

# Il modello Coast-RiskBySea per il supporto decisionale al progetto climate proof

Just Accepted: October 22, 2022 Published: May 30, 2023

RICERCA E  
SPERIMENTAZIONE/  
RESEARCH AND  
EXPERIMENTATION

Maria Fabrizia Clemente, <https://orcid.org/0000-0001-6114-2502>

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, Italia

mariafabrizia.clemente@unina.it

**Abstract.** Gli scenari climatici impongono la messa in campo di azioni climate proof, l'efficacia di tali progetti dipende direttamente dalla conoscenza dei contesti locali e dalle caratteristiche del costruito in rapporto alle condizioni di rischio climatico. Modalità di conoscenza innovative sono attuabili grazie al ricorso alle tecnologie abilitanti. A partire da tali premesse, il contributo, propone il modello Coast-RiskBySea per il supporto decisionale al progetto climate proof in relazione al rischio di inondazione costiera, con l'obiettivo di definire nuove sinergie tra la progettazione ambientale e le tecnologie abilitanti. Il modello proposto è stato testato su un caso applicativo nella città di Napoli simulando un intervento climate proof per valutare l'efficacia di tale soluzione in termini di riduzione dei danni e per definire potenzialità e criticità dell'approccio.

**Parole chiave:** Tecnologie abilitanti; Supporto decisionale; Progetto climate proof; Aree costiere; Coast-RiskBySea.

## Introduzione

Gli insediamenti urbani sono soggetti a molteplici rischi associati a pericoli meteorologici e agli effetti del cambiamento climatico che richiedono strategie di previsione e prevenzione dei rischi, adattamento agli impatti, riduzione delle vulnerabilità e programmazione di misure di mitigazione.

L'attuazione di strategie climate proof, intese come azioni capaci di prefigurare e prevenire eventi critici, richiede la valutazione dei rischi climatici e la lettura del sistema urbano come sistema complesso per il controllo delle continue interazioni morfologiche, funzionali e comportamentali-prestazionali che intercorrono tra i suoi sistemi e sottosistemi (Losasso, 2018).

Per leggere il sistema urbano in chiave sistemica è necessario considerare molteplici informazioni, il supporto delle tecnologie abilitanti consente di attuare modalità di conoscenza e progettuali innovative. Parallelamente, la valutazione dei rischi è affidata ai modelli climatici che supportano i decisori mediante

## The Coast-RiskBySea model for climate proof decision-making support

**Abstract.** Climate scenarios require the implementation of climate proof actions. The effectiveness of such projects directly depends on the knowledge of local contexts and on the built environment's characteristics in relation to climate risk conditions. Innovative methods of knowledge can be implemented through the use of enabling technologies. Based on these considerations, the paper proposes the Coast-RiskBySea model as support for climate proof decision-making in relation to coastal flood risk, with the aim of developing new synergies between environmental design and enabling technologies. The proposed model was tested on an application case in the city of Naples by simulating a climate proof measure to assess the effectiveness of this solution in terms of damage reduction, and to define the potential and criticality of the approach.

valutazioni qualitative degli effetti del clima sugli insediamenti urbani.

Nell'ambito della modellistica orientata al supporto decisionale per il progetto climate proof si evidenziano gap conoscitivi in termini dei danni provocati dagli eventi climatici, benefici e costi delle misure progettuali e lacune nelle simulazioni in relazione alle caratteristiche locali del costruito (EC, 2021; Mercogliano *et al.*, 2016). Emerge, quindi, la necessità di integrare i quadri di conoscenza e le stime degli impatti in relazione ai contesti locali mediante processi di downscaling così come la necessità di relazionare i modelli di rischio e impatto con strategie e soluzioni metaprogettuali.

Nello scenario della transizione verde e digitale, il progresso delle città è, quindi, strettamente connesso all'uso delle tecnologie e le Smart Cities si caratterizzano per la loro capacità "smart" di rispondere ai differenti bisogni ambientali, sociali ed economici attuando sia misure di tipo "soft" per la gestione, il controllo e il monitoraggio dell'ambiente urbano, sia misure di tipo "hard", come servizi e infrastrutture, mirando all'equilibrio sistemico tra aspetti socioculturali, ambientali, tecnologici ed economici (Antonini *et al.*, 2018; Ullah *et al.*, 2021).

È in questo contesto che si inserisce la proposta del modello Coast-RiskBySea (COASTal zones RISK assessment for Built environment by extreme SEA level) per la conoscenza del rischio di inondazione costiera orientata al supporto decisionale del progetto climate proof.

La ricerca presentata è maturata nell'ambito di un Dottorato innovativo a caratterizzazione industriale che, in linea con gli obiettivi della Comunità Europea, si è posto l'obiettivo di definire nuove sinergie tra la progettazione ambientale e le tecno-

**Keywords:** Key Enabling Technologies; Decision-making support; Climate proof design; Coastal areas; Coast-RiskBySea.

## Introduction

Urban settlements are subject to multiple risks associated with meteorological hazards and to the effects of climate change that require strategies for hazard prediction and prevention, adaptation to impacts, vulnerability reduction and planning of mitigation measures. The implementation of climate-proof strategies, defined as actions able to prefigure and prevent critical events, requires the assessment of climate risks and the interpretation of the urban system as a complex system to manage the continuous morphological, functional, and behavioural-performance interactions between its systems and subsystems (Losasso, 2018).

To analyse the urban system holistically, it is necessary to consider multiple information. The support of enabling technologies allows the implementation of innovative knowledge and design methods. At the same time, risk assessment is performed by climate models that support decision-makers through qualitative assessments of climate effects on the urban environment. Within the framework of decision-making support modelling for climate proof design, there are knowledge gaps in terms of climate-related damages, benefits, and costs of design measures, as well as gaps in simulations concerning the local characteristics of the built environment (EC, 2021; Mercogliano *et al.*, 2016). Thus, the necessity emerges to integrate knowledge frameworks and impact assessments in relation to local contexts through downscaling processes, as well as the need to relate

logie abilitanti. Il contributo si focalizza sulla sperimentazione del modello Coast-RiskBySea nella fase di supporto al progetto, precedenti lavori approfondiscono il workflow, l'applicabilità e l'accuratezza delle simulazioni (Clemente *et al.*, 2022), così come la replicabilità (Clemente, 2022).

### **Il modello Coast-RiskBySea per la valutazione degli impatti delle inondazioni costiere sull'ambiente urbano**

ESL fornisce informazioni in grado di orientare il progetto in chiave climate proof attraverso la conoscenza e la caratterizzazione degli aspetti di esposizione, vulnerabilità e hazard alla scala locale.

Il ricorso alle tecnologie abilitanti consente di supportare il progetto in termini processuali e operativi e, in questo contesto, è possibile identificare quattro categorie di strumenti: gli strumenti GIS, i software BIM, gli strumenti di simulazione energetico-ambientale e il linguaggio computazionale (Tersigni, 2018). Tra questi, gli strumenti GIS risultano ottimali per la gestione dei dati permettendo di strutturare la "knowledge base" necessaria per la valutazione dei rischi (Di Martino and Sessa, 2016).

La ricerca, seguendo un approccio sistemico, multiscalar e multidisciplinare è stata strutturata in tre fasi: analitico/conoscitiva, sintetico/comparativa e sperimentale. Nella fase analitico/conoscitiva è stato approfondito lo stato dell'arte per perimetrare il campo d'indagine. La fase sintetico/comparativa ha

Nelle aree costiere euro-mediterranee gli eventi di "Extreme Sea Level" (ESL)<sup>1</sup> saranno sempre più frequenti ed intensi. La valutazione del rischio di inondazioni costiere per eventi di

ESL fornisce informazioni in grado di orientare il progetto in chiave climate proof attraverso la conoscenza e la caratterizzazione degli aspetti di esposizione, vulnerabilità e hazard alla scala locale.

Il ricorso alle tecnologie abilitanti consente di supportare il progetto in termini processuali e operativi e, in questo contesto, è possibile identificare quattro categorie di strumenti: gli strumenti GIS, i software BIM, gli strumenti di simulazione energetico-ambientale e il linguaggio computazionale (Tersigni, 2018). Tra questi, gli strumenti GIS risultano ottimali per la gestione dei dati permettendo di strutturare la "knowledge base" necessaria per la valutazione dei rischi (Di Martino and Sessa, 2016).

La ricerca, seguendo un approccio sistemico, multiscalar e multidisciplinare è stata strutturata in tre fasi: analitico/conoscitiva, sintetico/comparativa e sperimentale. Nella fase analitico/conoscitiva è stato approfondito lo stato dell'arte per perimetrare il campo d'indagine. La fase sintetico/comparativa ha

risk and impact models with metadesign strategies and solutions.

In the scenario of the green and digital transition, the progress of cities is, therefore, closely linked to the use of technologies. Smart Cities are characterised by their "smart" ability to respond to different environmental, social, and economic issues by implementing both "soft" measures to manage, control and monitor the urban environment, and "hard" measures, such as services and infrastructure, aiming at achieving systemic balance between socio-cultural, environmental, technological and economic aspects (Antonini *et al.*, 2018; Ullah *et al.*, 2021).

It is in this context that the research proposes the Coast-RiskBySea model (COASTal zones RISK assessment for Built environment by extreme SEA level) for the knowledge of coastal flood risk oriented to the decision-

making support of the climate proof project.

The research presented was carried out as part of an innovative PhD programme with an industrial approach, which, in line with the objectives of the European Community, was aimed at defining new synergies between environmental design and enabling technologies. The paper focuses on the test of the Coast-RiskBySea model in the design-making support phase. Previous work investigates workflow, applicability, and accuracy of simulations (Clemente *et al.*, 2022), as well as transferability (Clemente, 2022).

### **The Coast-RiskBySea model to assess the impacts of coastal floods on the urban environment**

Extreme Sea Level (ESL)<sup>1</sup> events will be increasingly frequent and intense in the Euro-Mediterranean coastal areas.

condotto da un lato, alla proposta del modello Coast-RiskBySea per la conoscenza e la valutazione del rischio di inondazione costiera e, dall'altro alla costruzione di un catalogo di soluzioni metaprogettuali climate proof. Nella fase sperimentale, il modello è stato testato sulla città di Napoli (Italia) come strumento di supporto decisionale per verificare le potenzialità e l'affidabilità dell'approccio e metterne in evidenza i limiti e le prospettive di sviluppo.

Sebbene per ciò che concerne la valutazione dei danni il modello è stato oggetto di precedenti pubblicazioni (Clemente, 2022; Clemente *et al.*, 2022), sinteticamente, se ne riportano le principali caratteristiche e le fasi operative al fine di comprenderne il potenziale contributo offerto al supporto progettuale.

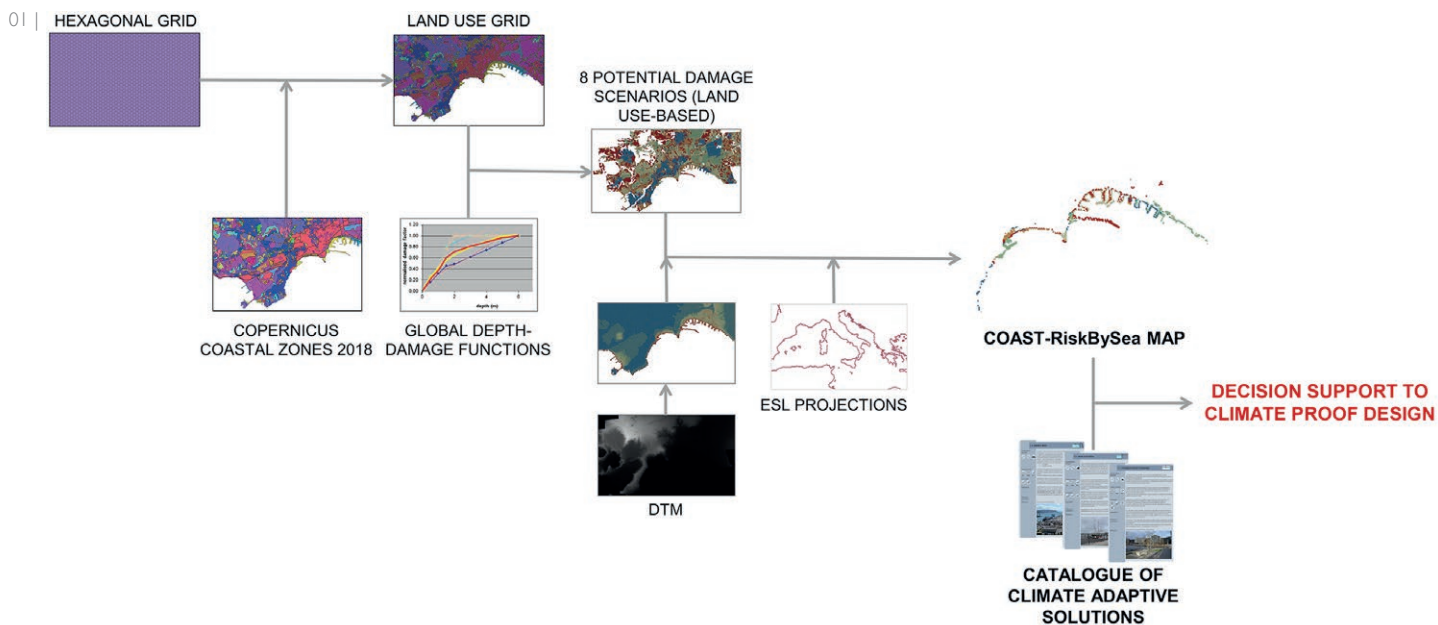
Il modello Coast-RiskBySea è elaborato in ambiente GIS e il rischio è parametrizzato in funzione dei potenziali danni economici ai fenomeni di inondazione costiera sull'ambiente costruito. I danni, diretti e tangibili, sono calcolati su unità di campionamento esagonali omogenee e regolari; il rischio, seguendo il framework dell'IPCC nei report AR5 e AR6, è valutato in funzione di esposizione, vulnerabilità ed hazard. L'esposizione è calcolata a partire dai dati di land use Copernicus Coastal Zones 2018 combinati con le funzioni di danno del Joint Research Centre (JRC) dell'Unione Europea (le global depth-damage functions) ai fini del calcolo del valore esposto. Come vulnerabilità è considerata l'elevazione altimetrica media rispetto al livello del mare ricavata dal modello digitale del terreno (DTM). Per hazard sono considerati gli eventi di ESL, le proiezioni climatiche sono anch'esse ricavate nell'ambito delle banche dati del JRC. Tutti i dati sono open-source e caratterizzati da copertura spaziale omogenea a livello europea permettendo la replicabilità

The assessment of coastal flood risk due to ESL events provides information that can orientate climate proof design through knowledge and characterisation of exposure, vulnerability and hazard features at the local scale. The use of enabling technologies allows to support the project in both procedural and operational terms and, in this context, four categories of tools can be identified: GIS (Geographic Information Systems) tools, BIM (Building Information Modelling) software, energy-environmental simulation tools, and computational language (Tersigni, 2018). Among these, GIS tools are most suitable for data management, enabling the construction of the "knowledge base required for risk assessment (Di Martino and Sessa, 2016).

The research, following a systemic, multi-scalar and multi-disciplinary

approach, was structured in three phases: analytical/cognitive, synthetic/comparative and experimental. In the analytical/cognitive phase, the state of the art was investigated to define the investigation's perimeter. The synthetic/comparative phase led, on the one hand, to the proposal of the Coast-RiskBySea model for the observation and knowledge of coastal flood risk and, on the other hand, to the construction of a catalogue of climate proof metadesign solutions. In the experimental phase, the model was tested in the city of Naples (Italy) as a decision-making support tool to verify the potential and reliability of the approach, and to highlight its limitations and development perspectives.

Although the model has been the subject of previous publications regarding damage assessment (Clemente, 2022; Clemente *et al.*, 2022), briefly, its main



tà anche in altri contesti. Il contributo delle tecnologie abilitanti diventa necessario per la gestione multiscalar dei dati e per svolgere operazioni complesse in tempi contenuti.

Individuati le aree a rischio e il grado di rischio correlato, per fornire uno strumento di supporto decisionale nella fase metaprogettuale finalizzato al progetto ambientale alla scala locale, il modello Coast-RiskBySea è associato ad un catalogo di soluzioni metaprogettuali climate proof. La metaprogettazione consente, infatti, di individuare criteri e requisiti del sistema tecnologico-ambientale finalizzati alla proposta di variazioni progettuali con scenari diversi; i cataloghi di soluzioni rappresentano uno strumento di azione decisionale progressiva, supportando il passaggio dalla fase analitica a quella progettuale (Tucci *et al.*, 2021).

characteristics and operational steps are reported to understand its potential contribution to design support. The Coast-RiskBySea model is processed in a GIS environment, and the risk is parameterised according to the potential economic damages due to coastal flooding events on the built environment. Damages, both direct and tangible, are calculated on hexagonal homogeneous and regular sampling units. Risk, following the IPCC framework in the AR5 and AR6 reports, is assessed as a function of exposure, vulnerability, and hazard. Exposure is calculated from the land use Copernicus Coastal Zones 2018 database combined with damage functions of the European Union's Joint Research Centre (JRC) (the global depth-damage functions) to compute the exposed value. The mean elevation above sea level obtained from the Digital Terrain

Model (DTM) is considered as vulnerability. ESL events are considered as hazard, while climate projections are also derived from the JRC databases. All data are obtained online and in open-source format, and are characterised by homogeneous spatial coverage across Europe, thus allowing the application of the model in all coastal territories of the European Union. The contribution of enabling technologies becomes essential for multiscalar management of data, and to perform complex operations in a short time. Once the areas at risk and the related degree of risk have been identified, to provide decision-making support in the metadesign phase finalised at environmental design at the local scale, the Coast-RiskBySea model is related to a catalogue of climate proof metadesign solutions. Metadesign allows the identification

Il workflow è riportato in figura (Fig. 1).

### Il modello Coast-RiskBySea per il supporto al progetto climate proof

Nell'ambito della proposta del modello Coast-RiskBySea, il catalogo di soluzioni metaprogettuali climate proof è costruito a partire dalla schedatura delle soluzioni individuate nella letteratura scientifica di riferimento e dall'analisi di buone pratiche progettuali nazionali ed internazionali. Le soluzioni individuate sono classificate in funzione delle strategie introdotte per contrastare il fenomeno delle inondazioni costiere e, quindi, in misure che agiscono per: difesa, adeguamento o delocalizzazione (IPCC CZM, 1990). Per ogni soluzione è stata costruita una scheda informativa articolata in due

of criteria and requirements of the technological-environmental system to propose design alternatives based on different scenarios. Solution catalogues are a tool for incremental decision-making processes, supporting the transition from the preliminary phase to the formalisation and synthesis phase and, therefore, from the analytical to the design phase (Tucci *et al.*, 2021). The workflow is shown in the figure (Fig. 1).

### The Coast-RiskBySea model to support the climate proof project

In the framework of the Coast-RiskBySea model proposal, the catalogue of climate proof metadesign solutions is developed based on the inventory of solutions identified in the scientific reference literature and on the analysis of national and international best practices.

The solutions identified are classified according to the strategies introduced to contrast the coastal flood phenomenon and, therefore, in measures acting for: defence, accommodation or delocalisation (IPCC CZM, 1990). For each solution, an information sheet was structured in two sections. In the first the solutions are briefly described according to six homogeneous and recurring blocks of information that identify their main aspects (main characteristics, climate targets, co-benefits, economic indications, applicability and, references); in the second, typical solutions are identified and graphically schematised. The main characteristics include the scale of the intervention by identifying regional/city, district/neighbourhood and block/building scale solutions (Valente, 2020), and the type of measure by identifying grey/infrastructural

sezioni, nella prima le soluzioni sono descritte, sinteticamente, in funzione di sei blocchi di informazioni omogenee e ricorrenti che ne individuano i principali aspetti (caratteristiche principali, targets climatici, co-benefits, indicazioni economiche, applicabilità e riferimenti progettuali), nella seconda sono individuate e schematizzate graficamente le soluzioni-tipo. Tra le caratteristiche principali si evidenziano la scala d'intervento che identifica soluzioni a scala di regione/città, distretto/quartiere e blocco/edificio (Valente, 2020) e la tipologia di azione individuando soluzioni grigie/infrastrutturali e tecnologiche, verdi/ basate su un approccio ecosistemico e soft/non strutturali (MATTM, 2014). La relazione tra il modello di rischio e il set di soluzioni è costruita in ambiente GIS mediante un collegamento ipertestuale che rimanda alle schede tecniche in formato pdf. Tale relazione si basa sull'applicabilità delle soluzioni definita a partire dalle informazioni contenute nelle unità di campionamento in forma di attributi spaziali. L'applicabilità di una o più soluzioni è costruita in forma matriciale a partire da indagini deduttive condotte sulla letteratura scientifica di riferimento e dall'analisi di casi studio nazionali ed internazionali e varia in base alle caratteristiche locali. In prima istanza, è identificata in funzione delle classi d'uso del suolo e, quindi, in base all'esposizione classificata secondo l'indicatore di land use che considera sia la destinazione d'uso che la tipologia e la densità del tessuto urbano. Individuate le alternative metaprogettuali, il catalogo delle soluzioni può essere parametrizzato dai decisori in funzione dei criteri caratterizzanti del progetto identificando: tipologia di misura (grigia, verde e/o soft) e scala d'intervento (regione/città, distretto/quartiere e/o blocco/edificio). Tale parametrizzazione permette di compiere una prima selezione delle soluzioni;

and technological, green/ecosystem-based and soft/non-structural solutions (MATTM, 2014).

The association between the risk model and the set of climate proof solutions is structured in GIS by a hyperlink that connects to the technical sheets in pdf format. This relationship is based on the applicability of the solution settled on the information contained in the sampling units in form of spatial attributes. The applicability of one or more solutions is structured in matrix form based on deductive research in the reference scientific literature, and on the analysis of national and international case studies, and varies according to local characteristics. In the first instance, it is identified according to land use classes and, therefore, according to the exposure classified by the land use indicator that considers use, type, and density of the urban fabric.

Once the metadesign alternatives have been identified, the catalogue of solutions can be parameterised by the decision-makers according to the criteria that characterise the project, identifying: type of action (grey, green and/or soft) and scale (region/city, district/ neighbourhood and/or block/building). This parameterisation permits an initial selection of solutions; however, it does not take into account the many potential regulatory, economic or social limitations.

#### **A case study on the city of Naples**

To test the efficiency of the Coast-Risk-BySea model as an information and consultation tool for design alternatives, the application of a climate proof solution for the city of Naples was simulated. Following the framework identified by the IPCC in the AR5 report (Noble *et al.*, 2014), the decision-

tuttavia, non tiene in considerazione i molteplici potenziali vincoli di natura normativa, economica o sociale.

#### **Un caso applicativo sulla città di Napoli**

Ai fini sperimentali, per verificare l'efficacia del modello Coast-RiskBySea come strumento di informazione e consultazione delle alternative progettuali, è stato simulato un intervento sulla città di Napoli. Seguendo il framework individuato dall'IPCC nel report AR5 (Noble *et al.*, 2014), il processo decisionale è stato articolato in quattro fasi:

1. Identificazione dell'area d'intervento;
2. consultazione delle alternative progettuali (catalogo delle soluzioni meta-progettuali climate proof);
3. definizione dell'approccio progettuale (tipologia di azione e scala d'intervento), parametrizzazione del catalogo e identificazione delle soluzioni;
4. simulazione dell'intervento climate proof e valutazione della riduzione dei danni.

L'applicazione sperimentale è stata condotta considerando un evento di ESL al 2100 caratterizzato da scenario RCP 8.5, tempo di ritorno 100 anni e 95esimo percentile, considerando, quindi il caso peggiore. Dalle simulazioni (Clemente *et al.*, 2022) è stata individuata come area particolarmente critica l'area di via F. Caracciolo<sup>2</sup> una delle principali arterie stradali di Napoli.

Ad ogni unità spaziale è quindi associato un set di soluzioni in base alle informazioni contenute in forma di attributi spaziali. Le alternative metaprogettuali sono individuate nell'ambito del catalogo delle soluzioni e, come anticipato, sono classificate in base alla principale strategia introdotta per il contrasto ai fenomeni di inondazione costiera (Fig. 2).

making process was articulated in four phases:

1. identification of the risk area;
2. consultation of design alternatives (catalogue of climate proof metadesign solutions);
3. definition of the design approach (type of action and scale of intervention), parameterisation of the catalogue and identification of solutions;
4. simulation of the climate proof solution and assessment of damage reduction.

The test was conducted considering an ESL event at 2100 characterised by RCP 8.5 scenario, return period 100 years, and 95th percentile, thus considering the worst case. From the simulations (Clemente *et al.*, 2022), the area of via F. Caracciolo<sup>2</sup>, one of the main roads of Naples, was identified as a critical area.

A set of solutions based on the information included in the form of spatial attributes is then associated to each spatial unit. The metadesign alternatives are identified within the solutions catalogue and, as mentioned above, are classified according to the main strategy introduced to contrast coastal floods (Fig. 2). Among the identified solutions, those based on an ecosystem approach relating to the district/ neighbourhood scale and performing according to a defence approach have been selected as a demonstration.

For demonstration purposes, among the identified solutions, a selection was made of those characterised by a green/ecosystem approach, relating to the district/neighbourhood scale and acting according to a defence approach. Without considering technical aspects, regulatory and/or socio-economic constraints, the coastal parks/

Ai fini dimostrativi, tra le soluzioni individuate, sono state selezionate quelle basate su un approccio ecosistemico, che si relazionano con la scala del distretto/quartiere e che agiscono secondo un approccio di difesa. Senza tenere in considerazione aspetti tecnici, vincoli normativi e/o socioeconomici è stata selezionata e applicata la soluzione parchi costieri/aree verdi. Un recente esempio di questo tipo di soluzione è l'Hudson River park a New York (Fig. 3).

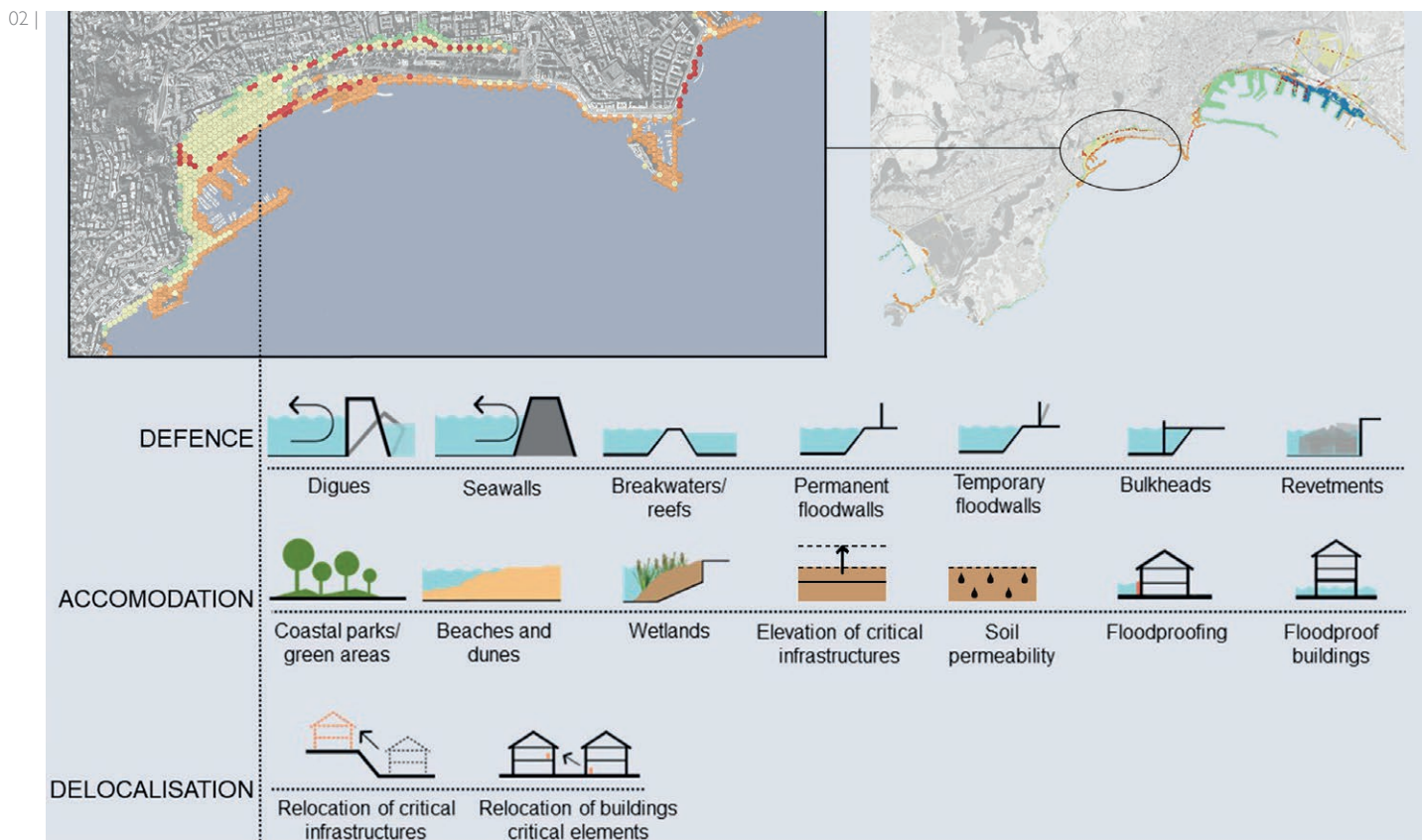
Prevedere aree verdi nelle aree costiere consente di ridurre gli impatti delle inondazioni sull'ambiente costruito mediante la creazione di una buffer zone tra l'acqua e gli elementi esposti. I parchi urbani sono concepiti per essere inondati riportando danni minimi data l'alta percentuale di superficie permeabile; l'efficacia dipende direttamente dall'estensione superficiale.

La simulazione sul caso studio evidenzia una riduzione dei potenziali danni economici diretti e tangibili sull'ambiente costruito fino a 2,3M € per eventi di ESL al 2100 (Fig. 4). Oltre ai benefit climatici diretti rispetto al fenomeno di inondazione costiera, la soluzione consente di ridurre anche gli impatti per eventi di inondazione pluviale grazie all'alta permeabilità delle superfici che consente una riduzione del run-off superficiale, e degli impatti ai fenomeni di ondata di calore. Per incrementale

anche la protezione ai fenomeni di erosione costiera è possibile armare la riva, inserire elementi di protezione o di stabilizzazione del terreno. In aggiunta molteplici sono i co-benefits offerti sul piano ambientale, sociale ed economico.

La simulazione presentata intende porsi come progetto dimostratore senza tenere in considerazione i numerosi vincoli che caratterizzano l'area; ad esempio, nel caso in esame, è necessario considerare il valore storico dell'area che rientra nel perimetro UNESCO, così come la necessità di considerare soluzioni di tipo soft per la delocalizzazione della strada. Infatti, sebbene il contributo delle tecnologie abilitanti consenta di avviare processi progettuali innovativi, il ruolo del progettista rimane centrale e il progetto deve essere inteso come uno strumento di ricerca e non di problem solving (Maldonado, 1970).

Attualmente l'efficacia delle soluzioni climate proof presenti nel catalogo, in termini di riduzione dei danni sul piano spaziale ed economico ai fenomeni di inondazione costiera, è testabile solo per alcune soluzioni, ulteriori implementazioni sono necessarie per integrare modalità computazionali per la riduzione dei danni mediante l'introduzione di coefficienti o l'integrazione di funzioni site-specific e saranno oggetto di sperimentazioni future.



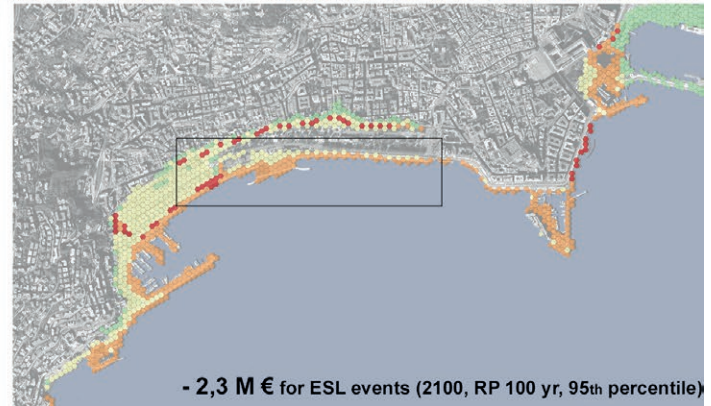


| 03

#### STATE OF THE ART



#### IMPLEMENTATION OF CLIMATE PROOF DESIGN STRATEGIES



| 04

green areas solution was selected and applied. A recent example of this type of solution is the Hudson River Park in New York (Fig. 3).

Designing green zones in coastal areas reduces the impacts of flooding on the built environment by creating a buffer zone between water and exposed elements. Urban parks are designed to be flooded with minimal damage due

to their high percentage of permeable surface area; the efficacy directly depends on the size of the surface area. The simulation on the case study shows a reduction in potential direct and tangible economic damages to the built environment up to 2.3M € for ESL events by 2100 (Fig. 4). In addition to the direct climatic benefits against coastal flooding, the solution also reduces the

impacts of pluvial flooding due to the high permeability of the surfaces, which allows the reduction of surface run-off, and of impacts caused by heat waves. To also increase the protection against coastal erosion, the shoreline can be armoured, and protection or stabilisation elements can be included. In addition, there are many co-benefits in environmental, social and economic terms.

The simulation presented is conceived as a demonstrator project without taking into consideration the numerous constraints that characterise the area; for example, in the case presented, it is necessary to consider the historical value of the area, which is part of the UNESCO perimeter, as well as the need to consider soft solutions to the relocation of the road.

## Conclusioni

L'utilizzo di tecnologie abilitanti consente di avviare processi metodologici e procedurali innovativi nel campo della green economy e, in particolare, nel supporto orientato alla gestione del rischio climatico, sviluppando soluzioni e strategie climate proof. L'efficacia dei progetti richiede lo sviluppo di modelli di conoscenza e processi innovativi atti ad orientare la trasformazione dell'ambiente costruito tenendo in considerazione le molteplici istanze del progetto urbano, includendo aspetti ecosistemici, sociali ed economici.

In questo scenario il modello Coast-RiskBySea si avvale di strumenti di modellazione e simulazione, machine learning e gestione dei dati per fornire supporto nell'ambito del progetto climate proof ai fenomeni di inondazione costiera.

I principali destinatari della ricerca sono i decisori chiamati ad operare in scenari di criticità climatiche. Aspetti innovativi del modello Coast-RiskBySea risiedono sia nel processo che negli strumenti utilizzati che hanno consentito un downscaling dell'analisi degli impatti alla scala locale rispetto ai modelli presenti in letteratura grazie alla caratterizzazione degli aspetti di hazard, vulnerabilità ed esposizione in relazione alle caratteristiche del costruito. Altri aspetti innovativi riguardano la parametrizzazione dei rischi in funzione dei potenziali danni economici e la relazione tra il modello di rischio e il catalogo di soluzioni climate proof che consente di fornire un quadro sintetico per il passaggio dalla fase istruttoria a quella operativa. L'utilizzo di dati open source e omogenei a livello europeo in ambiente GIS ha, inoltre, permesso di sviluppare un modello che può supportare i decisori delle aree con limitata disponibilità di dati, senza dover ricorrere ad ingenti investimenti economici.

Currently, the efficacy of climate proof solutions in the catalogue, in terms of spatial and economic damage reduction, can only be tested for some solutions. Further implementations are necessary to integrate computational methods to reduce damage through the introduction of coefficients or the integration of site-specific functions, and will be the subject of future experimentations. Indeed, although the contribution of enabling technologies allows innovative design processes, the role of the architect remains central, and the project must be intended as a research tool and not as a problem-solving exercise (Maldonado, 1970).

## Conclusions

The use of enabling technologies makes it possible to initiate innovative methodological and procedural processes in the field of green economy

and, in particular, in supporting climate risk management by developing climate-proof solutions and strategies. Design efficacy requires the development of knowledge models and innovative processes to support the adaptation of the built environment, taking into account the multiple instances of urban development, including ecosystem, social and economic aspects. In this scenario, the Coast-RiskBySea model relies on modelling and simulation tools, machine learning and data management to provide support against coastal floods within project climate proof. The research's main target audience comprises decision-makers working in critical climate scenarios. Innovative aspects of the Coast-RiskBySea model lie both in the process and in the tools used, which allowed downscaling of the analysis of impacts to the local scale,

compared to models found in the literature, by characterising the aspects of hazard, vulnerability and exposure in relation to the characteristics of the built environment. Other innovative aspects concern the parameterisation of risks in function of potential economic damage, and the relationship between the risk model and the catalogue of climate proof solutions, which allows a synthetic framework to move from the assessment to the operational phase. The use of open source and homogeneous data at European level in a GIS environment has also allowed the development of a model that can support decision-makers in areas with limited data availability, without the need for large economic investments.

La sperimentazione condotta sulla città di Napoli, a partire dall'individuazione dell'area a rischio e del grado di rischio correlato, si è concentrata sull'applicazione di una soluzione metaprogettuale che, modificando gli indicatori di vulnerabilità ed esposizione, ha consentito di testare la riduzione del rischio e dei conseguenti danni economici associati.

Il test ha evidenziato le potenzialità dell'approccio che, integrando strumenti e approcci di AI (Artificial Intelligence) per implementare il modello nella verifica dell'efficacia di tutte le soluzioni presenti nel catalogo e per migliorare il contributo al progetto site-specific tenendo in considerazione gli aspetti ambientali, sociali ed economici, potrebbe diventare un prodotto/servizio per decisori pubblici o privati<sup>3</sup>.

## NOTE

<sup>0</sup> L'articolo, i cui proponenti sono ricercatori under 35, dopo aver superato la fase di accettazione dell'abstract e il successivo referaggio effettuato con modalità "double blind", ha ottenuto, da parte del Board di Techne, una valutazione meritevole per la sua pubblicazione con la logica No-Pay.

<sup>1</sup> Per evento di "Extreme Sea Level" si intende un evento di inondazione costiera che considera sia la componente graduale di innalzamento del livello del mare che improvvisa come le onde da vento.

<sup>2</sup> Via Francesco Caracciolo è un'ampia promenade parallela alla Villa Comunale e al mare, fu realizzata a seguito della colmata delle antiche spiagge. Per il contrasto ai fenomeni di inondazione sono presenti scogliere radenti, sistemi di rivestimento e barriere emergenti.

<sup>3</sup> La proposta nell'ambito della competition Copernicus Masters 2022 ha vinto una menzione nell'ambito del Regional Prize Italy.

The test conducted on the city of Naples, which started by identifying the area at risk and the degree of related

risk, focused on the application of a metadesign solution that, through the modification of vulnerability and exposure indicators, allowed to test the risk reduction and the associated economic damages.

The test highlighted the potential of the approach, which could become a product/service to support public or private decision-makers through the integration of AI (Artificial Intelligence) tools and approaches to implement the model in order to verify the efficacy of all the proposed solutions in the catalogue, and to improve the site-specific design contribution, taking into account environmental, social and economic aspects<sup>3</sup>.

## NOTES

<sup>0</sup> The article, whose proponents are researchers under 35, after having passed the abstract acceptance phase

## REFERENCES

- Antonini, E., Mussinelli, E. (2018), "Toward the smart city and beyond", *TECHNE Journal of Technology for Architecture and Environment*, special series Vol. 1, pp. 26-27.
- Clemente, M. F. (2022), "The Future Impacts of ESL Events in Euro-Mediterranean Coastal Cities: The Coast-RiskBySea Model to Assess the Potential Economic Damages in Naples, Marseille and Barcelona", *Sustainability*, Vol. 14.
- Clemente, M. F., D'Ambrosio, V. and Focareta, M. (2022), "The proposal of the Coast-RiskBySea: COASTal zones RISK assessment for Built environment bY extreme SEA level, based on the new Copernicus Coastal Zones data", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol. 75.
- Di Martino, F., Sessa, S. (2016), "Processi di analisi spaziale per la gestione della conoscenza/Spatial analysis processes to manage the knowledge" in D'Ambrosio, V., Leone, M. F. (Ed.), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change - 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza*, Clean Edizioni, Naples, pp. 58-69.
- EC (2021), *Impact Assessment Report The new EU Strategy on Adaptation to Climate Change SWD/2021/25 final*.
- Losasso, M. (2018), "Progetto, Ambiente, Resilienza | Design, Environment, Resilience", *TECHNE Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 15, pp. 16-20.
- Maldonado T. (1970), "La speranza progettuale", Einaudi edizioni.
- Mercogliano, P., Rianna, G. and Zollo, C. (2016), "Scenari di cambiamento climatico su aree urbane: problematiche di downscaling", in D'Ambrosio, V., Leone, M. F. (Ed.), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change - 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza*, Clean Edizioni, Naples, pp. 208-217.
- MATTM (2014), *Elementi per una Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.
- Noble, I.R., Huq S., Anokhin, Y.A., Carmin, J., Goudon, D., Lansigan, F.P. et al. (2014), "Adaptation needs and options" in Field CB et al. (Ed.), *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge and New York, pp 833-868.
- Tersigni, E. (2018), "Simulare e misurare il progetto resiliente", in Leone M., Tersigni E. (Ed.), *Progetto resiliente e adattamento climatico. Metodologie, soluzioni progettuali e tecnologie digitali*, Clean, Naples, pp. 74-93.
- Tucci, F., Ceccafosso V. and Turchetti G. (2021), "La multiscalarità degli interventi di adattamento climatico" in Bologna, R., Losasso, M., Mussinelli, E., Tucci, F. (Eds.), *Dai distretti urbani agli eco-distretti. Metodologie di conoscenza, programmi strategici e progetti pilota per l'adattamento climatico*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN), pp. 61-67.
- Ullah, F., Qayyum, S., Thaheem, M., Jamaluddin, Al-Turjman, F. and Sepasgozar, S. (2021) "Risk management in sustainable smart cities governance: A TOE framework.", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 167.
- Valente, R. (2020) "Esperienze di progetti ambientali multiscalarari", in Losasso, M., Lucarelli, M.T., Rigillo, M., Valente, R. (Ed.), *Adattarsi al clima che cambia*, Collana Studi e Progetti, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN), pp. 262-266.
- and the subsequent refereeing carried out in a "double blind" mode, obtained from the Techne Board a deserving evaluation for its publication with the No-Pay logic.
- <sup>1</sup> An 'Extreme Sea Level' event is defined as a coastal flood event that considers both the gradual component of rising sea level and the sudden component, such as wind waves.
- <sup>2</sup> Via Francesco Caracciolo is a wide promenade that runs parallel to the Villa Comunale and the sea. It was built by filling up the old beaches. To prevent inundations, there is a series of sea cliffs, revetment systems and emerging barriers.
- <sup>3</sup> The proposal in the Copernicus Masters competition 2022 won a mention in the Regional Prize Italy.