

## INONDAZIONI COSTIERE NEL MEDITERRANEO

Strategie di trasformazione per città resilienti

## COASTAL FLOODS IN THE MEDITERRANEAN

Transformation strategies for resilient cities

Carmela Mariano, Marsia Marino

### ABSTRACT

Il rapporto IPCC del 2018 rappresenta lo stato attuale delle conoscenze sui cambiamenti climatici e sui loro potenziali impatti ambientali e socioeconomici. Una delle conseguenze più dirette di tali cambiamenti è rappresentata dall'innalzamento del livello dei mari, tematica sulla quale si sofferma il contributo, evidenziando come, ad oggi, non esista un recepimento e una declinazione soddisfacente, nel livello di pianificazione locale, degli indirizzi contenuti negli strumenti settoriali preposti alla gestione del fenomeno. Il contributo, a partire dai risultati di uno studio dell'ENEA, approfondisce il contesto territoriale del Mediterraneo, nello specifico quello italiano, con l'obiettivo di far emergere alcuni riferimenti metodologici ed operativi per l'elaborazione di possibili strategie di trasformazione dei contesti urbani interessati dal fenomeno di rischio.

The IPCC 2018 report represents the current state of knowledge on climate change and its potential environmental and socio-economic impacts. One of the most direct consequences of these changes is represented by the raising of the sea-level, the topic on which the contribution lingers, highlighting how, to date, there is no declination, at the local planning level, of the content addresses in the sectoral tools responsible for managing the phenomenon. The contribution, starting from the results of a recent ENEA research, explores the territorial context of the Mediterranean, specifically the Italian area, to bring out some methodological and operational suggestions for the elaboration of some possible strategies for transforming urban contexts affected by flooding.

### KEYWORDS

cambiamenti climatici, innalzamento livello del mare, strategie di adattamento, resilienza urbana, funzionalità ecologica

climate change, sea-level rise, adaptation strategies, urban resilience, ecological functionality

**Carmela Mariano** is an Associate Professor in Urban Planning at the Department of Pianificazione, Design e Tecnologia dell'Architettura (PDTA), Sapienza Università di Roma (Italy). She is the President of the CdLm in 'Architettura – Rigenerazione Urbana', and a Member of the Academic Board of the PhD Program 'Pianificazione, Design e Tecnologia dell'Architettura' – PDTA Department. Mob. +39 346/11.13.542 | E-mail: carmela.mariano@uniroma1.it

**Marsia Marino**, Architect, is a PhD student in 'Pianificazione, Design e Tecnologia dell'Architettura' at the PDTA Department, Sapienza Università di Roma (Italy). She is carrying out research on the management of coastal cities subjected to flooding due to sea-level rise. Mob. +39 388/44.38.378 E-mail: marsia.marino@uniroma1.it

Le profonde trasformazioni fisiche e sociali che hanno interessato la città contemporanea negli ultimi decenni, il progressivo aumento demografico, i cambiamenti climatici, gli squilibri territoriali e il depauperamento delle risorse ecologiche ed energetiche, hanno determinato una profonda riflessione delle discipline che operano sui territori, con l'obiettivo di delineare strategie e tattiche in grado di indirizzare e progettare realtà sempre più complesse e di governare una metamorfosi resiliente (Gunder-son and Holling, 2002) della città contemporanea (Gasparrini, 2017). Un cambio di paradigma che si colloca nel dibattito di quello che è stato definito il passaggio dall'era dell'Antropocene (Crutzen, 2005) al cosiddetto Neo-Antropocene (Carta, 2017) in cui, acquisita la consapevolezza dell'impatto antropico sul clima e l'ambiente, si cerca di utilizzare le risorse territoriali in maniera più creativa e intelligente, per assicurare uno sviluppo sostenibile per le generazioni presenti e future.

In questo contesto di riferimento, le tematiche relative alle politiche di mitigazione e adattamento delle aree urbane agli effetti territoriali prodotti dal cambiamento climatico (UNISDR, 2012; UNFCCC, 2015) acquisiscono una notevole rilevanza e richiedono, rispetto al passato, la messa a punto di una strategia integrata di intervento sui territori urbani e metropolitani (European Commission, 2007) e di nuovi riferimenti metodologici e operativi per una trasformazione sostenibile del territorio, come auspicato anche dagli obiettivi della Agenda globale per lo sviluppo sostenibile 2030 (UN, 2017, pp. 4, 5) che invita a «rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili» (Goal 11) e «adottare misure urgenti per combattere i cambiamenti climatici e le sue conseguenze» (Goal 13).

Il rapporto dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2018) rappresenta lo stato attuale delle conoscenze sui cambiamenti climatici e sui loro potenziali impatti ambientali e socioeconomici, tematica sempre più centrale nel dibattito internazionale poiché condiziona da un lato la salvaguardia di territori, paesaggi e contesti urbani fragili, dall'altro usi, prestazioni ed efficienza di manufatti architettonici e oggetti di uso quotidiano. Una delle conseguenze più dirette dei cambiamenti climatici in atto è, senza dubbio, rappresentata dal costante e repentino innalzamento del livello dei mari, tematica sulla quale il presente lavoro intende soffermarsi, con l'obiettivo di offrire un contributo scientifico che favorisca, da un lato, il progresso della conoscenza sulle misure di adattamento dei territori costieri interessati da fenomeni di inondazioni e, dall'altro, l'individuazione di azioni di riconnessione e di riconfigurazione delle componenti morfologiche e ambientali (Musco and Zanchini, 2014; Mariano and Marino, 2019) in grado di rispondere alla fragilità e vulnerabilità dei territori contemporanei.

Il contributo, che si colloca all'interno delle attività di ricerca condotte nell'ambito del Dottorato di Pianificazione, Design e Tecnologia dell'Architettura, Dipartimento PDTA, Sapienza Università di Roma, con il progetto 'Cambiamenti climatici e nuove geografie urbane: Strategie di adattamento territoriale per le città co-

stiere soggette a fenomeni di inondazione. Una matrice italiana<sup>1</sup>, indaga il concetto di sviluppo resiliente dei territori costieri attraverso la concettualizzazione di possibili strategie di trasformazione dei contesti urbani interessati dal fenomeno di rischio, differenziate in relazione alla specificità dei contesti territoriali e volte, da un lato, alla prevenzione del rischio e alla minimizzazione degli impatti causati dai cambiamenti ambientali, antropici e sociali e, dall'altro, focalizzate sul carattere dinamico delle metodologie operative, ideative e compositive/progettuali, in cui tutti gli elementi dell'ambiente costruito si adattano ai nuovi equilibri con efficienze ed elevati livelli prestazionali.

Il campo di indagine è, dunque, quello delle inondazioni costiere in ambiente urbano e il contesto territoriale di riferimento è quello del Mediterraneo. Obiettivo di questa fase della ricerca, tuttora in corso, è quello di procedere, a partire dai risultati di un recente studio condotto dall'ENEA (Antonoli et alii, 2017), avente ad oggetto l'approfondimento degli impatti fisici e geologici prodotti dall'innalzamento del livello del mare su 4 aree costiere (la pianura costiera dell'Adriatico settentrionale, Taranto, Cagliari e Oristano) in un orizzonte temporale al 2100, e una verifica degli esiti della sovrapposizione delle mappe del rischio elaborate con gli strumenti urbanistici vigenti nelle aree esaminate. L'obiettivo è quello di declinare, negli strumenti di pianificazione urbanistica, le indicazioni e le prescrizioni degli strumenti settoriali, che atten-

gono al campo delle misure di mitigazione degli impatti, individuando alcuni riferimenti metodologici e operativi a supporto delle Pubbliche Amministrazioni per l'elaborazione di strategie di trasformazione sostenibile dei contesti urbani interessati dal fenomeno di rischio.

Questo significa, in primo luogo, individuare le modalità per assumere, al livello della pianificazione urbanistica locale, le prescrizioni dei PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) e dei PGRA (Piani di Gestione del Rischio Alluvioni). Il primo è uno strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo di livello regionale, mediante il quale l'Autorità dei Bacini Regionali individua, nell'ambito di competenza, le aree da sottoporre a tutela per la prevenzione del rischio, sia mediante la pianificazione e programmazione di interventi di difesa, sia mediante l'emanazione di norme d'uso del territorio ed ha valore di Piano Territoriale di Settore; il secondo, introdotto con il DLgs 3 aprile 2006, n. 152 – Norme in materia ambientale, individua e definisce gli scenari di allagabilità e di rischio idraulico su differenti tempi di ritorno, coinvolgendo, dunque, competenze disciplinari in tema di difesa e salvaguardia del territorio (pianificazione territoriale, opere idrauliche e interventi strutturali, programmi di manutenzioni dei corsi d'acqua), sia di protezione civile e sicurezza urbana (monitoraggio, presidio, gestione evento e post evento), come stabilito dal DLgs 49/2010 di recepimento della Direttiva Alluvioni (Distretto Alpi Orientali, 2017).



Fig. 1 | The 33 areas at risk of flooding (source: ENEA, 2017).



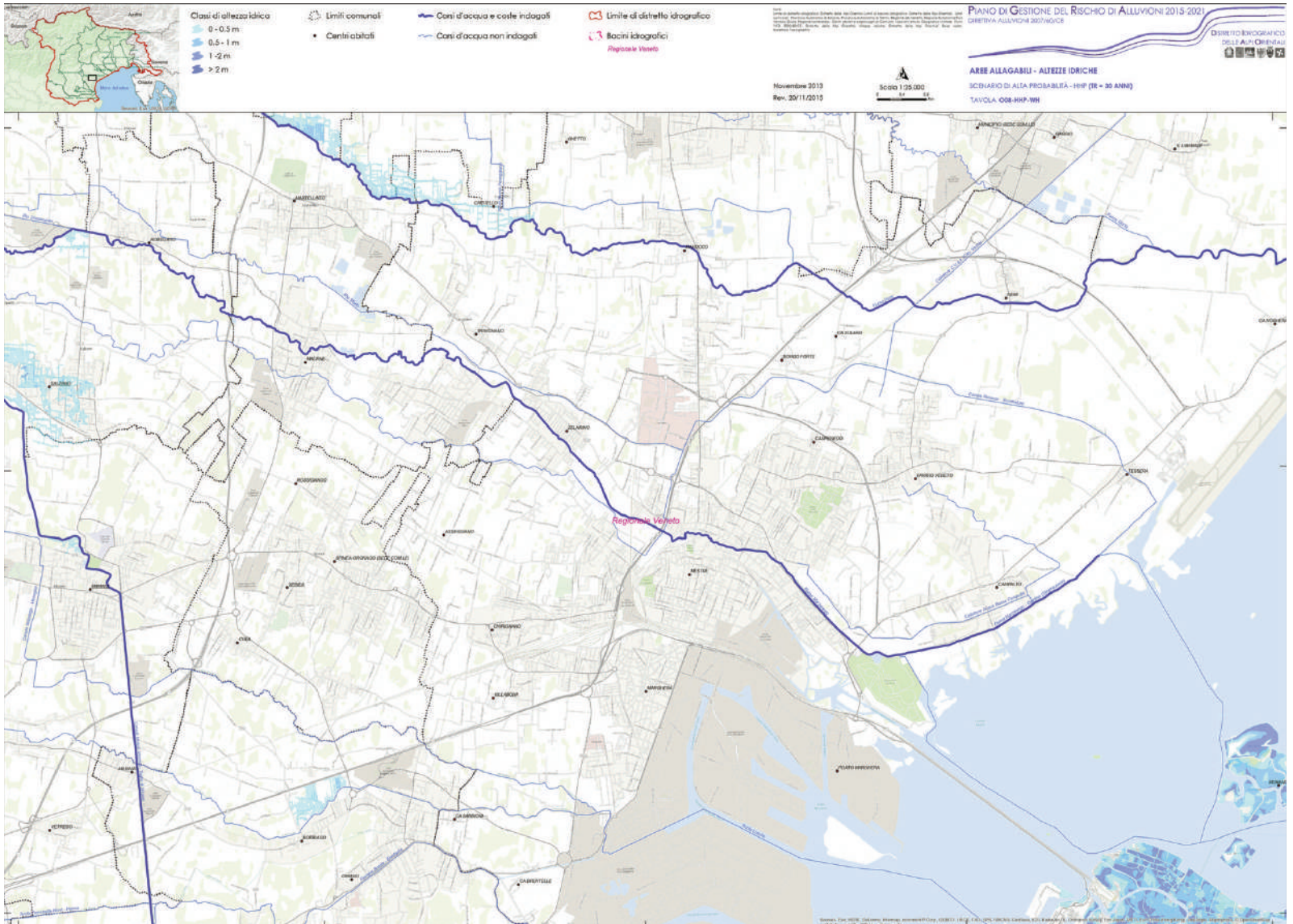


Fig. 2 | PGRA Eastern Alps District: map excerpt (quadrant O 08) with indication of water height, return time 30 years.

Nei paragrafi successivi, il contributo approfondisce il riferimento allo studio elaborato dall'ENEA e il caso dell'area costiera dell'Adriatico settentrionale, a partire dall'analisi di uno degli strumenti settoriali vigenti in uno dei territori più vulnerabili al rischio inondazione da innalzamento del livello del mare dell'area mediterranea.

**Innalzamento del livello del mare nel Mediterraneo. Il contesto italiano** | Lo studio ENEA, cui si è fatto sin ora riferimento, è la ricerca dal titolo 'Sea-level rise and potential drowning of the Italian coastal plains: Flooding risk scenarios for 2100', pubblicata da Antonioli et alii (2017) sul *Quaternary Science Reviews* e costituisce un punto di partenza importante per la ricerca che le autrici stanno conducendo. In Europa circa 86 milioni di persone (il 19% della popolazione) vivono entro i 10 Km dalla costa (Antonioli et alii, 2017) e nell'area mediterranea la percentuale sale al 75%; l'Italia, con i suoi 7.500 Km di costa, registra valori di concentrazione demografica che si aggirano intorno al 70%. È importante considerare come la rapida urbanizzazione degli anni '60 del XX secolo abbia contribuito a

uno sviluppo, in molti casi non pianificato, degli insediamenti costieri che sono oggi esposti al serio rischio di inondazione (Sterr, Klein and Reese, 2003). Ad aggravare la situazione contribuisce anche la presenza, in questi luoghi, di importanti siti naturalistici e archeologici che implica la necessità, sempre più urgente, di mettere a punto un modello di trasformazione urbana resiliente di tali territori, che coniughi misure di mitigazione e di adattamento.

In molte aree costiere del Mediterraneo si stanno registrando sempre più frequenti fenomeni di inondazione. Le aree a maggior rischio sono quelle turche (Anzidei et alii, 2011), l'area costiera nord adriatica (Antonioli et alii, 2007; Lambeck et alii, 2011), le isole Eoliche (Anzidei et alii, 2016), le coste dell'Italia centrale (Aucelli et alii, 2016) e il Marocco orientale (Snoussi, Ouchani and Niazi, 2008). Le previsioni globali al 2100 variano tra 530 e 970 mm secondo l'IPCC (2013) e tra 500 e 1.400 mm secondo Rahmstorf (2007). Un ulteriore dato allarmante è che anche se l'emissione di gas serra diminuirà, si prevede comunque un innalzamento del livello del mare tra 280 e 610 mm per lo stesso periodo. In questo scenario, oltre mezzo metro di innalzamento del livello del mare, si

registrerà un impatto importante lungo le coste, causando un'erosione diffusa. Questo impatto morfo-dinamico includerà probabilmente la migrazione interna dell'erosione costiera, aumentando in modo significativo il rischio di alluvioni, soprattutto in caso di eventi estremi.

Per quanto riguarda l'Italia, lo studio di Lambeck et alii (2011) ha elaborato una proiezione dell'innalzamento del livello del mare al 2100 sulla base del report IPCC 2007 e Rahmstorf (2007), i cui risultati mostrano che, assumendo un innalzamento minimo di 180 mm e uno massimo di 1.400 mm, 33 aree costiere italiane saranno inondate entro la data della proiezione (Fig. 1). Per la regione italiana indagata (Nord Adriatico, Golfo di Taranto e Sardegna), si ipotizza, al 2100, un innalzamento del livello marino di 530-970 mm (IPCC, 2013 - RCP 8.5) e 1.400 mm (Rahmstorf, 2007).

L'ENEA, a partire da questi dati, ha elaborato una metodologia per verificare l'effetto dell'innalzamento previsto con l'obiettivo di redigere delle mappe relative agli scenari di inondazione di 4 aree oggetto di approfondimento, tramite un approccio multidisciplinare che, oltre a tener conto delle stime sull'innalzamento del livello del mare, prende in considerazione la



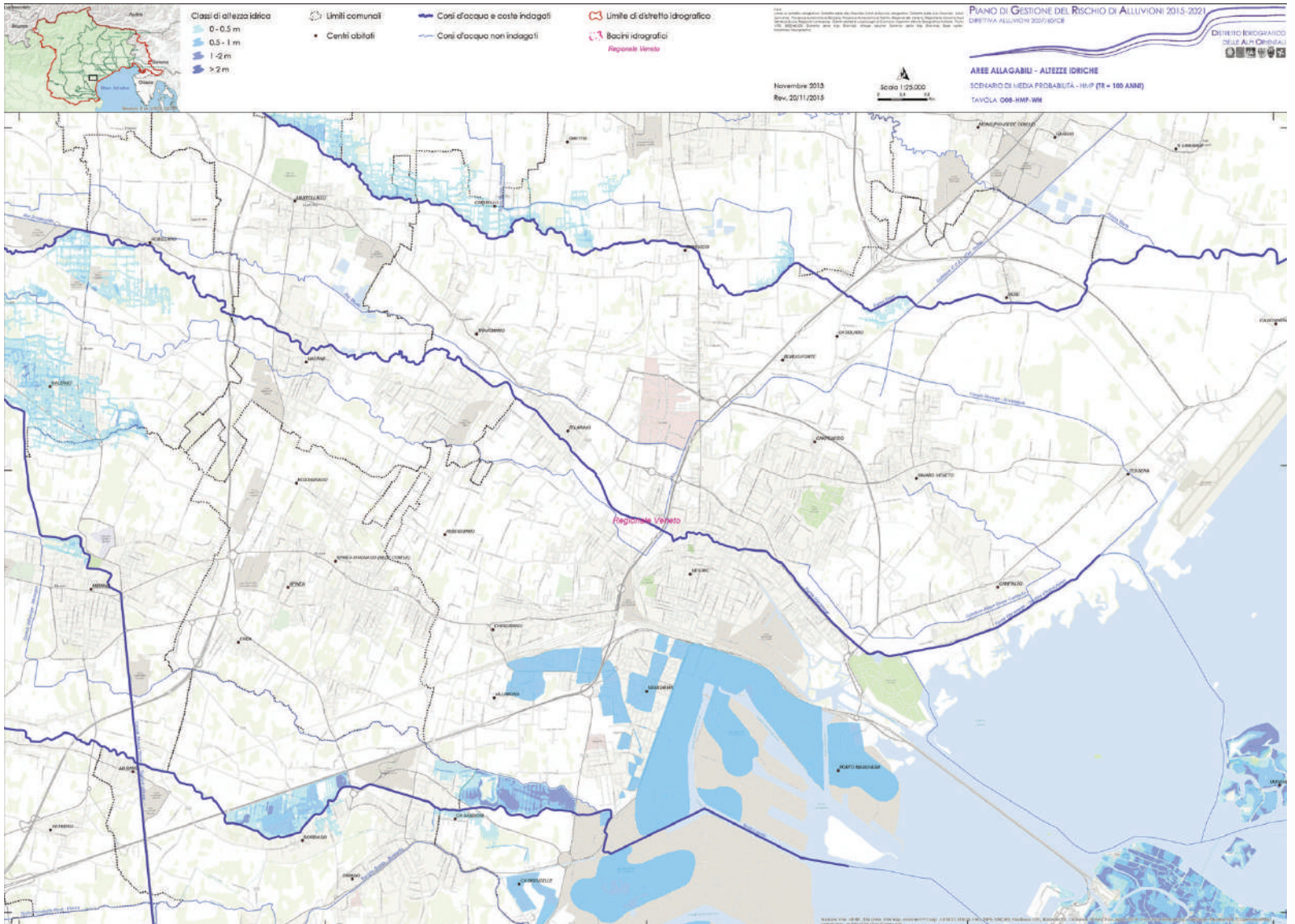


Fig. 3 | PGRA Eastern Alps District: map excerpt (quadrant O 08) with indication of water height, return time 100 years.

morfologia e la topografia terrestre. L'approccio metodologico utilizzato consiste nel considerare le diverse componenti dell'innalzamento del livello del mare: 1) le proiezioni IPCC-AR5 (scenari RCP-8.5) o Rahmstorf 2007; 2) i movimenti verticali terrestri a lungo termine dei dati geologici; 3) il movimento glacio-idro-isostatico (GIA), per poi combinare i dati eustatici, isostatici e tettonici previsti per il 2100, in modo tale da ottenere i limiti minimi e massimi del livello del mare previsto per le regioni investigate e l'estensione interna delle possibili inondazioni. Questo studio ha portato all'elaborazione di un modello 3D ad alta risoluzione (DTM modello digitale del terreno) dell'area costiera, grazie al quale sono state redatte alcune mappe che individuano le aree a rischio inondazione.<sup>2</sup>

Questo metodo, elaborato dal team ENEA per la costa italiana, può essere applicato in tutto il mondo in altre aree costiere interessate dal fenomeno. Questa breve digressione tecnica è funzionale a fornire un quadro conoscitivo della tematica oggetto di approfondimento, dal quale emerge chiaramente come l'aumento degli eventi climatici estremi, come le alluvioni e l'innalzamento del livello del mare, siano strettamente interconnessi, e come questi due

fattori, associati, abbiano un impatto ancora più drammatico in termini di inondazioni costiere. Argomento confermato dal dott. Gianmaria Sannino, Responsabile del Laboratorio di Modellistica Climatica e Impatti dell'ENEA, in un'intervista del 31 Luglio 2019. Semplificando molto il concetto, l'innalzamento del livello del mare crea una 'base di appoggio' per l'evento estremo più alta, determinando, di conseguenza, effetti notevolmente più impattanti, in termini di inondazione, sul tessuto urbano costiero.

Tale considerazione assume, per la tematica oggetto del presente studio, una notevole rilevanza, in quanto consente di mettere in relazione i contenuti di alcuni strumenti settoriali, cui si è fatto sin ora riferimento (PAI e PGRA), che trattano esplicitamente i fenomeni alluvionali, con l'innalzamento del livello del mare, evento, di per sé, ancora poco considerato negli strumenti preposti alla gestione delle dinamiche di trasformazione territoriale. A tale proposito, nel paragrafo successivo, viene proposta una breve disamina sul PGRA come possibile supporto alla individuazione di strategie di trasformazione urbana.

### Il PGRA come supporto per l'elaborazione

**di strategie di adattamento urbano** | Alla luce di quanto fin ora espresso, è importante sottolineare come la connessione tra sea-level rise e alluvioni sia ribadita anche dalla Comunità Europea, nella Direttiva Acque del Parlamento Europeo e del Consiglio (Direttiva 2000/60/CE) prima e nella Direttiva Alluvioni del Parlamento Europeo e del Consiglio (Direttiva 2007/60/CE) poi<sup>3</sup>, dove vengono considerate, oltre ai bacini fluviali, anche le aree costiere. Ai sensi della Direttiva, tutti gli Stati membri devono dotarsi di Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) e Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), due strumenti di pianificazione settoriale concettualmente molto simili, strutturati però su diversi presupposti tecnico-amministrativi e con differenti finalità.

I PAI sono stati autonomamente predisposti dalle Autorità di bacino regionali, interregionali e nazionali<sup>4</sup> sulla necessità di perimetrazione delle aree interessate da rischio idrogeologico su tutto il territorio nazionale e sono stati concepiti con finalità principalmente riferite al governo del territorio, di conseguenza costituiscono un riferimento fondamentale per la pianificazione urbanistica. I PGRA sono a scala distrettuale, cioè sotto il coordinamento di un



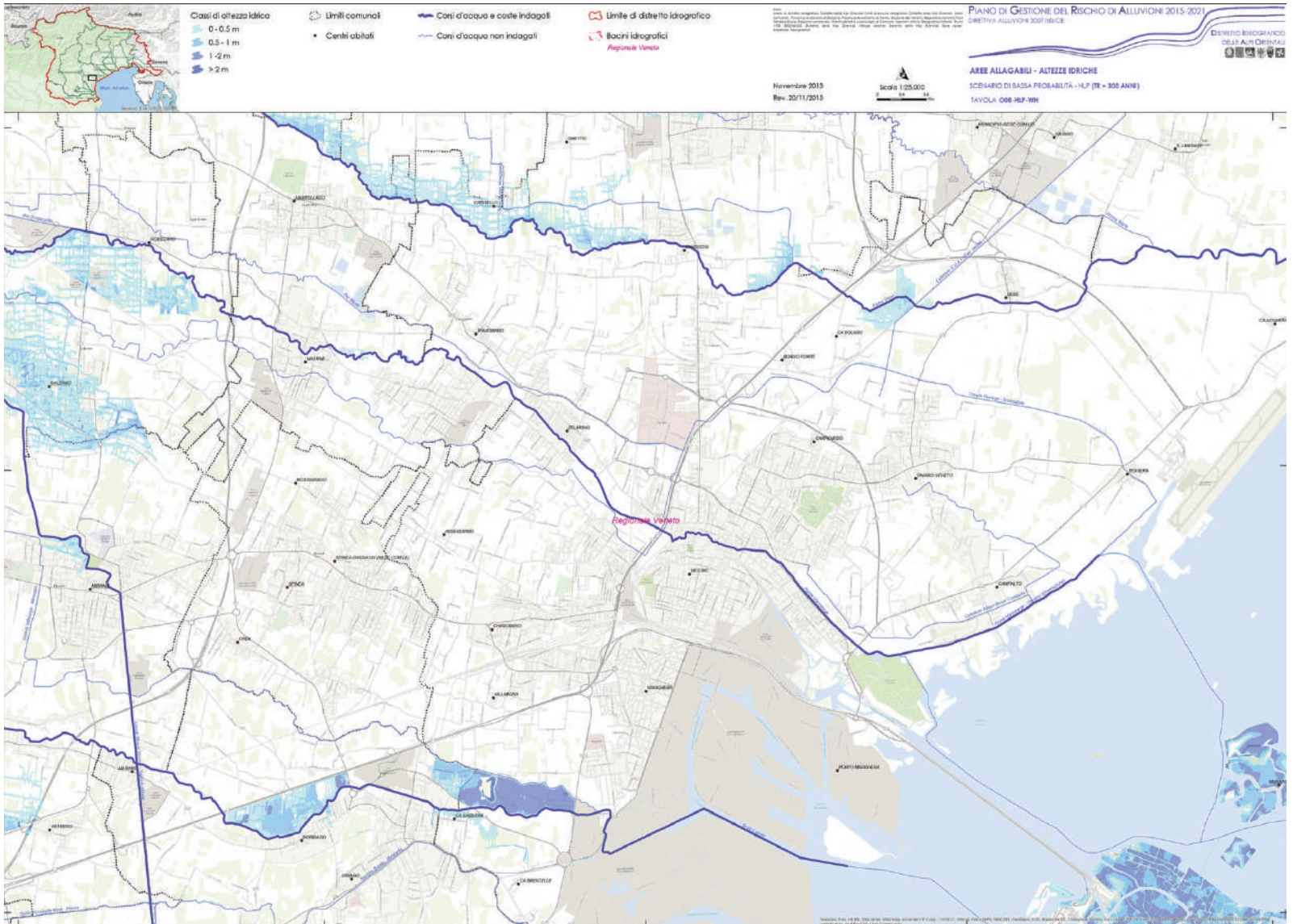


Fig. 4 | PGRA Eastern Alps District: map excerpt (quadrant O 08) with indication of water height, return time 300 years.

unico soggetto e con la convergenza delle Amministrazioni regionali e delle Province autonome presenti nel Distretto ed essendo piani per la gestione del rischio delle alluvioni, hanno la finalità di governo dei possibili eventi alluvionali, direttamente direzionati, quindi, all'azione della protezione civile.

Pertanto, i temi trattati dai due piani sono sicuramente correlati, ma i primi guardano a possibili modalità di trasformazione ed evoluzione urbanistica del territorio, i secondi alla mitigazione degli effetti dell'evento calamitoso. Tali strumenti rappresentano, ad oggi, gli strumenti più aggiornati per la tematica in esame, pur tuttavia non considerando direttamente il fenomeno del sea-level rise così come espresso dallo studio ENEA e dunque presentano, a parere delle autrici, previsioni che si potrebbero definire ottimistiche. Sarebbe auspicabile, pertanto, un'implementazione di tali strumenti che tenesse conto delle inondazioni così come evidenziate nelle mappe del rischio elaborate da ENEA, direttamente focalizzate sull'impatto dell'inondazione costiera.

In questo paragrafo verrà analizzato il PGRA Distretto Alpi Orientali, in quanto, a parere delle autrici, rappresenta uno strumento

con grandi potenzialità, non solo in termini mitigativi e di gestione post evento, ma anche come punto di partenza per l'elaborazione di strategie di adattamento a scala locale. Verrà pertanto proposta un'analisi delle mappe del rischio pubblicate nel PGRA Distretto Alpi Orientali relativamente all'area oggetto di studio, ovvero quella costiera dell'Adriatico settentrionale, più specificatamente quella della laguna Veneta, che rientra da una parte nel PAI del Bacino Scolante nella Laguna Veneta, dall'altra nel perimetro del PGRA Distretto Alpi Orientali. Le mappe del rischio presentate sono lette alla luce di un loro possibile utilizzo al fine di elaborare strategie di adattamento urbano per le aree interessate dal fenomeno.

Per tornare alla tematica di base alla luce della quale questo contributo prende forma, ovvero le strategie di resilienza tra mitigazione e adattività, nella presentazione del PRGA si parla chiaramente di obiettivo di 'mitigazione del rischio', auspicato coinvolgendo ai vari livelli amministrativi, le competenze proprie sia della Difesa del Suolo (pianificazione territoriale, opere idrauliche e interventi strutturali, programmi di manutenzioni dei corsi d'acqua), sia della Protezione Civile (monitoraggio, presidio,

gestione evento e post evento), come stabilito dal DLgs 49/2010 di recepimento della Direttiva Alluvioni. Il piano comprende un ampio spettro di azioni che va dalla programmazione di eventuali azioni di mitigazione, tipico della pianificazione di bacino fino alla gestione dell'evento alluvionale; attività propria della Protezione Civile. I dati pubblicati, nella forma di mappe del rischio, non hanno, ad oggi, un risvolto per l'elaborazione di strategie di adattamento urbano, ma solo ai fini della mitigazione del rischio, pur potendo rappresentare, a parere delle autrici, un valido strumento di supporto in tal senso.

Rispetto a ciò, le autrici propongono una lettura di questo strumento settoriale che vada oltre il suo attuale fine organizzativo di un'efficace gestione post evento e prevenzione in termini di allertamento della Protezione Civile. La proposta, è quella di riflettere su un possibile impiego dei dati del PGRA, opportunamente integrati con quelli evidenziati da ENEA, presentati nel primo paragrafo, per l'elaborazione di strategie di trasformazione urbana a livello locale in presenza di inondazioni costiere. Nell'ambito dell'attività di ricerca che le autrici stanno conducendo, si è proceduto a una concettua-



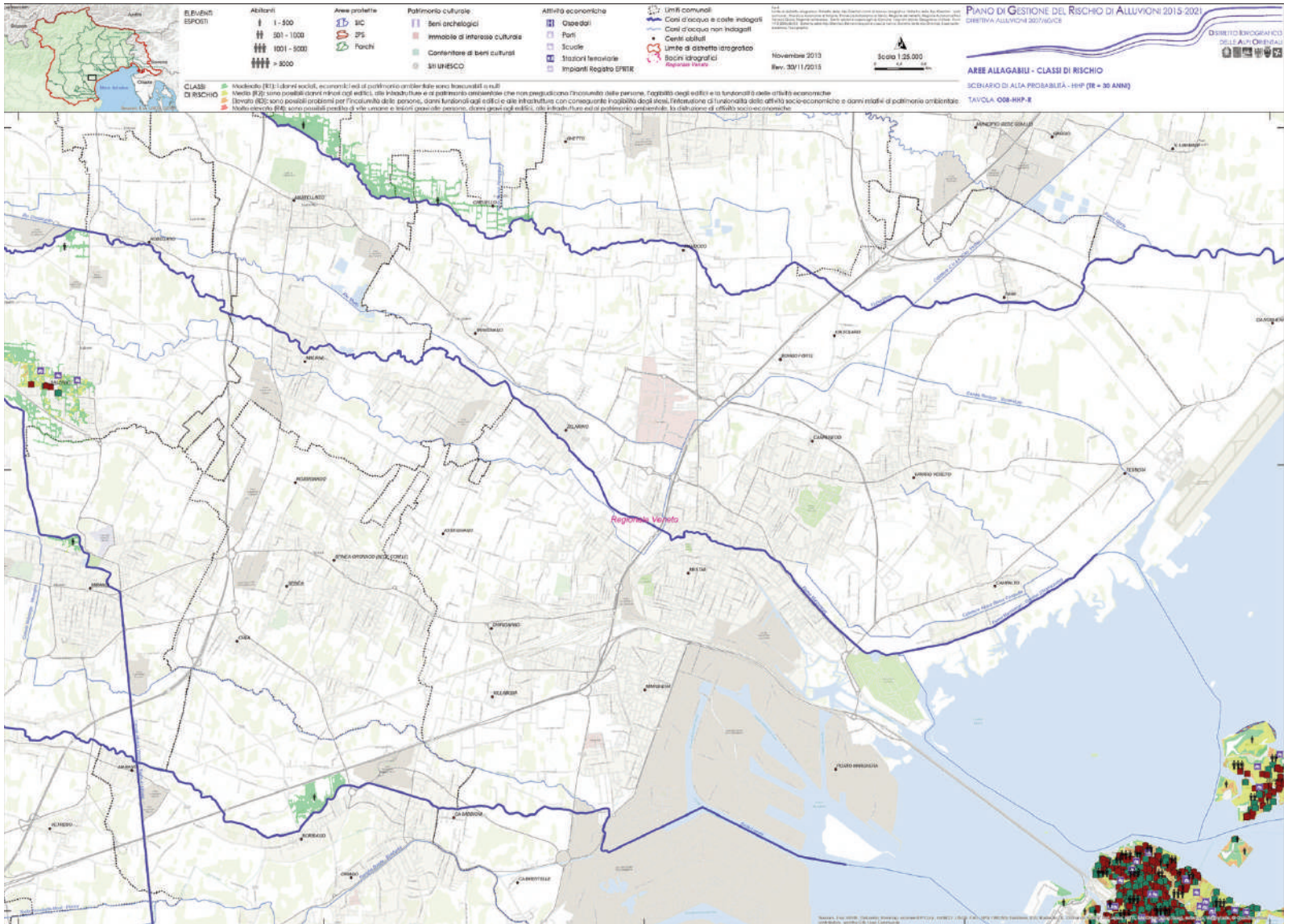


Fig. 5 | PGRA District of Eastern Bees: map excerpt (quadrant O 08) with indication of risk classes, return time 30 years.

lizzazione preliminare di tre macro-strategie di trasformazione urbana in presenza del fenomeno in esame: Difesa, Adattamento e Ricollocazione; per le quali la sopracitata sinergia tra dati del PGRA e risultati ENEA rappresenterebbe un supporto preliminare imprescindibile.<sup>5</sup>

Nelle immagini viene proposto uno stralcio di mappa relativa all'inondazione su tre differenti tempi di ritorno (30, 100, 200 anni) della laguna veneta al fine di inquadrare il fenomeno per l'area territoriale specifica. Le mappe forniscono dati importanti sia sull'altezza idrica (Figg. 2-4), che sulle classi di rischio (Figg. 5-7), informazioni, soprattutto queste ultime, potenzialmente preziose per la pianificazione futura delle aree interessate. In pratica vengono messe in relazione le diverse classi di rischio con gli elementi esposti. Per classi di rischio si intende: a) Moderato (R1): i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli; b) Medio (R2): sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche; c) Elevato (R3): sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici

e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonio ambientale; d) Molto elevato (R4): sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche. Per elementi esposti: 1) Abitanti; 2) Aree protette; 3) Patrimonio culturale; 4) Attività economiche.

**Conclusioni** | Appare evidente come informazioni relative al numero di persone potenzialmente coinvolte da un fenomeno di inondazione, nonché delle attività economiche e del patrimonio culturale, rappresentino uno strumento di fondamentale importanza per lo sviluppo di strategie di adattamento urbano, che riescano a tenere in considerazione e prevedere le implicazioni culturali e socio-economiche che da essa ne deriverebbero. Quanto sin ora espresso, evidenzia chiaramente la necessità di un approccio transdisciplinare al tema in esame, che sia in grado di integrare tanto risultati afferenti a settori disciplinari differenti, tanto strumenti di pianificazione a diversi gradi di livello in modo tale da favorire da una parte mobilità

nelle scale d'intervento (strutturale e di processo), dall'altra negli ambiti d'azione (economico, ambientale, sociale). L'obiettivo del lavoro presentato, che rappresenta una ricerca in corso di elaborazione e, pertanto, come già in precedenza esplicitato, con molti temi aperti, è quello di proporre alcune suggestioni su possibili aggiornamenti degli strumenti preposti al governo del territorio con dati scientifici provenienti da settori differenti rispetto a quelli direttamente afferenti alla disciplina urbanistica, attraverso un approccio integrato alla complessità urbana, ma anche incentivare un approfondimento di scala rispetto al tema dell'adattamento del territorio agli effetti del cambiamento climatico.

The deep physical and social transformations recorded during the recent decades in the contemporary city, the progressive demographic increase, climate changes, territorial imbalances and the depletion of ecological and energy resources, have determined a deep reflection from the side of the disciplines that operate on the territories, with the goal of outlining strategies and tactics capable of directing



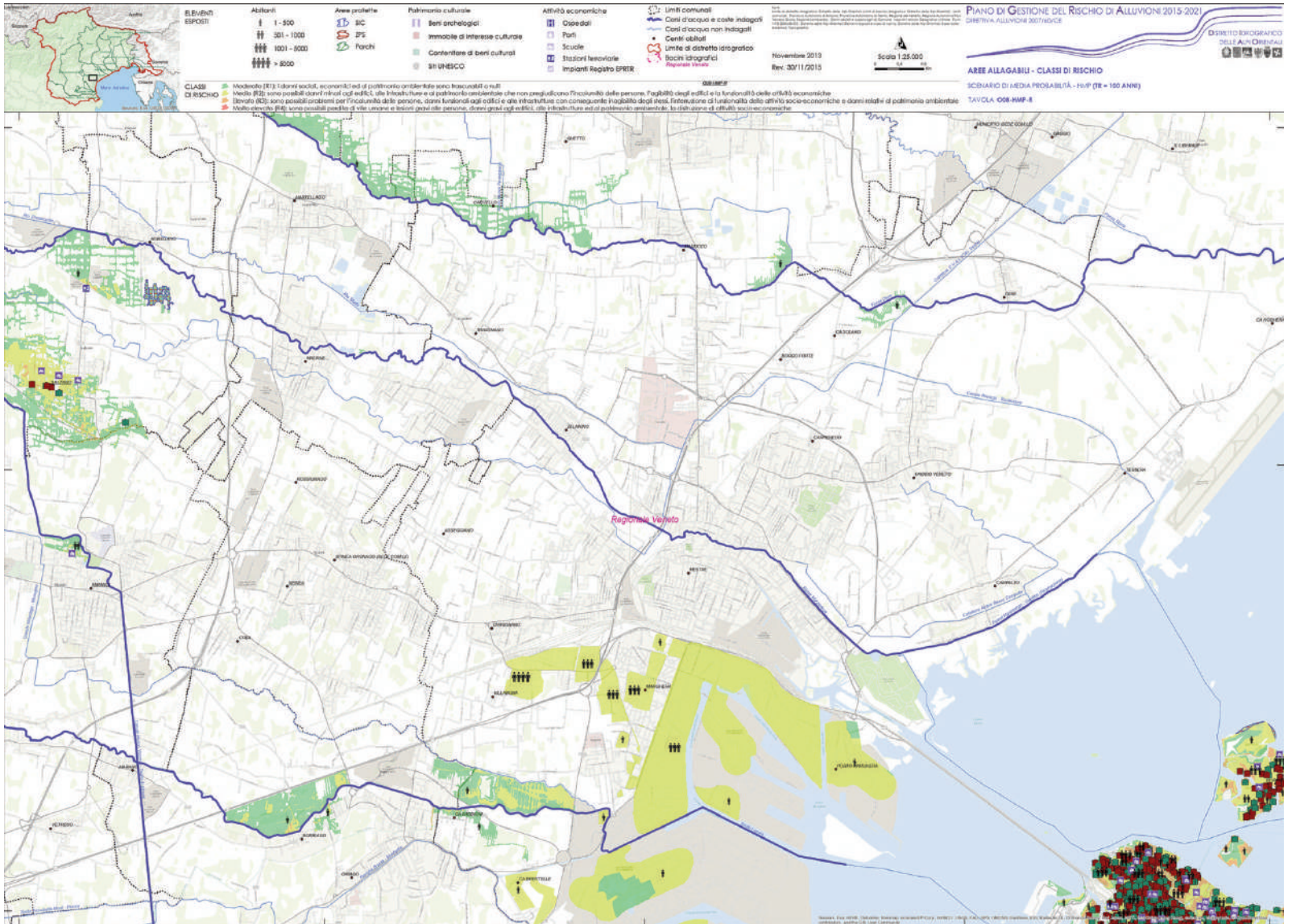


Fig. 6 | PGRA Eastern Bees District: map excerpt (quadrant O 08) with indication of risk classes, return time 100 years.

and designing increasingly complex realities and governing a resilient metamorphosis (Gunderson and Holling, 2002) of the contemporary city (Gasparrini, 2017). A paradigm shift that takes place in the debate on the transition from the Anthropocene Era (Crutzen, 2005) to the so-called Neo-Anthropocene (Carta, 2017) in which, having gained awareness of the anthropic impact on the climate and the environment, the human beings try to use land resources more creatively and intelligently, to ensure sustainable development for present and future generations.

In this context of reference, the issues related to mitigation and adaptation policies of urban areas to the effects produced by climate change (UNISDR, 2012; UNFCCC, 2015) acquire considerable relevance and require, with respect to the past, development of an integrated strategy of intervention on urban and metropolitan areas (European Commission, 2007) and new methodological and operational references for a sustainable transformation of the territory. This is also the goal of the Global Agenda for Sustainable Development 2030 (UN, 2017, pp. 4, 5) which calls for making cities and human settlements inclusive, safe

and sustainable (Goal 11) and underline the urgent to take measures to fight climate change and its consequences (Goal 13).

The Intergovernmental Panel on Climate Change report (IPCC, 2018) represents the current state of knowledge on climate change and their potential environmental and socio-economic impacts, an increasingly central issue in the international debate, since it affects the protection of territories, landscapes, and fragile urban contexts, on the one hand; usages, performance and efficiency of architectural artifacts and everyday objects on the other hand. One of the most direct consequences of climate change in progress is, without any doubt, represented by the constant and sudden rising of the sea level, the theme on which the present work intends to dwell, with the aim of offering a scientific contribution that favors the progress of knowledge on the adaptation measures of coastal areas affected by flooding phenomena and the identification of reconnection actions and reconfiguration of morphological and environmental components (Musco and Zanchini, 2014; Mariano and Marino, 2019) able to respond to the fragility and vulnerability of contemporary territories.

The contribution, which is part of the research activities carried out in the framework of the PhD in Pianificazione, Design e Tecnologia dell'Architettura, PDTA Department, Sapienza University of Rome, with the project 'Cambiamenti climatici e nuove geografie urbane: Strategie di adattamento territoriale per città costiere soggette a fenomeni di inondazione. Una matrice italiana'<sup>1</sup> investigates the concept of resilient development of coastal territories through the conceptualization of possible transformation strategies of urban contexts affected by risk phenomenon. These strategies are differentiated in relation to the specificity of the territorial contexts and are aimed, on the one hand, at preventing the risk and at minimizing the impacts caused by environmental, anthropic and social changes, on the other, are focused on the dynamic character of the operating, ideational and compositional methodologies, in which all the elements of the built environment adapt to new balances with efficiency and high-performance levels.

Therefore, the field of investigation is that of coastal flooding in the urban environment and the territorial context analyzed is that of the Mediterranean. The goal of this research phase,



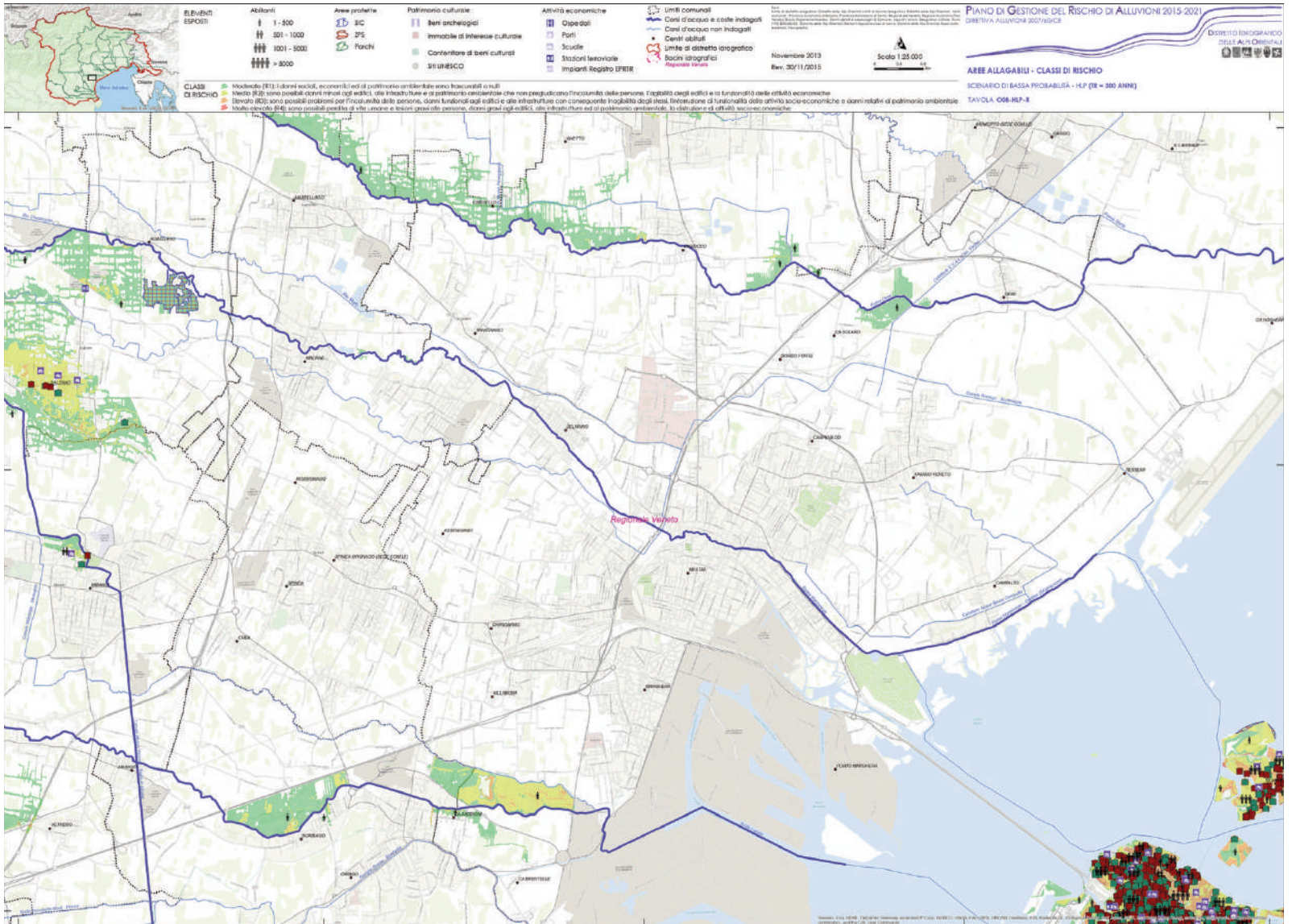


Fig. 7 | PGRA Eastern Bees District: map excerpt (quadrant O 08) with indication of risk classes, return time 300 years.

still in progress, is to proceed, starting from the results of a recent study conducted by ENEA (Antonioli et alii, 2017), to overlapping of risk maps drawn up by ENEA with the urban planning instruments in force in the areas examined. The ENEA study above mentioned is about the physical and geological impacts produced by the sea level rise on 4 coastal areas (the coastal plain of the northern Adriatic, Taranto, Cagliari, and Oristano) in a time horizon to 2100. The hope is that thanks to this comparison will be possible to define, in the urban planning tools, the indications and prescriptions of the sectoral instruments analyzed in the paper, which relate to the field of mitigation measures, identifying some methodological and operational references to support the Public Administrations for the elaboration of sustainable transformation strategies of the urban contexts affected by the risk phenomenon.

This means, first of all, identifying the methods for assuming, at the level of local urban planning, the prescriptions of the PAI (Hydro-geological Structure Plan) and the PGRA (Flood Risk Management Plans). The first is a cognitive, regulatory and technical-operational tool at the regional level and represent a Territorial

Sector Plan, through which the Regional Basin Authority identifies, within the sphere of its competence, the areas to be subjected to protection for risk prevention, both through planning of defence interventions, both through the issuing of land use regulations; the second, introduced with Italian Legislative Decree 3 April 2006, n. 152 – Environmental regulations, identifies and defines the scenarios of flooding and hydraulic risk on different return times, thus involving disciplinary competences in the field of defence and safeguard of the territory (territorial planning, hydraulic works and structural interventions, programs of maintenance of watercourses), both for civil protection and urban security (monitoring, supervision, event and post-event management), as established by Italian Legislative Decree 49/2010 transposing the Floods Directive (Distretto Alpi Orientali, 2017).

In the following paragraphs, the contribution deepens the ENEA study and the case of the coastal area of the northern Adriatic, starting from the analysis of one of the sectoral instruments in force in one of the most vulnerable territories to the flood risk from the raising of the sea level of the Mediterranean area.

**Sea level rise in the Mediterranean. The Italian context**

| The ENEA study, to which reference has been made so far, is the research entitled 'Sea-level rise and potential drowning of the Italian coastal plains: Flooding risk scenarios for 2100', published by Antonioli et alii (2017) on Quaternary Science Reviews and constitutes an important starting point for the research that the authors are conducting. In Europe, around 86 million people (19% of the population) live within 10 km of the coast (Antonioli et alii, 2017) and in the Mediterranean area the percentage rises to 75%; Italy, with its 7,500 km of coastline, has demographic concentration values of around 70%. It is important to consider how the rapid urbanization of the 60s of the 20th century has contributed to the development of coastal settlements, in many cases unplanned, that is now exposed to the serious risk of flooding (Sterr, Klein and Reese, 2003). The situation is also aggravated by the presence, in these places, of important natural and archaeological sites which imply the increasingly urgent need to develop a model of resilient urban transformation of these territories, which combines mitigation and adaptation measures.



In many coastal areas of the Mediterranean more and more frequent flooding phenomena are occurring. The areas at greatest risk are the Turkish ones (Anzidei et alii, 2011), the north Adriatic coastal area (Antonoli et alii, 2007; Lambeck et alii, 2011), the Aeolian Islands (Anzidei et alii, 2016), the coasts of the Central Italy (Aucelli et alii, 2016) and eastern Morocco (Snoussi, Ouchani and Niazi, 2008). The global forecasts at 2100 vary between 530 and 970 mm according to the IPCC (2013) and between 500 and 1,400 mm according to Rahmstorf (2007). A further alarming fact is that even if the emission of greenhouse gases decreases, sea-level rise between 280 and 610 mm is expected for the same period. This scenario, over half a meter of sea-level rise, will produce an important impact along the coasts, causing widespread erosion. This morpho-dynamic impact will probably include internal migration of coastal erosion, significantly increasing the risk of floods, especially in the event of extreme events.

As far as Italy is concerned, the study by Lambeck et alii (2011) elaborated a projection of the sea level rise to 2100 based on the IPCC 2007 and Rahmstorf (2007) report, whose results show that, assuming an increase minimum of 180 mm and a maximum of 1,400 mm, 33 Italian coastal areas will be flooded by the date of the projection (Fig. 1). For the Italian region investigated (North Adriatic, Gulf of Taranto and Sardinia), it is assumed, at 2100, an increase in the sea level of 530-970 mm (IPCC, 2013 – RCP 8.5) and 1,400 mm (Rahmstorf, 2007).

ENEA, starting from these data, has developed a methodology to verify the effect of the expected increase in sea-level with the aim of drawing up maps relative to the flood scenarios of 4 areas subject to in-depth analysis, through a multidisciplinary approach which it takes into consideration the morphology and the terrestrial topography, even taking into account the estimates on sea-level rise. The methodological approach consists in considering the different components of sea-level rise: 1) the IPCC-AR5 projections (RCP-8.5 scenarios) or Rahmstorf 2007; 2) long-term vertical land movements from geological data; 3) the glacial-hydro-isostatic movement (GIA), to then combine the eustatic, isostatic and tectonic data forecast for 2100, in such a way as to obtain the minimum and maximum sea-level limits foreseen for the investigated regions and the internal extension of possible floods. This study led to the development of a high-resolution 3D model (DTM digital model of the land) of the coastal area, thanks to which some maps that identify areas at risk of flooding were drawn up.<sup>2</sup>

This method for the Italian coast, developed by the ENEA team, can be applied worldwide in other coastal areas affected by the phenomenon. This brief technical digression is useful to provide a cognitive background of the subject analyze, from which it emerges how the increase in extreme climatic events, such as floods and sea-level rise, are closely interconnected, and how these two associated factors have an even more dramatic impact in terms of coastal flooding. This theory is confirmed by dr. Gianmaria Sannino, Head of ENEA's Climate

Modeling and Impacts Laboratory, during an interview on 31 July 2019. By greatly simplifying the concept, sea-level rise creates a 'support base' for the highest extreme event, thus causing considerably more impacting effects, in terms of flooding, on the coastal urban fabric.

This consideration is of considerable importance as it allows to analyze the contents of some sectoral tools, to which reference has been made so far (PAI and PGRA), which explicitly deal with flood phenomena and relate them to sea level rise phenomenon, event, by itself, still not deeply considered in the tools for managing the dynamics of territorial transformation. In this regard, in the next paragraph, a brief discussion on the PGRA is proposed as possible support for the identification of urban transformation strategies.

### **The PGRA as a support for the development of urban adaptation strategies**

The connection between the sea-level rise and floods is reaffirmed by the European Community, in the Water Directive (Directive 2000/60/EC) first and in the Floods Directive of the European Parliament and the Council (Directive 2007/60/EC) then<sup>3</sup>, where, in addition to river basins, coastal areas are also considered. Under the Directive, all Member States must have Hydrogeological Planning Plans (PAI) and Flood Risk Management Plans (PGRA), two conceptually very similar sector planning tools, structured however on different technical-administrative premises and with different purposes.

The PAIs have been autonomously prepared by the regional, interregional and national basin Authorities<sup>4</sup> on the need to delimit the areas affected by hydrogeological risk throughout the national territory and have been designed for purposes mainly related to the government of the territory. Therefore, they constitute a fundamental reference for urban planning. The PGRAs are on a district scale, thus, under the coordination of a single administrative entity and with the convergence of the regional Administrations and the autonomous Provinces present in the District. These, being flood risk management plans, have the purpose of governing possible flood events, directly directed to the action of civil protection.

Therefore, the themes covered by the two plans are certainly related, but the first look at possible ways of transforming and urban evolution of the territory, the second at mitigating the effects of the calamitous event. To date, these instruments represent the most up-to-date tools for the topic in question, although they do not directly consider the sea-level phenomenon, they laughed as expressed by the ENEA study and therefore present, in the opinion of the authors, forecasts that could be defined as optimistic. Therefore it would be desirable to implement such tools, that take into account the floods as highlighted in the risk maps drawn up by ENEA, directly focused on the impact of coastal flooding.

In this paragraph, the PGRA Eastern Alps District will be analyzed, since, in the opinion of the authors, it represents a tool with great potential, not only in terms of mitigation and post-event management but also as a starting

point for the development of strategies for adaptation to local scale. An analysis of the risk maps published in the PGRA Eastern Alps District will therefore be proposed in relation to the area under study, namely the coastal area of the northern Adriatic, more specifically that of the Venetian lagoon, which falls on the one hand in the PAI of Bacino Scolante in the Venetian lagoon, on the other in the perimeter of the PGRA District Eastern Alps. The risk maps presented are read in light of their possible use to develop urban adaptation strategies for the areas affected by the phenomenon.

To return to the basic theme in the light of which this contribution takes shape, namely the strategies of resilience between mitigation and adaptivity, in the presentation of the PRGA it is clearly addressed the objective of 'risk mitigation', with the hope of involving the various administrative levels, the skills own both of the Defence of the Land (territorial planning, hydraulic works and structural interventions, programs of maintenance of the watercourses), and of the Civil Protection (monitoring, supervision, event management and post-event), as established by Italian Legislative Decree 49/2010 transposition of the Floods Directive. The plan includes a wide range of actions ranging from the planning of any mitigation actions, typical of basin planning to the management of the flood event; as proper activity of the Civil Protection. To date, the published data, in the form of risk maps, do not imply the elaboration of urban adaptation strategies, but only for risk mitigation, although they can represent, in the opinion of the authors, a valid support instrument in this regard.

Concerning this, the authors propose a reading of this sectoral tool that goes beyond its current organizational purpose of effective post-event management and prevention in terms of alerting the Civil Protection. The proposal is to reflect on the possible use of PGRA data, appropriately integrated with those highlighted by ENEA, presented in the first paragraph, for the elaboration of urban transformation strategies at the local level in the presence of coastal floods. Within the research activity that the authors are conducting, a preliminary conceptualization of three macro-strategies of urban transformation was carried out in the presence of the phenomenon under examination: Defence, Adaptation and Relocation, for which the aforementioned synergy between PGRA data and ENEA results would represent an essential preliminary support.<sup>5</sup>

In the images, an excerpt of a map related to the flooding on three different return times (30, 100, 200 years) of the Venetian lagoon is proposed to frame the phenomenon for the specific territorial area. The maps provide important data both on the water height (Fig. 2-4), and on the risk classes (Fig. 5-7), information, especially the latter, potentially valuable for future planning of the areas concerned. Basically, the different risk classes are related to the exposed items. Risk classes means: a) Moderate (R1): social, economic and environmental damage is negligible or null; b) Medium (R2): minor damage to buildings, infrastructures, and environmental heritage is possible,



which does not affect the safety of people, the usability of buildings and the functionality of economic activities; c) High (R3): problems for the safety of people, functional damage to buildings and infrastructures are possible with consequent unavailability of the same, the interruption of functionality of socio-economic activities and damage related to the environmental heritage; d) Very high (R4): possible loss of human lives and serious injuries to people, serious damage to buildings, infrastructure and environmental heritage, destruction of socio-economic activities. For exposed elements: 1) Inhabitants; 2) Protected areas; 3) Cultural heritage; 4) Economic activities.

### Acknowledgement

The contribution is the result of a common reflection by the Authors. However, the introduction paragraph is to be attributed to C. Mariano, the paragraphs ‘Sea-level rise in the Mediterranean. The Italian context’, ‘The PGRA as a support for the development of urban adaptation strategies’ and the ‘Conclusions’ are to be attributed to M. Marino.

### Notes

- 1) Supervisor Prof. Arch. Carmela Mariano, PhD student Marsia Marino. Curriculum ‘Urban Planning’, XXXIII cycle.
- 2) For more information see: Antonioli et alii, 2017.
- 3) Transposed into Italian law with Legislative Decree 49/2010.
- 4) As a result of the Italian Legislative Decree 180/98, whose main objective is to identify the dangerous situations arising from the particular hydrogeological conditions of the territory.
- 5) For more information see: Mariano and Marino, 2019.

### References

- Antonioli, F., Anzidei, M., Amorosi, A., Lo Presti, V., Mastronuzzi, G., Deiana, G., De Falco, G., Fontana, A., Fontolan, G., Lisco, S., Marsico, A., Moretti, M., Orrù, P. E., Sannino, G. M., Serpelloni, E. and Vecchio, A. (2017), “Sea-level rise and potential drowning of the Italian coastal plains: Flooding risk scenarios for 2100”, in *Quaternary Science Reviews*, vol. 158, pp. 29-43. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.12.021 [Accessed 10 September 2019].
- Antonioli, F., Anzidei, M. K., Lambeck, K., Auriemma, R., Gaddi, D., Furlani, S., Orrù, P., Solinas, E., Gaspari, A., Karinja, S., Kovačić, V. and Surace, L. (2007), “Sea-level change during Holocene in Sardinia and in the northeastern Adriatic (Central Mediterranean Sea) from archaeological and geomorphological data”, in *Quaternary Science Reviews*, vol. 26, issue 19-21, pp. 2463-2486. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.06.022 [Accessed 9 September 2019].
- Anzidei, M., Antonioli, F., Lambeck, K., Benini, A. and Soussi, M. (2011), “New insights on the relative sea level change during Holocene along the coasts of Tunisia and western Libya from archaeological and geomorphological markers”, in *Quaternary International*, vol. 232, issue 1-2, pp. 5-12. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.quaint.2010.03.018 [Accessed 28 July 2019].
- Anzidei, M., Bosman, A., Carluccio, R., Casalbore, D., D’Ajello Caracciolo, F., Esposito, A., Nicolosi, L., Pietrantonio, G., Vecchio, A., Carmisciano, C., Chiappini, M., Chiocci, F. L., Muccini, F. and Sepe, V. (2016),

**Conclusions** | It is clear that information concerning the number of people potentially affected by a flooding phenomenon, as well as economic activities and cultural heritage, represent a tool of fundamental importance for the development of urban adaptation strategies, which can take into consideration and predict the cultural and socio-economic implications that would derive from it. What has been expressed so far clearly highlights the need for a transdisciplinary approach to the topic under examination, which is able to integrate both results relating to different disciplinary sectors, both planning tools at different levels, so as to favour mobility in the intervention scales (structural

“Flooding scenarios due to land subsidence and sea-level rise: a case study for Lipary Island (Italy)”, in *Terra Nova*, vol. 29, issue 1, pp. 44-51. [Online] Available at: doi.org/10.1111/ter.12246 [Accessed 26 September 2019].

Aucelli, P. P. C., Di Paola, G., Incontri, P., Rizzo, A., Vilardo, G., Benassi, G., Buonocore, B. and Pappone, G. (2016), “Coastal inundation risk assessment due to subsidence and sea level rise in a Mediterranean alluvial plain (Volturno coastal plain – southern Italy)”, in *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 198, part B, pp. 597-609. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.ecss.2016.06.017 [Accessed 31 July 2019].

Carta, M. (2017), *The Augmented City – A paradigm shift*, LISLab.

Crutzen, P. (2005), *Benvenuti nell’Antropocene. L’uomo ha cambiato il clima, la Terra entra in una nuova era*, Mondadori, Milano.

Distretto Idrografico delle Alpi Orientali, *PGRA 2021-2027*. [Online] Available at: www.alpiorientali.it/direttiva-2007-60/pgra-2021-2027/partecipazione.html [Accessed 10 October 2019].

European Commission (2007), *State aid control and regeneration of deprived urban areas – Vademecum*. [Online] Available at: ec.europa.eu/competition/state\_aid/studies\_reports/vademecum.pdf [Accessed 12 April 2019].

Gasparrini, C. (2017), “Una buona urbanistica per convivere con i rischi”, in *Urbanistica*, n. 159, pp. 4-9. [Online] Available at: issuu.com/planumnet/docs/urbanistica\_159\_2017 [Accessed 23 April 2019].

Gunderson, L. H. and Holling, C. S. (2002), *Panarchy. Understanding Transformations in Human and Natural Systems*, Island Press, Washington-Covelo-London.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2018), *Global Warming of 1.5 °C – Summary for Policymakers*, IPCC, Switzerland. [Online] Available at: report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15\_spm\_final.pdf [Accessed 3 September 2019].

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2013), *Climate change 2013 – The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*, IPCC, Switzerland. [Online] Available at: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGIAR5\_SPM\_brochure\_en.pdf [Accessed 5 November 2018].

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007), *Climate Change 2007 Synthesis Report*. [Online] Available at: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4\_syr\_full\_report.pdf [Accessed 3 October 2019].

Lambeck, K., Antonioli, F., Anzidei, M., Ferranti, L., Leoni, G., Scicchitano, G. and Silenzi, S. (2011), “Sea level change along Italian coast during the Holocene and projections for the future”, in *Quaternary International*, vol. 232, issue 1-2, pp. 250-257. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.quaint.2010.04.026 [Accessed 04 November 2019].

and process), and in the fields of action (economic, environmental, social).

The objective of the work presented, which represents a research in progress and, as already explained previously, with many open topics, is to propose some suggestions on possible updates of the instruments used to govern the territory with scientific data coming from other sectors than those directly related to urban planning, a goal that can be achieved through an integrated approach to urban complexity. Another desirable goal is to encourage a deepening of scale concerning the topic of the adaptation of the territory to the effects of climate change.

Mariano, C. and Marino, M. (2019), “Defense, adaptation and relocation. Three strategies for urban planning of coastal areas at risk of flooding”, in Gargiulo, C. and Zoppi, C. (eds), *Planning, Nature and Ecosystem Services*, FedOA Press, Napoli, pp. 704-713. [Online] Available at: www.tema.unina.it/index.php/tema/INPUT\_2019 [Accessed 04 November 2019].

Musco, F. and Zanchini, E. (2014), *Il clima cambia le città – Strategie di adattamento e mitigazione nella pianificazione urbanistica*, Franco Angeli, Milano.

Rahmstorf, S. (2007), “A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise”, in *Science*, vol. 315, pp. 368-370. [Online] Available at: www.pik-potsdam.de/~stefan/Publications/Nature/rahmstorf\_science\_2007.pdf [Accessed 12 August 2019].

Snoussi, M., Ouchani, T. and Niazi, S. (2008), “Vulnerability assessment of the impact of sea-level rise and flooding on the Moroccan coast: the case of the Mediterranean eastern zone in Estuar. Coast”, in *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 77, issue 2, pp. 206-213. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.ecss.2007.09.024 [Accessed 20 October 2019].

Sterr, H., Klein, R. J. T. and Reese, S. (2003), “Climate Change and Coastal Zone: an Overview of the State-of-the-art on Regional and Local Vulnerability Assessment”, in Carraro, C. (ed.), *Climate Change and the Mediterranean – Socio-economics of Impacts, Vulnerability and Adaptation*, Edward Elgar Publishing, pp. 1-24. [Online] Available at: www.feem.it/getpage.aspx?id=765&sez=Publications&padre=73 [Accessed 20 October 2019].

UN – United Nations (2017), *The New Urban Agenda – with subject index, United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development (Habitat III), Quito, Ecuador, 17-20 October 2016*, United Nations. [Online] Available at: habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-English-With-Index-1.pdf [Accessed 12 September 2019].

UNFCCC – *UN Framework Convention on Climate Change (2015)*, Paris Agreement. [Online] Available at: unfccc.int/sites/default/files/english\_paris\_agreement.pdf [Accessed 11 September 2019].

UNISDR – UN International Strategy for Disaster Reduction (2012), *How to make cities resilient – A Handbook for Local Government Leaders – A contribution to the Global Campaign 2010-2015*, United Nations, Geneva. [Online] Available at: www.unisdr.org/files/26462\_handbookfinalonlineversion.pdf [Accessed 13 September 2019].