.* 2021). Risulta ormai condivisa l'opinione che tale valutazione sia un'attività transdisciplinare dove l'ingegnere, l'architetto e l'archeologo, ma anche altri specialisti nella conservazione del patrimonio culturale, devono saper collaborare per una conoscenza integrata, aggiornando i propri strumenti di analisi<sup>40</sup>. Questo processo deve saper mettere in luce buone pratiche del progettare e dell'intervenire sull'architettura esistente a supporto del cambiamento climatico che possano essere in parte o totalmente riproposte odieramente, ma anche evidenziare le soluzioni contrarie all'azione del clima che dovranno necessariamente essere ripensate (ICOMOS 2019b, pp. 18, 38). Per questo motivo il processo di protezione della cultura e del patrimonio dagli effetti del cambiamento climatico dovrebbe essere inteso in una forma circolare, dove lo sguardo sul passato consente di arrivare più preparati ad affrontare le sfide attuali e future, e dove lo studio delle tecniche tradizionali, operato dall'architetto e dell'archeologo, dovrebbe essere integrato nelle strategie contemporanee alla luce di un approccio sostenibile.

I dati qualitativi relativi a vulnerabilità ed esposizione possono essere usati per la messa a punto di liste di priorità su base matriciale, secondo approcci sperimentati e discussi in letteratura<sup>41</sup> e che consentono di ottenere un primo quadro delle criticità presenti e, in secondo luogo, di programmare la necessaria attività diagnostica atta a verificare e misurare quantitativamente gli impatti dei

transitions-in-the-mediterranean-cultural-and-economic-responses-to-climate-change/home) e il progetto *SPH Heritage. Lessons for the future from heritage of the past* (Link: <https://spheritage.dst.unipi.it/index.php/en/>). Per una prospettiva più allargata sul legame tra archeologia e resilienza umana nei confronti delle crisi climatiche passate si rimanda a BURKE *et al.* 2021. Molti spunti di ricerca sulle trasformazioni delle forme di gestione delle risorse ambientali, sull'articolazione insediativa e, quindi, sui legami tra cambiamenti nel paesaggio e dinamiche del popolamento derivano anche dall'Archeologia dei paesaggi (CAMBI 2011).

<sup>36</sup> Alcuni studi sul tema: STEFANI, MINARELLI 2019; BARONE *et al.* 2020; FACCIO, ZAMBONI 2020; GUIDOBONI, VALENSISE 2022; EAD. 2023. Un ulteriore filone analizza il ruolo della crescita urbana e dei cambiamenti climatici sulla vulnerabilità idraulica dei territori (cfr. ARNONE *et al.* 2018).

<sup>37</sup> <https://www.reluis.it/it/>.

<sup>38</sup> Cfr. nota 24.

<sup>39</sup> Questo aspetto fa riferimento alla presenza di una dichiarazione d'interesse ai sensi di legge e apre a riflessioni sul tema del riconoscimento di parti sempre più ampie del patrimonio costruito anche a seguito della ratifica italiana nel 2020 della Convenzione di Faro (Legge 2020, n. 133; Cfr. MOIOLI 2023, pp. 48-49).

<sup>40</sup> Riflessioni sul rilievo materico e del degrado in relazione ai fattori di rischio climatico in BRUSCHI 2020.

<sup>41</sup> Una sperimentazione che coinvolge archeologi, architetti e ingegneri ha riguardato i complessi architettonici in muratura (BERTO *et al.* 2017) e fa riferimento ad approcci metodologici degli anni '80 (BENEDETTI, PETRINI 1984), adottati dal Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti (GNDDT) del CNR e progressivamente aggiornati.

cambiamenti climatici. I riferimenti bibliografici proposti<sup>42</sup> chiariscono, ancora una volta, la necessità di una pianificazione integrata delle analisi di caratterizzazione e delle fasi di modellazione sulla base di selezioni mirate di aree campione con specifici materiali e/o unità tecnologiche ritenute significative e rappresentative del manufatto storico. Questa può essere eseguita esclusivamente a valle di un adeguato *Percorso della conoscenza*, dove anche l'Archeologia dell'architettura svolge un suo ruolo specifico, analogamente a quanto previsto dalle norme vigenti per il rischio sismico (DPCM 2011, 4.1.7)<sup>43</sup>. Lo stesso standard di qualità deve essere adottato per le azioni di monitoraggio, ed è da considerarsi un requisito fondamentale per comprendere gli impatti dei cambiamenti climatici, l'efficacia delle attività di adattamento (ICOMOS 2019b, p. 21), nonché per impostare corrette strategie di conservazione ai sensi del *Codice dei beni culturali e del paesaggio*<sup>44</sup>.

#### 4.3 Elaborazione di strategie e linee guida per la manutenzione e gli interventi

La programmazione delle misure di adattamento e di incremento della resilienza può, secondo questo processo, fondarsi su un circuito virtuoso e multidisciplinare allineato ai suggerimenti e alle linee guida nazionali e internazionali. Le Amministrazioni locali possono conseguentemente garantire la qualità e la concretezza delle azioni per il clima, che saranno differenziate a seconda della proprietà dell'edificio, dello stato di conservazione e dell'eventuale vincolo, etc. e potranno, ad esempio, tradursi in misure come incentivi per la manutenzione dell'edilizia privata, finanziamenti di opere per i beni tutelati secondo una programmazione dei fondi da inserirsi nel percorso tracciato dalla *Conservazione preventiva e programmata* (da ultimo MOIOLI 2023). La versione corrente del PNACC (2023, All. IV) fornisce un database di possibili azioni che potranno trovare applicazione nei Piani settoriali e intersettoriali, nelle modalità che saranno individuate dalla struttura di *governance* (PNACC 2023, pp. 90-91). Tra le prospettive più interessanti, ad esempio, ricerche finalizzate allo sviluppo di prodotti specifici per il restauro potranno, sulla base dei dati quantitativi provenienti dagli approfondimenti puntuali (per materiali, unità e sistemi tecnologici), stimolare la sperimentazione, l'eventuale immissione sul mercato e utilizzo di tecnologie sempre più efficaci alla conservazione del patrimonio costruito incrementandone la resilienza agli impatti del clima mutevole. Inoltre, in una ideale collaborazione tra ricerca ed Enti preposti alla tutela, che si sta cercando di perseguire nell'ambito del progetto iNEST entro il quale la presente preliminare ricerca si inquadra, si potrà giungere localmente anche alla proposta di linee guida di intervento e/o indicazioni per la manutenzione ordinaria, a potenziale miglioramento degli strumenti di conservazione esistenti.

<sup>42</sup> Cfr. nota 16.

<sup>43</sup> Un recente riferimento normativo a indagini conoscitive e diagnostiche multidisciplinari che individuino i fattori di degrado e i metodi di intervento è contenuto nel D.lgs. 2023, n. 36, All. I.7, art. 8, comma 4.

<sup>44</sup> D.lgs. 2004, n. 42, sez. II, art. 29.

## Conclusioni

Il contributo ha inteso tracciare il quadro normativo nazionale ed europeo ed evidenziare i principali studi sul tema degli impatti dei cambiamenti climatici sul patrimonio, con focus su quello costruito e inteso quale categoria dal riconosciuto valore culturale indipendentemente dalla presenza di una dichiarazione di interesse ai sensi della legge. Il periodo storico contemporaneo impone di fronteggiare una crisi climatica riconosciuta a livello globale anche dai recenti rapporti di sintesi dell'IPCC (2023), dell'UNEP (2023) e da quello conclusivo della COP 28 (2023), i quali forniscono, inoltre, i dati scientifici necessari all'elaborazione di strumenti per studiare qualitativamente e quantitativamente gli impatti di tali fenomeni, tenendo presente la loro complessità. Infatti, i diversi fattori di rischio combinati indotti dal clima e da altri pericoli ambientali innescano una vasta gamma di vulnerabilità per il patrimonio culturale che richiede di essere affrontata a livello nazionale, regionale e locale attraverso appositi strumenti di *governance*. Si è avuto modo di ribadire che l'Italia è in questa prospettiva un esempio incoraggiante (grazie a SNAC 2015 e PNACC 2023), ma ancora resta molto da fare soprattutto in materia di patrimonio costruito che deve necessariamente incrementare il suo significato e il proprio ruolo nella lotta ai cambiamenti climatici.

Le più recenti raccomandazioni sul tema della gestione degli impatti della crisi climatica sul patrimonio culturale e sulla prevenzione dello stesso dai rischi (UNESCO 2008; UN 2015; EU 2016; ICOMOS 2019b) ribadiscono come sia necessario combinare la mitigazione e l'adattamento con la conservazione e la salvaguardia dei valori culturali che esso rappresenta grazie ad approcci basati sulla cultura, sul rischio e sulla conoscenza. Ancora una volta, la conoscenza si pone quale atto imprescindibile per il progetto di azioni mirate all'incremento della resilienza e per garantire una corretta prevenzione minimizzando danni e perdite irreparabili. Si deve, però, constatare che sino ad ora è stata data poca importanza alle misure pre-catastrofe, poiché la maggior parte delle iniziative si concentra ancora sulla risposta e sul recupero post-catastrofe. Lo sviluppo di una pianificazione adeguata è fondamentale per cambiare, in questo senso, anche il ruolo delle comunità, che da semplici destinatari possono imparare a proteggere in modo proattivo il loro patrimonio. Di fronte all'incertezza sugli impatti della variazione del clima, gli esperti concordano sul fatto che la manutenzione dovrebbe essere sempre la prima linea di difesa. In secondo luogo, essi ribadiscono che gli strumenti e i metodi di protezione esistenti devono essere condivisi e promossi, così come è fondamentale che se ne progettino e testino di nuovi (ICOMOS 2019b, pp. 39-40).

Si deve evidenziare che la maggior parte degli scenari disponibili per il patrimonio culturale si riferisce principalmente ai materiali da costruzione con disomogenea diffusione nel contesto italiano, mentre sono ancora limitatamente considerati i sistemi complessi, quali i centri storici e i siti archeologici, soggetti a interazioni sinergiche e per questo molto più intense, difficili da studiare e go-

vernare<sup>45</sup>. Perciò, il lavoro di un team multidisciplinare di esperti della conservazione del patrimonio (storici, archeologi, architetti, ingegneri, etc.) può fare la differenza anche grazie alle conoscenze maturate nella valutazione e riduzione del rischio sismico a livello nazionale e, in particolare, nell'elaborazione di raffinati modelli interpretativi e predittivi che siano rappresentativi della realtà costruita e, quindi, maggiormente affidabili per la messa a punto di scenari di rischio, con evidente e conseguente ricaduta sulla qualità ed efficacia di azioni e interventi.

Nonostante questo, è evidente che si dovranno prendere decisioni difficili in futuro, poiché gli impatti dei cambiamenti climatici rendono seriamente complicata la protezione di alcuni siti. Per determinare la portata del recupero o della conservazione è urgente effettuare indagini e valutazioni sul significato culturale di ognuno di essi, sulle loro vulnerabilità e, in generale sui rischi ai quali sono esposti. Questo processo dovrebbe coinvolgere pienamente, ed essere guidato, dalle comunità interessate, di concerto con gli esperti dei settori scientifici pertinenti. Inoltre, è fondamentale che la definizione delle liste di

<sup>45</sup> «L'Italia si è fatta promotrice nel proporre e sostenere questa area di ricerca in Unione Europea e attualmente il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (MiBACT) e il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR) coordinano congiuntamente la *Joint Programming Initiative "Cultural Heritage and Global Change: a New Challenge for Europe"*, che ha raccolto l'adesione di 19 Stati Membri e Paesi Associati, al fine di promuovere programmi di ricerca scientifica e tecnologica applicata alla protezione e gestione del patrimonio culturale e definire una comune Agenda di Ricerca in questo settore in cui l'Italia e l'Europa hanno la *leadership* nel mondo» (PNACC 2023, All. III, p. 191).

priorità sia consapevole e trasparente (ICOMOS 2019b, p. 21). Per tali ragioni, il riconoscimento delle professionalità della ricerca scientifica all'interno dei sistemi di gestione del patrimonio (questione particolarmente sentita anche per l'archeologo delle architetture)<sup>46</sup> e delle relative politiche sul clima nel panorama italiano si fa sempre più dirimente al pari di una capacità sviluppata e da svilupparsi di trasferire efficacemente i contenuti delle ricerche multidisciplinari agli organi decisori e alle Amministrazioni locali.

### *Ringraziamenti*

Le riflessioni esposte costituiscono i primi esiti di un assegno RtdA Icar/19 Restauro (referente prof.ssa Alessandra Biasi) presso l'Università degli Studi di Udine, Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura (DPIA). Le indagini si svolgono nell'ambito del progetto iNEST – *Interconnected Nord-Est Innovation Ecosystem* finanziato da *Next-GenerationEU*, ECS\_00000043 – CUP UNIUD G23C22001130006 (Area tematica: Digital, Industry, Aerospace) attraverso il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), Missione 4: Istruzione e ricerca; Componente 2: Dalla ricerca all'impresa; Investimento 1.5. Area di Ricerca: Spoke 4 – *City, architecture and sustainable design* (Leader: Università IUAV di Venezia, coordinatore prof. Lorenzo Fabian). Referente per l'Università degli Studi di Udine: prof. Alberto Sdegno.

<sup>46</sup> ZAMBONI 2023. Si vedano anche i temi emersi nel dibattito stimolato dalle recenti iniziative in corso coordinate da Lucrezia Longhitano (*Archeologia, Architettura e Restauro. Movimento per l'interdisciplinarietà*). Link: [https://www.youtube.com/@AAR\\_Ing/videos](https://www.youtube.com/@AAR_Ing/videos).

## Bibliografia

- AA.VV., 2021, *Restauro e sostenibilità, Heritage and Sustainability*, «Recupero e Conservazione Magazine», numero speciale (luglio 2021).
- Architettura e terremoti 1986 = *La salvaguardia delle città storiche. Architettura e terremoti. Il caso di Parma: 9 novembre 1983*, Pratiche, Istituto per i beni artistici, culturali e naturali della Regione Emilia-Romagna, Dipartimento di costruzioni dell'Università degli Studi di Firenze, Parma 1983.
- ARNONE *et al.* 2018 = ARNONE E., PUNO D., FRANCIPIANE A., LA LOGGIA G., NOTO L.V., *The role of urban growth, climate change, and their interplay altering runoff extremes*, «Hydrological Process», 32, pp. 1755-1770.
- ARRIGHETTI A. (a cura di), 2018, *Archeologia dell'architettura e terremoti*, Atti del Seminario *Archeologia dell'architettura e terremoti* (Siena, 18 maggio 2018), «Archeologia dell'Architettura», XXIII, pp. 9-82.
- AVETA C., 2022, *Conservazione e nuove frontiere tecniche pluridisciplinari*, in *1972/2022 World Heritage in transition. About management, protection and sustainability*, Convegno Internazionale 1972-2022, *Il Patrimonio Mondiale alla prova del tempo. A proposito di gestione, salvaguardia e sostenibilità* (Firenze, 18-19 novembre 2022), «Restauro Archeologico», 1, Special Issue, pp. 118-123.
- BARONE *et al.* 2020 = BARONE P., DONVITO G., FLOR M., FRANCO G., MUSSO S.F., ROTA P., *Centri storici e adattamento ai cambiamenti climatici. Linee Guida dal caso studio di Ferrara*, Gubbio (PG).
- BATTISTI A., 2016, *Linee guida di indirizzo per l'efficienza energetica nel patrimonio culturale*, «Techne», 12, pp. 65-73.
- BENEDETTI D., PETRINI V., 1984, *Sulla vulnerabilità sismica degli edifici in muratura: proposta di un metodo di valutazione*, «L'industria delle costruzioni», 149, pp. 66-74.
- BERTO *et al.* 2017 = BERTO L., FACCIO P., SAETTA A., TALLEDO D., ZAMBONI I., *Valutazione di vulnerabilità sismica di edifici complessi/in aggregato: metodi di primo livello*, in F. BRAGA, W. SALVATORE, A. VIGNOLI (a cura di), *L'ingegneria sismica in Italia*, Atti del XVII Convegno Nazionale ANIDIS (Pistoia, 17-21 settembre 2017), Pisa.
- BERTO *et al.* 2022 = BERTO L., TALLEDO D., BRUSCHI G., ZAMBONI I., LAZZARINI E., ZOFREA C., FACCIO P., SAETTA A., *A multidisciplinary approach for the vulnerability assessment of a Venetian historical palace: high water phenomena and climate changes effects*, «Buildings», 12(4), 431.
- BOATO A., LAGOMARSINO S., 2011, *Stratigrafia e statica*, in G.P. BROGIOLO (a cura di), *Archeologia dell'Architettura: temi e prospettive di ricerca*, Atti del convegno (Gavi, 23-25 settembre 2010), «Archeologia dell'Architettura», XV, pp. 47-53.
- BONAZZA A., SARDELLA A., 2023, *Climate Change and Cultural Heritage: Methods and Approaches for Damage and Risk Assessment Addressed to a Practical Application*, «Heritage», 6, 3578-3579.
- BONAZZA *et al.* 2018a = BONAZZA A., CIANTELLI C., DE NUNTIIS P., SARDELLA A., *Manual for cultural heritage managers containing mitigation and adaptation strategies to face up future climate change pressures*, Deliverable D.T1.3.1, Version 1, 11 2018, Interreg Central Europe ProteCHt2save.
- BONAZZA *et al.* 2018b = BONAZZA A., MAXWELL I., DRDÁČKÝ M., VINTZILEOU E., HANUS C., CIANTELLI C., DE NUNTIIS P., OIKONOMOPOULOU E., NIKOLOPOULOU V., POSPIŠIL S., SABBIONI C., STRASSER P., *Safeguarding Cultural Heritage from Natural and Man-Made Disasters. A Comparative Analysis of Risk Management in the EU*, Maastricht.
- BRETTI G., CESERI M., 2023, *Climate Change Effects on Carbonation Process: A Scenario-Based Study*, «Heritage», 6(1), 236-257.
- BRIMBLECOMBE P., 2010, *Heritage Climatology*, in R.A. LEFÈVRE, C. SABBIONI (eds.), *Climate Change and Cultural Heritage*, Proceedings of the Ravello International Workshop (14-16 May 2009) and Strasbourg European Master-Doctorate Course (7-17 September 2009), Scienze e materiali del patrimonio culturale, 10, Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali, Bari, pp. 49-56.
- BRIMBLECOMBE P., RICHARDS J., 2022, *Moisture as a Driver of Long-Term Threats to Timber Heritage – Part II: Risk Imposed on structures at Local Sites*, «Heritage», 5(4), 2966-2986.
- BROGIOLO G.P., FACCIO P., 2011, *Stratigrafia e prevenzione*, in G.P. BROGIOLO (a cura di), *Archeologia dell'Architettura: temi e prospettive di ricerca*, Atti del convegno (Gavi, 23-25 settembre 2010), «Archeologia dell'Architettura», XV, pp. 55-63.
- BROWNLEE T.D., CAMAIONI C., PELLEGRINO P. (a cura di), 2020, *Sessione speciale 08 cambiamento climatico e pianificazione: strategie e pratiche di adattamento per la resilienza delle città e dei territori*, in F.D. MOCCIA, M. SEPE, XII Giornata Internazionale di Studio INU, *Benessere e/o salute? 90 anni di studi, politiche, piani, 12° International INU Study Day Welfare and/or Health? 90 Years of studies, policies and plans*, «Urbanistica informazioni», 289 s.i., XXXXVII (marzo-aprile 2018), pp. 1-22.
- BRUSCHI G., 2020, *La conservazione dell'architettura nel tempo dei cambiamenti climatici: l'analisi come strumento di progetto*, in G. BISCONTIN, G. DRIUSI (a cura di), *Gli effetti dell'acqua sui beni culturali. Valutazioni, critiche e modalità di verifica*, Atti del XXXVI° Convegno Internazionale Scienza e Beni Culturali (Venezia, 17-19 novembre 2020), Venezia, pp. 259-268.
- BUDA A., 2023, *Conservazione ed efficienza energetica dell'edilizia storica. Uno strumento operativo per le scelte di progetto*, Firenze.
- BURKE *et al.* 2021 = BURKE A., PEROS M.C., WREN C.D., PAUSATA F.S.R., RIEL-SALVATORE J., MOINE O., DE VERNAL A., KAGEYAMA M., BOISARD S., *The archaeology of climate change: The case for cultural diversity*, «Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America», Perspective, 118, 30 e2108537118.
- CAMBI F., 2011, *Manuale di archeologia dei paesaggi: metodologie, fonti, contesti*, CRoma.
- CARBONARA G., 2021, *La "sostenibilità" come nuovo parametro del restauro del restauro*, «Recupero e Conservazione Magazine», n. 166 (luglio agosto 2021), pp. 22-27.
- CHOIDIS *et al.* 2021 = CHOIDIS P., KRANIOTIS D., LEHTONEN I., HEL-LUM B., *A Modelling Approach for the Assessment of Climate Change Impact on the Fungal Colonization of Historic Timber Structures*, «Forests», 12, 819.
- DELLA TORRE S., 2002, *La conservazione programmata: una strategia per il patrimonio storico-architettonico*, in *La conservazione programmata del patrimonio storico architettonico. Linee guida per il piano di manutenzione e il consuntivo*, a cura di Regione Lombardia, Direzione Generale Culture, Istituto Regionale di Ricerca della Lombardia, Milano, pp. 15-20.
- DELLA TORRE S., 2013, *Sostenibilità e conservazione di fronte al mito dell'efficienza energetica*, «ANANKE», 60, pp. 141-143.
- FACCIO P., ZAMBONI I., 2020, *Civita di Bagnoregio (VT). Applicazione di un metodo speditivo per la valutazione e la riduzione del rischio sismico di aggregati storici*, in A.M. OTERI, G. SCAMARDI, *Un paese ci vuole. Studi e prospettive per i centri abbandonati e in via di spopolamento*, «ArcHistoR», 13(2020), Extra n 7/2020, pp. 732-763.
- FALCHI *et al.* 2023 = FALCHI L., CORRADINI M., BALLIANA E., ZENDRI E., *Urban Scale Monitoring Approach for the Assessment of Rising Damp Effects in Venice*, «Sustainability», 15, 6274.
- FELITTI M., MECCA L.R., SANTORO N., 2022, *Diagnosi del degrado: metodi avanzati per lo studio dei materiali dell'ambiente costruito*, Santarcangelo di Romagna (RN).
- FIORANI *et al.* 2022 = FIORANI D., ACIERNO M., DONATELLI A., CUTARELLI S., MARTELLO A., *Centri storici, digitalizzazione e restauro. Applicazioni e prime normative della Carta del Rischio*, Collana Studi e Ricerche, 109, Roma.
- FIORANI *et al.* 2023 = FIORANI D., ACIERNO M., DONATELLI A., MARTELLO A., CUTARELLI S., *Centri storici, digitalizzazione e restauro. Applicazioni alle ultime normative della Carta del Rischio*, Collana Studi e Ricerche, 138, Roma.
- GIUFFRÈ A., 1988, *Monumenti e terremoti, aspetti statici del restauro*, Scuola di specializzazione per lo studio ed il restauro dei monumenti, Università degli studi di Roma "La Sapienza", Roma.
- GUIDOBONI E., VALENSISE G., 2022, *L'Italia dei terremoti: atlante, Lazzardo sismico delle città: il Sud*, CNI, Consiglio nazionale degli ingegneri, Roma.
- GUIDOBONI E., VALENSISE G., 2023, *L'Italia dei terremoti: atlante, Lazzardo sismico delle città: il Centro e il Nord*, CNI, Consiglio nazionale degli ingegneri, Roma.
- HERNÁNDEZ-MONTES *et al.* 2023 = HERNÁNDEZ-MONTES E., HDZ-GIL L., COLETTI C., DILARIA S., GERMINARIO L., MAZZOLI C., *Prediction Model for the Evolution of the Deterioration of Bricks in Heritage Buildings in Venice Caused by Climate Change*, «Heritage», 6(1), 483-491.

- KEHR J.S., 2013, *Conservation Plan, the 7th edition: A guide to the preparation of conservation plans for places of European cultural significance*, Australia ICOMOS.
- LIBRALATO *et al.* 2021 = LIBRALATO M., DE ANGELIS A., D'AGARO P., CORTELLA G., SARO O., *Multiyear hygrothermal performance simulation on historic building envelopes*, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 863, 012045.
- LUCERTINI *et al.* 2018 = LUCERTINI G., DAL'OMO C.F., MARAGNO D., NEGRETTO V., MUSCO F., *Mantova Resiliente. Linee guida per un adattamento climatico local-based*, in MOCCIA F.D., SEPE M., *XI Giornata di Studio INU, Interruzioni, intersezioni, condivisioni, sovrapposizioni. Nuove prospettive per il territorio* (Napoli, 14 dicembre 2018), «Urbanistica informazioni», 278 s.i., XXXV (marzo-aprile 2018), pp. 201-204.
- MOIOLI R. (a cura di), 2023, *La Conservazione preventiva e programata: una strategia per il futuro. Premesse, esiti e prospettive degli interventi di Fondazione Cariplo sul territorio*, Firenze.
- MURADOV *et al.* 2022 = MURADOV M., KOT P., MARKIEWICZ J., LAPIŃSKI S., TOBIASZ A., ONISK K., SHAW A., HASHIM K., ZAWIESKA D., MOHI-UD-DIN G., *Non-destructive system for in-wall moisture assessment of cultural heritage buildings*, «Measurement», 203, 111930.
- MUSCO F., FREGOLENT L. (a cura di), 2014, *Pianificazione urbanistica e clima urbano. Manuale per la riduzione dei fenomeni di isola di calore urbano*, Padova.
- MUSCO F., ZANCHINI E. (a cura di), 2014, *Il clima cambia le città: strategie di adattamento e mitigazione nella pianificazione urbanistica*, Milano.
- MUSCO *et al.* 2016 = MUSCO F., MARAGNO D., MAGNI F., INNOCENTI A., NEGRETTO V., MAZZETTO P., LUISE D., ZUIN M., *Padova resiliente. Linee guida per la costruzione del piano di adattamento al cambiamento climatico*, Università IUAV di Venezia, Comune di Padova. Settore Ambiente e Territorio.
- PIOVESAN *et al.* 2023 = PIOVESAN R., TESSER E., MARITAN L., ZACCARIELLO G., MAZZOLI C., ANTONELLI F., *Mapping of stones and their deterioration forms: the Clock Tower, Venice (Italy)*, «Heritage Science», 11:108.
- PRACCHI V., 2016, *In equilibrio tra 'soppesare' e misurare. Alcune riflessioni su sostenibilità ed efficienza energetica nell'edilizia storica*, «Materiali e Strutture. Problemi di conservazione, nuova serie», 11, pp. 67-82.
- REIMANN *et al.* 2018 = REIMANN L., VAFEDIS A.T., BROWN S., HINKEL J., TOL R.S.J., *Mediterranean UNESCO World Heritage at risk from coastal flooding and erosion due to sea-level rise*, «Nature communications», 9:4161.
- RICHARDS J., BRIMBLECOMBE P., 2022, *Moisture as a Driver of Long-Term Threats to Timber Heritage – Part I: Changing Heritage Climatology*, «Heritage», 5(3), 1929-1946.
- SABBIONI C., BRIMBLECOMBE P., CASSAR M., 2010, *The Atlas of Climate Change Impact on European Cultural Heritage. Scientific Analysis and Management Strategies*, London-New York.
- SARDELLA *et al.* 2020 = SARDELLA A., PALAZZI E., VON HARDENBERG J., DEL GRANDE C., DE NUNTHIS P., SABBIONI C., BONAZZA A., *Risk Mapping for the Sustainable Protection of Cultural Heritage in Extreme Changing Environments*, «Atmosphere», 11, 700.
- SCALORA G., MONTI G. (a cura di), 2013, *Città storiche e rischio sismico. Il caso studio di Crotona*, Siracusa.
- SESANA *et al.* 2021 = SESANA E., GAGNON A.S., CIANTELLI C., CASSAR J., HUGHES J.J., *Climate change impacts on cultural heritage: A literature review*, «WIREs Climate Change», 12, 4, e710.
- SIRA 2023, *Documento di indirizzo per la qualità dei progetti di restauro dell'architettura*, in *Restauro dell'architettura. Per un progetto di qualità*, coordinamento di S. DELLA TORRE, V. RUSSO, *Apparati e Documento di indirizzo per la qualità dei progetti di restauro dell'architettura*, Roma, pp. 1-75.
- SPANO D., MEREU V., 2020, *Analisi del Rischio. I cambiamenti climatici in Italia*, Fondazione CMCC – Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici.
- SQUASSINA A., 2020, *Umidità di risalita e soracomun a Venezia: degrado, opere di contrasto ed esiti sulla materia e sull'immagine della città*, in G. BISCONTIN, G. DRIUSSI (a cura di), *Gli effetti dell'acqua sui beni culturali. Valutazioni, critiche e modalità di verifica*, Atti del XXXVI° Convegno Internazionale Scienza e Beni Culturali (Venezia, 17-19 novembre 2020), Venezia, pp. 31-42.
- STEFANI M., MINARELLI L., 2019, *Relazioni fra storia deposizionale, crescita urbana e rischi ambientali nella città di Ferrara*, «Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata», 60, 2, pp. S106-s111.
- TOSCO C., 2014, *I beni culturali. Storia, tutela, valorizzazione*, Bologna.
- TROVÒ F., 2022, *Tra sostenibilità ambientale e contrasto ai cambiamenti climatici. Quali scenari per il Restauro?*, in *La qualità dell'intervento sui beni culturali. Attualità, problemi e prospettive*, a cura di G. DRIUSSI, Atti del XXXVII° Convegno Scienza e Beni Culturali (Bressanone, 5-7 luglio 2022), Venezia, pp. 313-325.
- TROVÒ F., 2023, *Venezia: manutenzione e misure di salvaguardia in una prospettiva storica*, in G. MIRABELLA ROBERTI, S. VIETHS (a cura di), *Fra luogo dell'abitare e oggetto museale. Strategie per la cura delle città storiche*, Padova.
- ZACCARIELLO *et al.* 2022 = ZACCARIELLO G., TESSER E., PIOVESAN R., GASPERUZZO G., SIMIONATO R., ANTONELLI F., *Climate change and land subsidence in the frame of "Venezia 2021" project: the deterioration of architectural stone materials*, in Proceedings of IMEKO TC-4 International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage (Cosenza, October 19-21, 2022), International Measurement Confederation (IMEKO), Budapest, pp. 499-503.
- ZAMBONI I., 2023, *Conoscenza per la sicurezza strutturale e sismica: il contributo dell'Archeologia dell'architettura, in Restauro dell'architettura. Per un progetto di qualità*, coordinamento di S. DELLA TORRE, V. RUSSO, 3. *Conoscenza per il progetto*, a cura di P. MATRACCHI, A. PUGLIANO, Roma, pp. 743-749.
- ZAMBONI I., c.s., *Metodologie di analisi per la riduzione della vulnerabilità e per l'adattamento ai cambiamenti climatici del patrimonio costruito di Andreis (PN). Una ricerca in corso*, in E. SVALDUZ, A. IPPOLITI (a cura di), *Beyond the gaze. Interpreting and understanding the city*, Atti del 11° Congresso Internazionale AISU (Ferrara, 13-16 settembre 2023), Ferrara.

## Norme e documenti

- D.lgs. 2004, n. 42 = Decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, *Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002*, n. 137, Gazzetta Ufficiale n. 45 del 24.02.2004.
- D.lgs. 2018, n. 1 = Decreto legislativo 2 gennaio 2018, n. 1 (Raccolta 2018), *Codice della protezione civile* (18G00011), Gazzetta Ufficiale, Serie Generale n. 17 del 22.01.2018.
- D.lgs. 31 n. 36 2023, = Decreto legislativo 31 marzo 2023, *Codice dei contratti pubblici in attuazione dell'articolo 1 della legge 21 giugno 2022*, n. 78, recante delega al Governo in materia di contratti pubblici, Gazzetta Ufficiale n. 77 del 31 marzo 2023, Supplemento Ordinario n. 12, All. I.7, art. 8, comma 4.
- D.I. 2015 = Decreto Interministeriale 26 giugno 2015, *Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici*, Gazzetta Ufficiale, Serie Generale n. 162, Supplemento Ordinario n. 39 del 15 luglio 2015.
- DPC, ReLUIS 2010 = Dipartimento Protezione Civile, Consorzio Universitario della Rete dei Laboratori di Ingegneria Sismica (2010), *Linee Guida per il rilievo, l'analisi ed il progetto di interventi di riparazione e consolidamento sismico di edifici in muratura in aggregato*. Bozza.
- DPCM 2011 = Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 9 febbraio 2011, *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008*, Gazzetta Ufficiale n. 47 del 26.02.2011, Supplemento Ordinario n. 54.
- DPCM 2021 = Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 30 aprile 2021, *Indirizzi per la predisposizione dei piani di protezione civile ai diversi livelli territoriali*, Gazzetta Ufficiale, Serie generale n. 160 del 6 luglio 2021.
- EC 2021, *Plasmare un'Europa resiliente ai cambiamenti climatici – La nuova strategia dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici*.
- EN 16883:2017 = European Committee for Standardization (CEN) 2017. *Conservation of cultural heritage – Guidelines for improving the energy performance of historic buildings*. Norma EN 16883 applicata in Italia come UNI EN 16883:2017.
- EU 2015, *Towards an EU Research and Innovation Policy Agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities*.
- EU 2016, *COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT Action Plan on the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030 A disaster risk-informed approach for all EU policies*.

- EU 2021, Council of the European Union – *Council conclusions on culture, highquality architecture and built environment as key elements of the New European Bauhaus initiative.*
- EU OMC 2022, *Strengthening Cultural Heritage Resilience for Climate Change. Where the European Green Deal meets Cultural Heritage.*
- FCCC/PA/CMA/2023/L.17, *First global stocktake*, Conference of Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement, Fifth session, Proposal by the President, Revised advance version.
- GBC 2017, *GBC Historic Building, Manuale CBC Historic Building. Per il restauro e la riqualificazione sostenibile degli edifici storici*, Edizione 2016, revisione maggio 2017.
- ICCROM-CHA 2020, *Traditional Knowledge Systems and the conservation and management of Asia's heritage*, Rome.
- ICOMOS/ISCARSAH 2005, Committee. *Recommendations for the Analysis, Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage*; ICOMOS International Committee for Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage: Charenton-le-Pont, France.
- ICOMOS 2019a, *Concept Note: Producing the 'ICOMOS Policy Guidance on Cultural Heritage for the Sustainable Development Goals'. A Project of the ICOMOS on the Sustainable Development Goals (SDGs) Working Group*, 16 September 2019.
- ICOMOS 2019b, *The future of our pasts: Engaging cultural heritage in climate action. Outline of Climate Change and Cultural Heritage.*
- ICOMOS, EUROPA NOSTRA 2021, *European Cultural Heritage Green Paper.*
- IPCC 2023, *Climate Change 2023, Synthesis report*, AR6.
- ISO 13822 2010, *Bases for design of structures—assessment of existing structures*, second edition 2010-08-ISO International Standard, Switzerland.
- Legge 2020 = Legge 1 ottobre 2020, n. 133, *Ratifica ed esecuzione della Convenzione quadro del Consiglio d'Europa sul valore del patrimonio culturale per la società, fatta a Faro il 27 ottobre 2005.* (20G00152), Gazzetta Ufficiale, Serie Generale n. 263 del 23.10.2020.
- MIBACT 2015, *Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel Patrimonio Culturale. Architettura, centri e nuclei storici e urbani*, 28 ottobre 2015.
- MIBACT, ENEA 2017 = *Protocollo d'intesa tra Ministero dei beni e delle attività culturali e del Turismo – MIBACT – e Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile – ENEA – per l'efficienza energetica, l'innovazione, la prevenzione e la sicurezza del patrimonio culturale*, MIBACT-UDCM, REP. Protocolli d'intesa 06/05/2016 N° 6, data ultimo aggiornamento: 11 aprile 2017.
- PNACC 2023 = MASE, PNACC 2023, *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici.*
- SNAC 2015 = MATTM, SNAC 2015, *Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici.*
- ONU 2015a, *Paris Agreement.*
- ONU 2015b, *The Agenda 2030 for Sustainable Development.*
- SNPA 2023a, *Il clima in Italia nel 2022.* Delibera del Consiglio SNPA. Seduta del 14.07.2023. Doc. N. 213/23. Report di Sistema SNPA | 36 2023.
- SNPA 2023b, *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemi.* Edizione 2023, Delibera del Consiglio SNPA. Seduta del 11.10.2023, Doc. n. 218/23.
- UN 2015, *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030.*
- UN 2022, *Annual Report.*
- UN 2023, *Broken Record. Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again).* Emissions Gap Report 2023.
- UNDRR 2022, *Technical guidance on comprehensive risk assessment and planning in the context of climate change.*
- UNESCO 2007, *Climate change and world Heritage. Report on predicting and managing impacts of climate change on World Heritage and Strategy to assist States Parties to implement appropriate management responses*, Paris, France.
- UNESCO 2008, *Policy document on the impacts of climate change on world heritage properties. Document WCH-07/16.GA/10 adopted by the 16<sup>th</sup> general assembly of states parties to the world heritage convention (October 2007).*
- UNI 11897:2023 *Conservazione del patrimonio culturale – Linee guida per l'applicazione dei criteri generali di qualità negli interventi di conservazione e restauro dei beni culturali.*
- UNI EN 15898:2019, *Conservazione del patrimonio culturale – Termini generali e definizioni.*