UNIVERSITÀ DEL SALENTO

FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE AMBIENTALI

TESI DI LAUREA in

VIA VAS E REGISTRAZIONE EMAS

GESTIRE IL CAMBIAMENTO GLOBALE ALLA SCALA LOCALE: INTEGRAZIONE DELLE POLITICHE DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI NELLA PIANIFICAZIONE ENERGETICO-AMBIENTALE

RELATORE:
Ch.ma Prof.ssa Irene Petrosillo

CORRELATORE:
Dr. Maria Rita Pasimeni

LAUREANDA:
Dott.ssa Sara Taveri

Anno Accademico 2016 – 2017

Indice

RIASSUNTO ..... **A**

OBIETTIVI DELLA TESI ..... **C**

INTRODUZIONE **1**

1 LA NECESSITÀ DI UNA PIANIFICAZIONE ENERGETICO-AMBIENTALE **1**

1.1 LE SCALE SPAZIO-TEMPORALI NELLA PIANIFICAZIONE ENERGETICO-AMBIENTALE 3

1.2 LE POLITICHE EUROPEE PER LA PIANIFICAZIONE ENERGETICO-AMBIENTALE 6

2 IL NUOVO *PATTO DEI SINDACI PER IL CLIMA E L'ENERGIA*: STRUMENTO ADATTATIVO LOCALE PER MONITORARE E GESTIRE IL CAMBIAMENTO GLOBALE **10**

2.1 GLI STEP PER IL PATTO DEI SINDACI 13

2.2 CONIUGARE MITIGAZIONE ED ADATTAMENTO: RINATURALIZZARE GLI SPAZI URBANI 17

MATERIALE E METODI **24**

1 SELEZIONE E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE **24**

2 CREAZIONE DI UN NUOVO MODELLO DI CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI **26**

3 ANALISI DEL CONTENUTO DEI PAESC E CLASSIFICAZIONE DEGLI ESEMPI DI ECCELLENZA E DELLE AZIONI VERDI SECONDO IL NUOVO MODELLO DI CLASSIFICAZIONE **28**

RISULTATI E DISCUSSIONE **30**

1 MODELLO DI CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI **30**

2 INQUADRAMENTO DEGLI ESEMPI DI ECCELLENZA E DELLE AZIONI VERDI NEL NUOVO MODELLO DI CLASSIFICAZIONE **34**

CONCLUSIONI **47**

BIBLIOGRAFIA **52**

Riassunto

Attualmente, le aree urbane sono considerate i principali luoghi in cui attuare le strategie di adattamento e di mitigazione all'interno della pianificazione energetico-ambientale per contrastare le sfide globali dei cambiamenti ambientali. Per aiutare i governi locali a superare la dicotomia tra mitigazione e adattamento e garantire un futuro più resiliente sono nate importanti iniziative e programmi a livello europeo tra cui l'iniziativa volontaria del *Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia.* I comuni aderenti si impegnano a presentare un *Piano d'Azione per il Clima e l'Energia Sostenibile* (*PAESC*) in cui si evidenziano le azioni da intraprendere per ridurre le emissioni di CO_2, aumentare l'efficienza energetica e l'uso di fonti di energia rinnovabile nel proprio territorio, e per integrare le azioni di adattamento nelle proprie politiche, strategie e piani rilevanti.

In tale contesto, l'obiettivo del presente lavoro di tesi è stato quello di comprendere come i comuni di Italia e Spagna stanno gestendo il cambiamento ambientale globale, attraverso l'integrazione di strategie di adattamento, in sinergia con le azioni di mitigazione, all'interno della pianificazione energetico-ambientale locale. A tale scopo è stato dapprima creato un modello di classificazione delle azioni di adattamento ai cambiamenti climatici. Sulla base di tale modello sono state inquadrate le azioni presenti nei PAESC. L'analisi condotta si è basata sui dati raccolti dal sito ufficiale del Patto dei Sindaci (https://www.eumayors.eu/) relativi ai comuni di taglia maggiore di Italia e Spagna che, a Maggio 2017, avevano i propri PAESC nella fase più avanzata del monitoraggio.

Il nuovo modello di classificazione delle azioni di adattamento comprende tre settori di intervento coerenti con il contesto urbano e con i settori di intervento dei PAESC, ossia, Insediamenti urbani, Trasporti ed Energia e tre tipologie di misure, ossia soft, verdi e grigie. Dall'inquadramento delle azioni presenti nei PAESC è stato evidenziato come i comuni stanno agendo prevalentemente attraverso misure di tipo soft piuttosto che grigie e verdi. In particolare, l'azione soft di maggior rilievo è la promozione di campagne informative e di sensibilizzazione sui cambiamenti climatici rivolte alla cittadinanza. Dall'analisi più approfondita relativa alle azioni verdi presenti nei PAESC, è emerso che per il settore Insediamenti urbani le azioni verdi più frequenti sono quelle di incremento del verde urbano e per il settore Trasporti sono quelle rivolte al

mantenimento di aree naturali, alla diffusione delle infrastrutture verdi e alla loro integrazione con la mobilità lenta.

Il presente lavoro di tesi può rappresentare un primo tentativo per evidenziare come i comuni dovrebbero agire per integrare le politiche di mitigazione e di adattamento, e sfruttare i co-benefici derivanti dalla loro sinergia, per gestire il cambiamento globale. A tal proposito, è emerso il ruolo rilevante delle *Nature Based Solutions* (*NBSs)* e della rinaturalizzazione degli spazi urbani per coniugare al meglio le due strategie. Ad ogni modo, il metodo utilizzato presenta dei limiti: le riduzioni delle emissioni di CO_2 considerate sono delle stime effettuate autonomamente da ciascun comune; non è ancora possibile avere un unico parametro di misura per determinare i benefici delle azioni di adattamento; infine il modello di classificazione andrebbe perfezionato ed integrato con quante più informazioni si possano reperire.

Obiettivi della tesi

L'obiettivo del presente lavoro di tesi è stato quello di comprendere come i comuni di Italia e Spagna stanno gestendo il cambiamento ambientale globale, attraverso l'integrazione di strategie di adattamento, in sinergia con le azioni di mitigazione, all'interno della pianificazione energetico-ambientale locale. A tale scopo è stato:

- creato un modello di classificazione delle azioni di adattamento ai cambiamenti climatici;
- fornito un inquadramento delle azioni presenti nei PAESC all'interno del nuovo modello di classificazione.

.

Introduzione

1 La necessità di una pianificazione energetico-ambientale

Il nostro Pianeta sta subendo numerosi e repentini cambiamenti provocati dalle attività antropiche, tanto da suscitare nel mondo scientifico e dell'opinione pubblica la crescente preoccupazione che tali cambiamenti possano essere parte di un più vasto *cambiamento globale* (Alcamo e Bennett, 2003; Steffen et al., 2004). Per secoli le attività umane hanno alterato i pattern e i processi ecologici attraverso molteplici scale, dalla scala locale a quella globale (Costanza et al., 2007; Zaccarelli et al., 2008; Petrosillo et al., 2010), nel tentativo di migliorare la qualità della vita. Alti livelli di qualità della vita sono il risultato dell'interazione tra fattori sociali, economici e ambientali. Negli anni il tentativo di migliorare tale aspetto è stato guidato dallo sviluppo tecnologico, dalla crescita economica, dall'approvvigionamento energetico e non in ultimo dai servizi ecosistemici (Petrosillo et al., 2013). Per servizi ecosistemici ci si riferisce a tutti quei benefici forniti, direttamente o indirettamente, alle popolazioni umane dagli ecosistemi, sia naturali che gestiti dall'uomo (Costanza et al., 1997). In tal senso, i servizi ecosistemici non possono in alcun modo essere sostituiti dallo sviluppo tecnologico, essi sono infatti necessari per garantire un elevato livello di qualità della vita e sostenere la crescita economica (MEA, 2005). Senza di essi, il benessere sarebbe esclusivamente basato su aspetti di carattere economico e tecnologico, causando un aumento incontrollato della domanda energetica e delle concentrazioni atmosferiche dei gas serra (Dale et al., 2011).

Il settore energetico rappresenta un elemento chiave per lo sviluppo economico delle società odierne in quanto garantisce tutta una serie di servizi di cui non si può fare a meno. I processi di produzione e di consumo energetico, migliorano certamente la qualità delle nostre vite, ma al tempo stesso le mettono in serio pericolo (EEA, 2015a) in quanto il settore energetico è considerato un'importante *driving force* del cambiamento climatico. La produzione ed il consumo di energia, infatti, possono modificare la concentrazione di anidride carbonica (CO_2) e di altri gas serra GHG nell'atmosfera (Alcamo et al., 2005) producendo un effetto serra artificiale che si aggiunge a quello naturale, generando un fenomeno di riscaldamento globale che va ad

inficiare il clima e la qualità della vita (Caldeira et al., 2003; Bilen et al., 2008; Parks, 2009; Pasimeni et al., 2014).

Nonostante un numero crescente di politiche di mitigazione del cambiamento climatico, l'ultimo report del Gruppo Intergovernativo sul Cambiamento Climatico IPCC (2014a), mette in evidenza come, nel periodo 1970-2010, le emissioni totali di gas serra hanno continuato ad aumentare con un aumento in valore assoluto maggiore tra il 2000 e il 2010. Attualmente, infatti, le emissioni di gas serra sono considerate un indicatore significativo degli impatti ambientali del settore energetico (Shrestha e Marpaung 2002; Mongelli et al., 2006; Chung et al., 2009) e la preoccupazione rivolta verso il cambiamento climatico ha portato a differenti approcci volti a gestire e a ridurre le emissioni di gas serra strettamente correlate al consumo ed alla produzione di energia, sia a scala globale che locale (Wilbanks e Kates, 1999; ICLEI, 2009). Nasce difatti la necessità di strategie di mitigazione per mitigare gli effetti del settore energetico sul cambiamento climatico come ad esempio sostituire i carburanti e i combustibili con fonti di energia rinnovabili, migliorare l'efficienza energetica introducendo anche avanzati sistemi energetici, ed incoraggiare un uso del suolo in grado di catturare i gas serra (Pasimeni et al., 2014). A sua volta, il settore energetico stesso è influenzato, direttamente e indirettamente dagli effetti negativi dei cambiamenti climatici (Alcamo et al., 2005; Wilbanks et al., 2007), direttamente poiché i cambiamenti climatici possono influenzare la domanda energetica e, di conseguenza, la produzione energetica e indirettamente poiché gli effetti del cambiamento climatico su altri settori economici possono influenzare implicitamente la domanda energetica (Pasimeni et al., 2014). In risposta agli effetti diretti e indiretti dei cambiamenti climatici sull'intera filiera energetica (dalle risorse energetiche, alla conversione e al trasporto per l'uso finale) sono state sviluppate delle strategie di adattamento, alcuni esempi di strategie di adattamento sono la diffusione dei tetti verdi, di edifici verdi, la promozione di un'agricoltura sostenibile e lo sviluppo di strumenti per la pianificazione energetica (Schaeffer et al., 2012; Pasimeni et al., 2014).

Per facilitare il raggiungimento degli ambiziosi obiettivi previsti dalle politiche internazionali sui cambiamenti climatici, il mondo della ricerca si sta focalizzando negli ultimi anni sull'individuazione delle migliori strategie e azioni da adottare per la riduzione delle criticità energetico-ambientali nell'ambito dei cambiamenti climatici e per giungere ad una corretta pianificazione energetica sostenibile (Pasimeni et al., 2014).

La conoscenza degli impatti dei cambiamenti climatici sul settore energetico è essenziale sia per una pianificazione energetica sostenibile, che per identificare le misure di mitigazione (Schaeffer et al., 2012). Al giorno d'oggi, il problema della pianificazione energetica sta diventando cruciale per la sua complessità e per le molteplici interazioni con altre questioni chiave come l'uso del suolo e il clima, che insieme costituiscono le tre principali *driving force* di origine antropica del cambiamento globale (Willbanks et al., 2007). Nel tempo si è manifestata una crescente preoccupazione riguardante la questione energetica e la sua implicazione per l'uso del suolo in quanto si potrebbero verificare immediati e forti effetti causati da un aumento incontrollato del consumo energetico e dei cambiamenti di uso del suolo, anche in relazione ad un aumento demografico, portando inevitabilmente ad ulteriori implicazioni per il cambiamento climatico (Alcamo, 2002). Si aggiungono inoltre ulteriori elementi di incertezza del funzionamento e della pianificazione dei sistemi energetici legati alla disponibilità di risorse, alla domanda futura energetica e a parametri tecnici ed economici per le tecnologie energetiche (Schaeffer et al., 2012).

1.1 Le scale spazio-temporali nella pianificazione energetico-ambientale

Gli effetti reciproci di ogni *driving force* sono esercitati su diverse scale spaziali e temporali, pertanto, alla luce di tale complessità, per una corretta pianificazione energetico-ambientale è fondamentale analizzare qual è la scala di indagine spaziale e temporale più adatta su cui concentrare le azioni e le strategie sia di mitigazione che di adattamento (Pasimeni et al., 2014). Nell'analisi degli effetti che il cambiamento climatico esercita sul nostro pianeta, è fondamentale operare a scale differenti in modo sinergico, per non tralasciare particolari che altrimenti non sarebbero visibili operando alle singole scale. Per tale motivo diventa necessario considerare azioni e strategie che possano agire a scale multiple per contrastare fenomeni trasversali come i cambiamenti ambientali globali (Cash e Moser; 2000). Nei sistemi complessi, infatti, fenomeni che hanno luogo su vaste scale e nel lungo periodo inevitabilmente vincolano quei fenomeni che invece si svolgono a scale più piccole ed in tempi più brevi, anche se le interazioni tra piccole scale potrebbero espandersi verso scale più grandi (Levin, 1992; Holling, 2001; Gunderson e Holling, 2002; Limburg et al., 2002). In tale contesto, le scale spaziali e temporali della *governance* ambientale diventano cruciali (Hernández et al., 2004; Bulkeley, 2005; Bulkeley e Betsill, 2005) in quanto le problematiche presenti ad

ampia scala, sono spesso più semplici da gestire quando affrontate attraverso la loro suddivisione in piccoli sottogruppi (Ostrom, 1990).

Marshall (2008), suggerisce che, attraverso approcci "annidati", piccole unità più esclusive divengono parte di un sistema più inclusivo senza per questo rinunciare alla loro essenziale autonomia. Per tali ragioni è necessaria una *governance* ambientale "annidata" che possa agire attraverso la panarchia dei livelli giurisdizionali (Gunderson e Holling, 2002; Pasimeni et al., 2014). Secondo il modello panarchico la natura delle interazioni tra più livelli può essere di due tipi: *top-down* quando i cicli più ampi e lenti determinano le condizioni per i cicli sottostanti più piccoli e veloci, o *bottom-up* quando ciascun livello comunica un piccolo set d'informazioni al livello superiore influenzandone l'evoluzione (Holling, 2001). La *governance* "annidata" è considerata un meccanismo il cui scopo è garantire i benefici sociali attraverso la gestione delle risorse naturali in funzione della comunità, collegando cause e conseguenze delle problematiche sociali ed ecologiche, alle diverse scale spaziali e giurisdizionali (Lemos e Agrawal, 2006; Marshall, 2008).

Questo approccio, necessita di una pianificazione *bottom-up* piuttosto che *top-down*, in quanto risulta più ragionevole ricercare le soluzioni alle problematiche, a partire dal più basso livello organizzativo (Berkes, 2004). La *governance* su più scale consente la distribuzione a livello regionale dei benefici sociali ottenuti dalle risorse naturali, senza compromettere l'integrità di ecosistemi più ampi. Questi regimi di *governance* hanno l'intento di contrastare le frammentazioni istituzionali dei confini amministrativi, sociali, e politici, coinvolgendo ambiti sia pubblici che privati, per promuovere una migliore rappresentazione dei diversi interessi della *governance* (Lemos e Agrawal, 2006). La *governance* ambientale, quindi, deve tenere conto delle diverse scale spazio-temporali alle quali si verificano le interazioni significative tra energia e cambiamento climatico ed alle quali si generano i servizi ecosistemici per garantire la loro fornitura al sistema socio-economico (Hein et al., 2006). E' importante poi, che la *governance* ambientale sia capace di promuovere, a livello istituzionale, la cooperazione e le possibili azioni collettive, riconoscendo la dinamicità dei sistemi ecologici e la possibilità che questi possano occupare differenti stati di stabilità e passare rapidamente da uno stato all'altro (Anderies et al., 2004). In tal modo, dovrebbero essere coinvolte le differenti scale sia istituzionali che dei servizi ecosistemici, fornendo indicazioni circa la scala più adeguata per i processi decisionali (Pasimeni et al., 2014).

Sempre più crescente è il riconoscimento da parte del mondo scientifico dell'importanza della scala locale, in particolare la scala municipale, e delle dinamiche

trasversali, per affrontare e comprendere i problemi energetico-ambientali e per definire e migliorare le politiche energetico-climatiche (Betsill e Bulkeley, 2007; Roberts, 2008; Sánchez-Rodríguez, 2009; Bai et al., 2010; Madlener e Sunak, 2011). Moltissime ricerche sono state portate avanti per raggiungere l'obiettivo di un sistema energetico più sostenibile (Dalpè e Anderson, 1995; Uzun, 2002; Corvellec et al., 2013; Blumberga et al., 2014; Lorek e Spangenberg, 2014), e nel tempo, il principale obiettivo è stato quello di identificare una più efficace scala spazio-temporale. Le aree urbane sono, infatti, considerate unità spaziali attive nel perseguimento degli obiettivi dello sviluppo sostenibile, nella gran parte dei settori rilevanti, tra cui proprio il settore ambientale (Camagni et al., 1998). L'urbanizzazione, sebbene abbia favorito un rapido sviluppo economico, ha nel tempo anche e soprattutto, creato non pochi problemi, come l'aumento della popolazione, dell'inquinamento dell'aria e dell'acqua, e la riduzione delle risorse naturali (Attwell, 2000; Pauleit e Duhme, 2000; Fang et al., 2005; Pauleit et al., 2005), contribuendo fortemente al cambiamento climatico. E' evidente come le città siano destinate con molta probabilità a svolgere un ruolo di primo piano nel raggiungimento degli ambiziosi obiettivi europei posti dalle politiche europee in materia di clima ed energia (EC, 2014). L'Unione europea considera, infatti, le città protagoniste per l'attuazione di politiche di miglioramento dato che la maggior parte delle azioni necessarie per la soluzione di problemi globali deve avvenire a livello di aree urbane, in quanto parti integranti del problema (Lindseth, 2004; Gossop, 2011). Sulla base di questo, viene attribuita una significativa responsabilità ai cittadini e agli amministratori pubblici (Schenone et al., 2015), i quali percepiscono maggiormente tali problematiche ambientali e possiedono una maggiore consapevolezza dell'importanza di implementare nuove forme di politiche, in termini di strategie ed azioni volte alla *sostenibilità urbana* (Bolund e Hunhammar, 1999; Diamantini e Zanon, 2000; Shearer et al., 2006). In tale contesto una politica climatica globale deve, da un lato intensificare gli sforzi diretti a ridurre in modo drastico le emissioni di gas a effetto serra attraverso le strategie di mitigazione, e dall'altro deve porre le basi per una reale politica di adattamento diretta ad affrontare nel migliore dei modi le conseguenze del cambiamento climatico (UN, 1997; Klein et al., 2007).

1.2 Le politiche europee per la pianificazione energetico-ambientale

La consapevolezza di avere un'impronta ecologica superiore alla propria area biologicamente produttiva (EEA, 2015b), ha fatto sì che, per lungo tempo, la politica europea desse inizialmente priorità a strategie di mitigazione volte alla riduzione delle emissioni di gas serra e dei consumi energetici (EC, 2010, Pietrapertosa et al., 2018) (Tabella 1). In tal senso, l'Unione Europea ha adottato una politica energetico-climatica competitiva e sostenibile con l'intento di rendere l'Europa un modello di sviluppo sostenibile per il ventunesimo secolo (EC, 2010). Un passo decisivo nella leadership delle politiche internazionali sui cambiamenti climatici è stato compiuto nel 2007 con la *Strategia Europa 2020* (pacchetto 20-20-20) con la quale l'Europa ha stabilito tre ambiziosi obiettivi energetici da raggiungere entro il 2020. In particolare, entro il 2020 la Commissione europea mira a ridurre i gas a effetto serra del 20% rispetto al 1990; ad aumentare la quota di consumo finale di energia da fonti rinnovabili del 20% rispetto al 2005; e ad un miglioramento del 20% dell'efficienza energetica rispetto al 2005 (EC, 2007a; 2007b; EC, 2010). Nel 2011 la Commissione europea, ha presentato la *Roadmap per un Cammino verso un'Economia a Basso Tenore di Carbonio entro il 2050* (EC, 2011). Tale documento pone una particolare attenzione alla riduzione dei gas serra nei 27 paesi dell'Unione Europea: una riduzione di almeno l'80%, entro il 2050, in riferimento alle emissioni risalenti al 1990, per garantire competitività e crescita economica nella transizione energetica e rispettare gli impegni di Kyoto. Esso non intende sostituirsi alle politiche nazionali dai vari paesi ma di creare i presupposti affinché queste possano risultare più efficaci (EC, 2011). Nel 2014 l'Unione europea ha approvato il *Quadro 2030 per il Clima e l'Energia* che andrà ad interessare il periodo che va dal 2021 al 2030. Gli obiettivi che si intendono raggiungere al suo scadere sono ovviamente più ambiziosi del pacchetto 20-20-20. Al suo scadere si vogliono ridurre le emissioni dei gas a effetto serra di un ammontare almeno pari del 40% e contemporaneamente si vuole aumentare del 27% sia la quota di energia consumata proveniente da fonti rinnovabili che l'efficienza energetica. Tali finalità sono in linea con il cammino da percorrere per poter raggiungere gli obiettivi di lungo termine fissati per il 2050 (EC, 2014).

Tabella 1: I traguardi delle politiche energetico-climatiche dell'Unione europea

Traguardi politici UE	Riduzioni di gas serra
2020 *Strategia 20-20-20*	**20%**
2030 *Quadro politico 2030*	**40%**
2050 *Roadmap energia 2050*	**80%** (con un 60% entro il 2040)

Più recentemente, nel 2016, è stato presentato dalla Commissione europea il *Clean Energy Package* che contiene le proposte legislative per lo sviluppo delle fonti rinnovabili e del mercato elettrico, la crescita dell'efficienza energetica, la definizione di *governance* dell'Unione Europea, dell'energia, con obiettivi al 2030: una quota almeno del 27% di energia rinnovabile dei consumi energetici a livello UE e una riduzione del 30% dei consumi energetici (primari e finali) a livello UE (MiSE, 2017).

Attestata ormai l'irreversibilità dei cambiamenti climatici (IPCC, 2014), risulta oggi necessario rendere i territori più resilienti ai cambiamenti climatici: di conseguenza l'adattamento ha suscitato un interesse sempre più crescente. Un inizio importante è stato segnato nel 2001 quando l'IPCC (2001) ha messo in evidenza "la sensibilità, la capacità di adattamento e la vulnerabilità dei sistemi naturali e umani ai cambiamenti climatici e le potenziali conseguenze degli impatti dei cambiamenti climatici" (Pietrapertosa et al., 2018). Con l'adozione da parte dell'Unione Europea nell'aprile 2013 di una *Strategia europea di Adattamento ai Cambiamenti Climatici* viene completato il quadro di adattamento europeo fornendo ai decisori politici europei delle linee guida complete sul processo di sviluppo, attuazione e revisione delle strategie di adattamento al cambiamento climatico (EC, 2013, Pietrapertosa et al., 2018). Viene richiesto a tutti gli Stati Membri di rivalutare, attraverso un approccio strategico che coinvolga i vari settori e livelli di governo interessati, il concetto di vulnerabilità, di rivedere le soglie critiche di rischio a livello nazionale e di misurare le proprie capacità di resilienza agli effetti dei cambiamenti climatici attraverso politiche basate su un approccio locale e un forte coinvolgimento degli attori socio-economici (EC, 2013). Secondo le linee guida della Commissione europea, la maggioranza degli Stati membri dell'UE ha definito e attuato delle *Strategie Nazionali di adattamento ai cambiamenti climatici* (SNAC), identificando misure adeguate e interventi per ridurre al massimo gli impatti dei cambiamenti climatici nei settori vulnerabili (Pietrapertosa et al., 2018).

Anche prima che le attività iniziassero a livello europeo, i politici, a livello di *governance* nazionale e locale, hanno iniziato ad avviare delle azioni di adattamento ai cambiamenti climatici per contrastarne gli impatti negativi. Si è iniziato, in una prima fase, ad includere nelle attività pianificatorie il concetto di resilienza per quelle regioni, città e settori più vulnerabili (Biesbroek et al., 2010). Queste pratiche di adattamento preventive e pianificate (Smit et al., 2000; Smit e Wandel, 2006) comprendono sia strategie di adattamento nazionali e regionali, che azioni concrete adottate a livello comunale o di singoli individui (Biesbroek et al., 2009). Una varietà di attività autonome, che si presentano svincolate da quadri d'azione nazionali e non sempre etichettate come strategie di adattamento, contribuisce a promuovere la resilienza e a ridurre la vulnerabilità ai cambiamenti climatici. Misure che incentivano l'adattamento sono spesso avviate all'interno di politiche settoriali esistenti, come la prevenzione di disastri naturali, le strategie di difesa costiera, la protezione dell'ambiente e la gestione sostenibile delle risorse (MATTM, 2013).

Adattamento e mitigazione non sono in contraddizione tra di loro ma complementari: senza azioni efficaci di mitigazione pianificate in tempo utile, l'entità delle conseguenze è tale da rendere l'adattamento più costoso ed anche, in certi casi, inefficace (Ingham et al., 2006; Buob e Stephan, 2011). Nella pratica, occorre pertanto considerare attentamente le eventuali situazioni di conflitto che possono crearsi tra azioni di mitigazione e di adattamento, e risolverle positivamente all'interno di un comune processo di sviluppo sostenibile che garantisca la complementarietà tra adattamento e mitigazione (Laukkonen et al., 2009; Landauer et al., 2015). Con questa finalità, diventa importante sviluppare una valutazione della coerenza delle azioni di adattamento con le politiche, i piani e i programmi nazionali in materia di mitigazione, come, ad esempio, quelli per l'efficienza energetica e lo sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili (MATTM, 2013). Oggigiorno diverse sono le iniziative finanziate e messe in atto a diversi livelli finalizzate ad aiutare i territori a creare piani di adattamento. Alcuni di questi prevedono iniziative di ampio respiro quali la costruzione di nuove infrastrutture (ad esempio, dighe e barriere anti-alluvione), mentre altre si basano sul principio del recupero degli ecosistemi, per consentire alla natura di attivare difese contro le conseguenze del cambiamento climatico quali precipitazioni estreme o calore eccessivo (EEA, 2015b). Altre misure sono di tipo soft e comprendono misure di sensibilizzazione e comunicazione delle possibili azioni di adattamento sia individuali che collettive (Moser, 2010). Spesso accade che i cittadini non possiedono una chiara comprensione dei problemi climatici e dei potenziali impatti e conseguenze per la propria vita

quotidiana, qualcosa che, nonostante la sempre più attuale attenzione al cambiamento climatico, è ancora vista come uno dei principali ostacoli al processo di adattamento (Lorenzoni e Pidgeon, 2006; Lorenzoni et al., 2007). Tutte le strategie di adattamento sottolineano l'importanza di sensibilizzare l'opinione pubblica attraverso la distribuzione di informazioni, la maggior parte di esse propone delle strutture organizzative per includere la diffusione di informazioni, misure e strategie di adattamento, insieme ad altre informazioni (ad esempio sulla mitigazione e sull'efficienza energetica) (Biesbroek et al., 2010).

2 Il nuovo *Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia*: strumento adattativo locale per monitorare e gestire il cambiamento globale

Nonostante le aree urbane occupino solo il 2% dell'area totale della superficie terrestre, viene ampiamente riconosciuto il loro contributo rilevante nelle emissioni di gas serra (UN Habitat, 2012; Oliver-Solà et al., 2013; Lombardi, 2016). Le aree urbane rappresentano, infatti, i *driver* del riscaldamento globale a causa dell'elevato numero di persone che vivono nei centri urbani e delle diverse attività presenti che consumano energia ed emettono gas serra (IEA, 2008). Dall'ultimo rapporto dell'IPCC le stime concordano sull'aumento, negli ultimi anni, delle emissioni urbane totali, accompagnate da una rapida urbanizzazione (IPCC, 2014b) e attualmente si stima che due terzi del consumo energetico mondiale sia attribuibile alle aree urbane, contribuendo così all'aumento degli effetti del cambiamento climatico (Seto et al., 2014).

Allo stesso tempo le aree urbane possono essere estremamente vulnerabili ed influenzate dai cambiamenti climatici, in termini di disturbi imprevedibili (Peterson, 2002; Zurlini et al., 2013), ad esempio le condizioni meteorologiche estreme come le ondate di calore improvvise, le alluvioni, le tempeste, i disastri idrogeologici ed i prolungati periodi di siccità (IPCC, 2014b; EEA, 2015c).

Il ruolo chiave che attualmente svolgono i governi locali nella lotta contro il cambiamento climatico attraverso una pianificazione energetico-ambientale sostenibile è ormai ben riconosciuto dalla letteratura scientifica (Cormio et al., 2003; Stenlund Nilsson e Martensson, 2003; Mirakyan e De Guio, 2013, Melica e Bertold, 2018). Inoltre, poiché le città subiscono in maniera diretta gli effetti del cambiamento climatico, possono essere utilizzate, a livello sperimentale, per l'applicazione di politiche innovative (Musco, 2012), con particolare attenzione ai concetti di sostenibilità, adattamento, mitigazione e resilienza (Derissen et al., 2011). In tale contesto, la resilienza può essere definita come la capacità di un sistema di assorbire i disturbi e di riorganizzarsi, mentre subisce il cambiamento, in modo da mantenere la stessa funzione, struttura, identità e feedback (Walker et al., 2004). La resilienza si basa quindi su due concetti interagenti: adattamento, ovvero la capacità di reagire e rispondere ad uno stimolo o stress esterno, e mitigazione, ovvero il potenziale di migliorare lo stato corrente di un parametro o *driver* attraverso il comportamento attivo

o passivo dell'uomo (Calfapietra et al., 2015; Van Vuuren et al., 2011, Raymond et al., 2017a). Alla luce di ciò, molti governi locali sono alla ricerca di misure atte a rendere le aree urbane centri di soluzioni innovative, in modo da fungere da guida per scale istituzionali superiori. Nel momento in cui tali soluzioni si dimostrano realizzabili ed attuabili, possono allora fornire basi essenziali in supporto allo sviluppo di nuove forme politiche, tramite azioni e strategie, da estendere a scale più grandi (D'Avignon et al., 2010; Grimmond et al., 2010; Keirstead e Schulz, 2010). A tal proposito Rutherford e Jaglin (2015) affermano che, sa da un lato le città sono spesso viste come la fonte di molte questioni e problemi energetici, dall'altro esse possono anche essere parte della soluzione, offrendo potenziali ed ampie opportunità per contribuire alla realizzazione di politiche energetiche e climatiche che garantiscano una maggiore sostenibilità.

Certamente non tutti i problemi del riscaldamento globale possono essere affrontati a livello di città ma, nonostante ciò, i governi locali possono controllare molti dei punti critici necessari a ridurre le emissioni di gas serra nelle città. In particolare, la maggior parte dei governi locali ha l'autorità di gestire e influenzare le emissioni attraverso piani e misure rilevanti in settori di attività come il trasporto, l'uso del suolo, gli insediamenti abitativi, la gestione dei rifiuti, la gestione delle acque, l'illuminazione pubblica, la fornitura di energia, l'agricoltura. Esempi di azioni volte alla mitigazione possono riguardare la rigenerazione urbana, in cui vengono ristrutturati/convertiti gli edifici per renderli energeticamente più efficienti, lo sviluppo di infrastrutture tecnologicamente avanzate, oppure azioni rivolte alla mobilità sostenibile. Tra queste, ad esempio, ci sono quelle in cui si sviluppano percorsi ad uso misto e che ottimizzino la lunghezza dei viaggi da percorrere, o in cui si promuove il transito pedonale e ciclistico (Seto et al., 2014; Croci et al., 2017). Queste strategie influenzano le emissioni urbane di gas serra e la domanda energetica conformando e guidando i comportamenti individuali e collettivi (Seto et al., 2014; Croci et al., 2017). In tal senso i governi locali si dimostrano in grado di fornire un maggiore contributo alle misure di mitigazione e sentono il bisogno di essere coinvolti dai governi centrali per affrontare adeguatamente questo problema (Bulkeley e Betsill, 2013; Croci et al., 2017).

Le strategie di adattamento prendono in considerazione, invece, la disponibilità di strumenti di supporto decisionale durante il delicato processo di valutazione dei potenziali impatti a livello locale esercitati dai cambiamenti nell'uso del suolo e del clima sulla filiera energetica e su altri settori vulnerabili. A seguito di tali impatti, infatti, si possono avere notevoli ripercussioni nel settore commerciale, economico,

della sicurezza, sugli ecosistemi e soprattutto sul benessere collettivo (Pasimeni et al., 2014).

Lungo il cammino verso un aumento della resilienza ai cambiamenti climatici, un ruolo di promozione è stato svolto sia dai progetti dell'UE che da associazioni internazionali e da *network di città*, i quali stanno cercando di rafforzare la propria autorità nel contesto delle politiche internazionali (Marshall, 2008; Hoornweg et al., 2011; Castán Broto, 2017). A partire dai primi anni 90, questi *network* sono cresciuti e, in Europa è stato osservato un aumento delle città coinvolte in alleanze tra più comuni impegnate nelle politiche relative al cambiamento climatico. Tra queste si possono citare la *Climate Alliance, Cities for Climate Protection Campaign* e *Energie-Cité* (Kern e Bulkeley, 2009; Pietrapertosa et al., 2018). Tra tutti il ruolo predominante è stato svolto dall'iniziativa a scala locale del *Patto dei Sindaci* lanciata dalla Comunità europea nel 2008 (EC, 2008) nel contesto della *Strategia 20-20-20* (EC, 2010). L'obiettivo è quello di supportare ed incentivare gli sforzi delle amministrazioni comunali, che volontariamente aderiscono all'iniziativa, nello sviluppo di piani volti alla mitigazione dei cambiamenti climatici attraverso una riduzione delle emissioni di CO_2 e la promozione del risparmio energetico e dell'uso di energia proveniente da fonti rinnovabili (Figura 1).

Data la necessità di attuare misure di adattamento, allo stesso modo delle misure di mitigazione attuate durante l'ultimo decennio, seguendo la struttura di successo del modello del Patto dei Sindaci, nasce nel 2014, parallelamente ad essa, l'iniziativa *Mayors adapt* per promuovere l'adattamento ai cambiamenti climatici nel contesto politico della *Strategia europea dell'adattamento ai cambiamenti climatici* lanciata nel 2013 (CoM, 2018) (Figura 1).

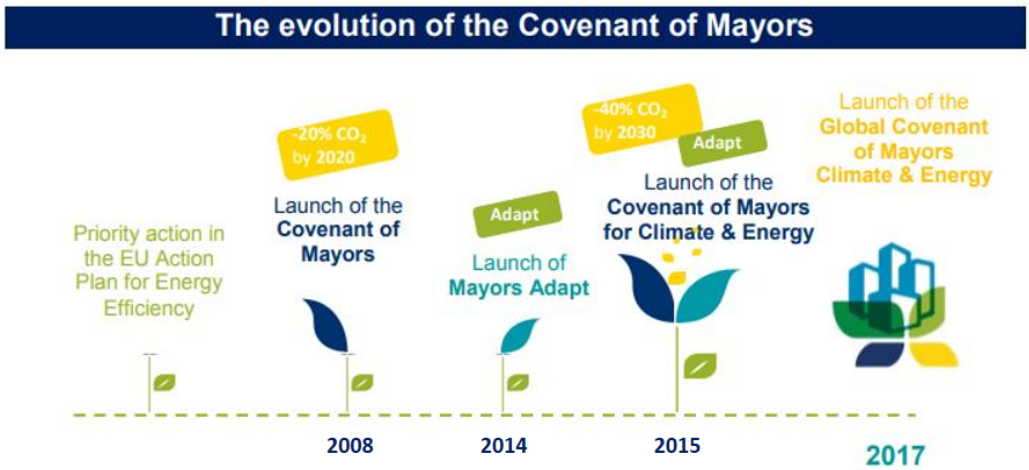

Figura 1: La storia dell'iniziativa del Patto dei Sindaci (Fonte: CoMO, 2017a)

La dicotomia tra mitigazione e adattamento e i potenziali conflitti che ne possono emergere hanno ostacolato lo sviluppo di un'azione integrata e hanno dato forma a dibattiti sulla *governance* del cambiamento climatico (Castán Broto, 2017). Hoppe e Van Bueren (2015) hanno affermato che, sebbene il cambiamento climatico sia stato uno dei principali problemi della politica ambientale e la mitigazione sia da anni sull'agenda politica delle città, l'adattamento è ancora considerato un "add-on" alla politica di mitigazione dei cambiamenti climatici. Inoltre, l'adozione e l'attuazione delle misure di adattamento e di mitigazione risentono dell'inerzia istituzionale nella pratica delle politiche locali. Per superare tale inerzia e aiutare le autorità locali ad intraprendere un percorso verso un futuro più resiliente, nel 2015, le due iniziative si sono unite nel nuovo *Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia*, in cui migliaia di enti locali e regionali cooperano volontariamente per raggiungere gli obiettivi europei in materia di energia e clima, integrando le strategie di mitigazione e adattamento nella pianificazione energetico-ambientale (Pietrapertosa et al., 2018). In tale occasione i leader dei Paesi europei hanno concordato di aumentare la percentuale di riduzione delle emissioni al 40% entro il 2030 (EC, 2014; Lombardi et al., 2016) (Figura 1).

Il *Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia* offre di fatto alle città la possibilità di sperimentare politiche e azioni innovative, il suo ruolo potenziale potrebbe essere quello di trasformare le città in laboratori viventi (Bulkeley et al., 2012). Recentemente, a giugno 2016, il *Patto dei Sindaci per il clima e l'energia* è entrato in una nuova importante fase della sua storia quando ha scelto di unire le forze con un'altra iniziativa, il *Compact of Mayors*, da cui è nato il *Patto Globale dei Sindaci per il Clima e l'Energia*, diventando di fatto il più grande movimento dei governi locali impegnati a fronteggiare la mitigazione del cambiamento climatico, l'adattamento agli effetti negativi del cambiamento climatico e l'accesso universale ad un'energia sicura, pulita e conveniente (CoM, 2018) (Figura 1).

2.1 Gli Step per il Patto dei Sindaci

Una volta che il comune aderisce all'iniziativa, gli *step* da eseguire sono principalmente tre (Figura 2) (CoMO, 2017b):

- *Step 1: Firma del Patto dei Sindaci*, con cui i comuni dimostrano ufficialmente il proprio impegno attraverso una decisione formale del Consiglio Comunale.

- *Step 2: Presentazione del Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima (PAESC)* entro due anni dall'adesione formale da parte del Consiglio comunale, che deve essere, poi, approvato da parte della Commissione europea. Il PAESC si basa su due documenti fondamentali, ovvero, un *Inventario di base delle emissioni* (*IBE*) ed una *Valutazione per il rischio e la vulnerabilità* (*VRV)* contenenti un'analisi della situazione attuale (CoMO, 2017b). Il PAESC è il documento chiave nel quale si evidenzia come i comuni intendono ridurre le proprie emissioni di CO_2, aumentando l'efficienza energetica e l'uso di fonti di energia rinnovabile nel proprio territorio, e come intendono integrare le azioni di adattamento nelle proprie politiche, strategie e piani rilevanti (CoMO, 2017b).
- *Step 3*: *Presentazione periodica dei Resoconti di monitoraggio delle azioni*. Questa è la fase del monitoraggio dell'implementazione del PAESC, per garantirne un miglioramento continuo, secondo un preciso time frame (Tabella 2). Dopo due anni dalla presentazione del PAESC si deve presentare un *Resoconto di monitoraggio sulle azioni*, ovvero un rapporto "qualitativo" contenente le informazioni sullo stato di attuazione del PAESC, e dopo quattro anni i comuni devono poi presentare un *Resoconto Completo di monitoraggio*, ovvero un rapporto "quantitativo" che comprende anche l'*Inventario di Monitoraggio delle Emissioni* (*IME*) (CoMO, 2017b). Il periodico monitoraggio del consumo energetico, delle emissioni di CO_2, della vulnerabilità agli impatti dei cambiamenti climatici e delle azioni di adattamento consente ai comuni interessati di confrontare gli impatti stimati con le azioni compiute ed, in generale, di capire se si è sulla buona strada per raggiungere gli obiettivi prefissati ed identificare i fattori che influenzano tali risultati, come le variazioni climatiche o demografiche (CoMO, 2017b).

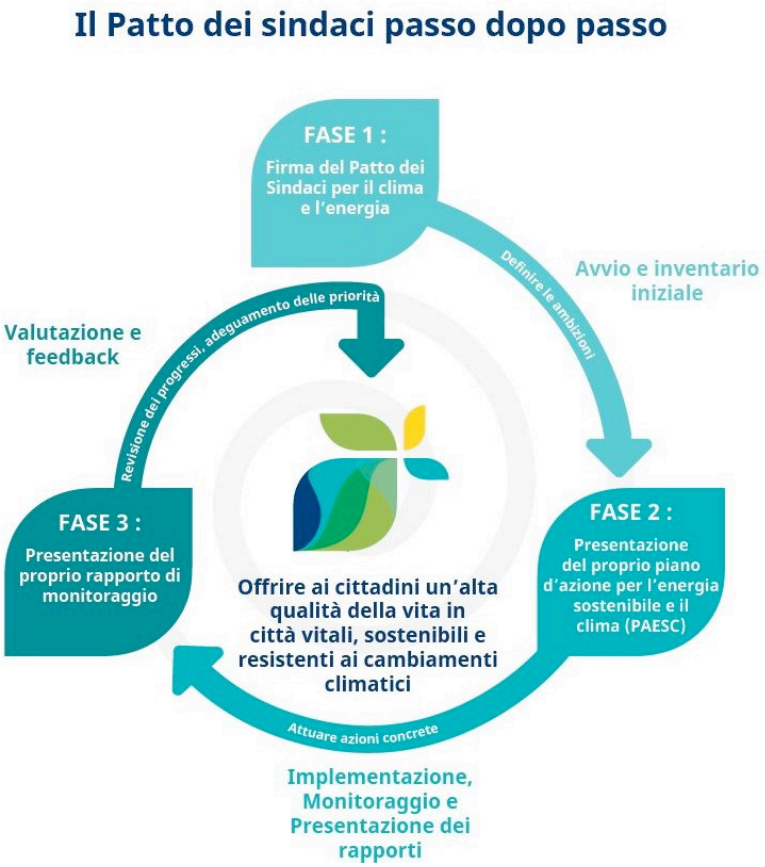

Figura 2: Il processo a *Step* del Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia (Fonte: CoMO, 2017b)

Tabella 2: Requisiti minimi per la presentazione dei Resoconti di monitoraggio delle azioni dei PAESC (Fonte: CoMO, 2017b)

	Fase di registrazione	PAESC	Resoconto di monitoraggio sulle azioni	Resoconto complete di monitoraggio
	Anno 0	Entro 2 anni	Entro 4 anni	Entro 6 anni
Strategia	×	✓	✓	✓
Inventari delle emissioni	×	✓ (IBE)	×	✓ (IME)
Azioni per la mitigazione	×	✓	✓ (min. 3 esempi)	✓
Quadro di valutazione per l'adattamento	✓	✓	✓	✓
Rischio e vulnerabilità	×	✓	✓	✓
Azioni per l'adattamento	×	×	✓ (min. 3 esempi)	✓

Legenda: ✓ Obbligatorio | × Opzionale

Dal 2008 ad oggi il *Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia* ha creato un archivio di dati di tutte le politiche e le azioni realizzate nelle città, producendo delle *best practice* o misure politiche applicabili anche in altri contesti (Croci et al., 2017).

In questo contesto, in cui la necessità di un nuovo modello di *governance* multilivello è sempre più riconosciuta come la chiave per l'implementazione delle politiche climatiche (Betsill e Bulkeley, 2006), il Patto dei Sindaci potrebbe servire a testare nuovi modelli di *governance* adatti alle realtà odierne, dove le *best decision* sono prese in modo inclusivo e cooperativo (Ballesteros, 2013). Nonostante le molte criticità che possano impedire di sfruttare a pieno il potenziale di tale iniziativa (Christofordis et al., 2013), l'impatto previsto per la stessa è considerevole. Questo esclusivo movimento dal basso conta attualmente 7755 firmatari e ciò che li accomuna è la visione a lungo termine di accelerare la decarbonizzazione delle città, rafforzare la capacità di adattamento agli inevitabili effetti dei cambiamenti climatici e garantire ai cittadini l'accesso a un'energia sicura, sostenibile e alla portata di tutti (CoM, 2018).

2.2 Coniugare mitigazione ed adattamento: rinaturalizzare gli spazi urbani

Le società contemporanee si trovano ad affrontare una vasta gamma di sfide, dall'aumento dell'urbanizzazione, alle crescenti pressioni sul benessere e sulla salute umana, all'esaurimento del capitale naturale, alla salvaguardia di cibo, acqua ed energia. Queste sfide sono profondamente intrecciate con processi globali, come i cambiamenti climatici e con eventi locali come i disastri naturali (Faivre et al., 2017). Oggigiorno i governi e le organizzazioni internazionali, in collaborazione con il mondo accademico, stanno adottando misure "verdi" basate sulla natura nei processi pianificatori per far fronte alle pressanti sfide ambientali, economiche e sociali causate dall'era dell'industrializzazione (Lafortezza et al., 2017). Alcune di queste misure sono già utilizzate da tempo nella pianificazione urbana e nella gestione della risorsa idrica (ad esempio tetti verdi, bioinfiltrazione di pioggia nei giardini, vegetazione nei *street canyons*) ed hanno dimostrato di essere più efficienti, convenienti, adattabili, multiuso e durature rispetto alle cosiddette alternative "grigie" (Gill et al., 2007; Pugh et al., 2012; Ellis, 2013; Flynn e Traver, 2013; Raje et al., 2013; Liquete et al., 2016). Sulla base del ruolo fondamentale che la natura svolge attraverso la fornitura di servizi ecosistemici (Costanza et al., 1997; MEA, 2005), è stata quindi riconosciuta la necessità di progettare e costruire infrastrutture "verdi" piuttosto che infrastrutture "grigie" con lo scopo di ripristinare l'equilibrio ecologico all'interno del paesaggio urbano e sviluppare territori più resilienti e società più sane. Questo modo di pensare si basa sul ruolo fondamentale che la natura svolge attraverso la fornitura di servizi ecosistemici (Cohen-Shacham et al., 2016; Lafortezza e Chen, 2016; Maes et al., 2016; Kabisch et al., 2017a; Raymond et al., 2017a).

Dai primi anni 2000 la possibilità di introdurre nella pianificazione urbana e nel processo decisionale gli approcci basati sugli ecosistemi ha attirato sempre più attenzione da parte della comunità scientifica e dei responsabili politici. In particolare tali approcci offrono sostenibilità e soluzioni economicamente efficienti per la gestione integrata delle risorse idriche (Armson et al., 2013; Young et al., 2014), della qualità dell'aria (Calfapietra et al., 2015; Wang et al., 2015), della biodiversità urbana (Connop et al., 2016), e per sfide trasversali come la conservazione della biodiversità, la salute e il benessere pubblici (Bennett et al., 2015; Carrus et al., 2015). Diversi approcci basati sugli ecosistemi sono stati promossi dalla Commissione europea e successivamente

integrati in strategie dedicate a livello europeo: l'adattamento basato sull'ecosistema (*Ecosystem-based Adaptation*, EbA), le Infrastrutture verdi (*Green Infrastructure*), la Riduzione dei rischi per i disastri basata sull'ecosistema (*Ecosystem-based Disaster-Risk Reduction*) e misure naturali di contenimento delle acque (*Natural Water Retention Measures*). Questi approcci possono essere complementari e promuovere una varietà di obiettivi politici (Nesshöver et al., 2017).

Riconoscendo l'importante ruolo che le infrastrutture verdi e i servizi ecosistemici offrono all'ambiente e alla società, i ricercatori sono attualmente incoraggiati a compiere un passo in più e a passare dagli approcci basati sugli ecosistemi alle *Nature Based Solutions* (NBSs), per l'adattamento e la mitigazione agli impatti del cambiamento climatico, per la conservazione della biodiversità e per migliorare il benessere e la salute degli uomini (Cohen-Shacham et al., 2016). La forza del concetto di NBS risiede nella sua prospettiva integrata per affrontare le sfide della società (Lafortezza et al., 2017).

La Commissione europea (EC, 2015) identifica quattro principali obiettivi che possono essere affrontati attraverso le NBSs e sono:

- promuovere un'urbanizzazione sostenibile per stimolare la crescita economica e per migliorare l'ambiente e il benessere dei cittadini,
- ripristinare gli ecosistemi degradati per aumentare la loro resilienza, consentendo loro di fornire servizi vitali e resistere ad altre sfide sociali;
- migliorare la gestione del rischio ambientale e la resilienza per produrre maggiori benefici rispetto ai metodi convenzionali e offrire sinergicamente la riduzione di molteplici rischi.
- sviluppare delle strategie di adattamento e mitigazione del cambiamento climatico per città a ridotte emissioni di gas serra e più resilienti.

Nelle NBSs i concetti di adattamento e mitigazione sono strettamente collegati poiché qualsiasi adattamento di un sistema socio-ecologico può ulteriormente influenzare il potenziale di mitigazione e ciascun effetto si ripercuote sulla resilienza climatica (Calfapietra et al., 2015; Van Vuuren et al., 2011; Raymond et al., 2017a).

I vantaggi delle NBSs in termini di mitigazione sono la riduzione di CO_2 attraverso la cattura ed il sequestro di carbonio da parte della vegetazione e del suolo (Davies et al., 2011; Pataki et al., 2006), con il conseguente miglioramento della qualità dell'aria, e la riduzione delle temperature, alla meso e microscala, così da ridurre la domanda di raffrescamento, specialmente per i climi più caldi, riducendo anche le emissioni di gas

serra associate (Akbari, 2002). I vantaggi delle NBSs in termini di adattamento sono quello di massimizzare l'effetto del raffrescamento ottenuto dall'evapotraspirazione e dall'ombreggiamento, così da ridurre localmente le temperature e migliorare il fenomeno dell'isola di calore (Alexandri e Jones, 2008; Fioretti et al., 2010; Kazmierczak, 2012), beneficiare dell'effetto isolante delle piante (Alexandri e Jones, 2008; Zinzi e Agnoli, 2011), ridurre la velocità del vento e dell'azione dei venti gelidi nei climi freddi.

Le NBSs rendono funzionante il concetto di servizi ecosistemici nelle situazioni del mondo reale per promuovere la sostenibilità in modo più esplicito, esse svolgono anche un ruolo fondamentale nella promozione delle "transizioni" da un modello di crescita che richiede un elevato impiego di risorse verso un modello di crescita che richiede un uso più efficiente delle risorse, inclusivo e sostenibile. (Nevens et al., 2013). Le NBSs sono quindi viste come delle innovazioni che prevedono l'impegno e il coinvolgimento di più attori, procurando co-benefici che collegano interessi sociali ed economici e, quindi, possono stimolare nuove economie verdi e nuovi posti di lavoro verdi (Kabisch et al., 2017a; Raymond et al., 2017a).

Sono due le principali definizioni di NBS:

- La Commissione europea definisce le NBSs come un modo per affrontare le sfide della società con soluzioni ispirate e supportate dalla natura, economicamente convenienti, che contemporaneamente forniscano benefici e aiuti ambientali, sociali ed economici atti a garantire la resilienza delle società (EC, 2016a).
- *L'International Union for Conservation of Nature* (*IUCN*) definisce le NBSs come azioni atte a proteggere, gestire in modo sostenibile e a rispristinare gli ecosistemi naturali o modificati che si trovano ad affrontare le sfide della società in modo efficace e adattativo, fornendo simultaneamente benefici per la biodiversità e per il benessere (IUCN, 2012)

Tra queste due definizioni di NBSs, quella data dall'IUCN enfatizza la necessità di un ecosistema ben gestito o ripristinato al centro di qualsiasi NBS, mentre la definizione della Commissione europea è un po' più ampia e pone più enfasi sull'applicazione non solo delle soluzioni che usano la natura ma anche di quelle che sono ispirate e supportate dalla natura (Cohen-Shacham, 2016).

Nel definire le NBSs e nel considerare le loro applicazioni, è utile pensare ad esse come un concetto ad *ombrello* (Figura 3) che ricopre un'intera gamma di approcci legati agli ecosistemi per affrontare le sfide della società. Tali approcci sono: (*Ecosystem*

restoration approaches - Approcci di ripristino dell'ecosistema; *Issue-specific ecosystem-related approaches* - Approcci correlati all'ecosistema specifici per il problema; *Infrastructure-related approaches* – Approcci legati all'infrastruttura; *Ecosystem-based management approaches* - Approcci basati sulla gestione degli ecosistemi ed *Ecosystem protection approaches* - Approcci basati sulla protezione dell'ecosistema (Cohen-Shacham et al., 2016).

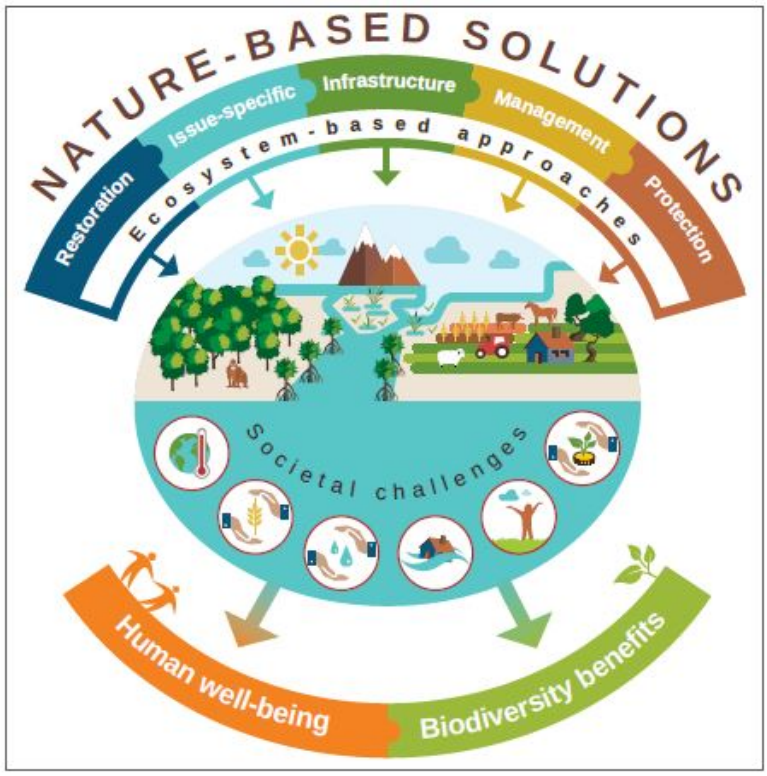

Figura 3: NBS come un concetto ad *ombrello* per gli approcci basati sugli ecosistemi (Fonte: Cohen-Shacham, 2016)

Nell'implementazione di NBSs, la conservazione della biodiversità non solo rappresenta un obiettivo, ma è anche un prerequisito: sono necessari infatti ecosistemi funzionanti per garantire la fornitura di servizi ecosistemici (Faivre et al., 2017). Inoltre, la necessità di proteggere il capitale naturale e valorizzare i servizi ecosistemici è sempre più riconosciuta come requisito fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità (Raymond et al., 2017b). A tal proposito, infatti, l'Europa riconosce che è proprio nelle aree urbane che le dimensioni ambientali, economiche e sociali della strategia europea di sviluppo sostenibile diventano insieme più forti (Raymond et al., 2017b). Wolfram e Frantzeskaki (2016) nel loro studio hanno dimostrato come le NBSs possono innescare un'innovazione sociale nelle città e accelerare la transizione verso la sostenibilità, in quanto promuovono una pianificazione e una *governance* innovativa, oltre che nuovi modelli per le imprese, la finanza, le

istituzioni e la società in generale. In tal senso il rapporto del gruppo di esperti sulle NBSs, all'interno del progetto *Horizon 2020* sulle *Nature based solutions e Re-Naturing Cities* (EC, 2015), fornisce esempi di soluzioni basate sulla natura per riportare la natura nelle città e negli ecosistemi degradati, migliorando la salute umana, il benessere collettivo e l'adattamento ai cambiamenti climatici (EC, 2015). In base a questo rapporto particolare attenzione dovrebbe essere fatta per responsabilizzare e coinvolgere i cittadini e riconnetterli con la natura. Ma nonostante gli sforzi comunicativi dei politici (EC, 2016a; UN, 2013) e dei ricercatori (Rizvi et al., 2015; Cohen-Shacham et al., 2016) di divulgare l'uso e le finalità delle NBSs, il concetto rimane ancora vago o sconosciuto al grande pubblico (Nesshöver et al., 2017). Ad oggi la Commissione europea è impegnata ad investire nelle NBSs e ad utilizzarle come *driver* per un'ampia diffusione di approcci ecosistemici in Europa e in tutto il mondo (EC, 2016a, 2016b). L'Europa è quindi ben predisposta ad adottare un ruolo di leadership e intraprendere azioni decisive per affrontare la sfida di sostenibilità globale attraverso politiche e tecnologie ambientali innovative (Oberthür e Roche Kelly, 2008; Gupta e Grubb, 2013; EC, 2016a).

L'attuazione delle NBSs richiede da parte dei diversi attori coinvolti di affrontare contemporaneamente sfide politiche, economiche e scientifiche (Maes e Jacobs, 2017). Pertanto essi devono considerare la gestione urbana, la biodiversità, la *governance* e l'innovazione sociale all'interno di un unico sistema socio-ecologico (Maes e Jacobs, 2017; McGinnis e Ostrom, 2014), e integrare diversi tipi e sistemi di valori e di conoscenza per la progettazione e lo sviluppo delle NBSs in modo da essere socialmente comprensibili e accettabili (Frantzeskaki e Kabisch, 2016; Maes e Jacobs, 2017; Raymond et al., 2017a). In tale contesto l'incertezza sarà una caratteristica prevalente in quanto le NBSs si attuano in sistemi socio-ecologici complessi le cui risposte alla gestione e ai fattori naturali sono spesso non lineari, eterogenee e non completamente conosciute (Seastedt et al., 2008; Suding et al., 2004). I Sistemi Socio-Ecologici (*Socio-Ecological Systems - SES*) sono sistemi complessi basati sull'interazione di fenomeni ecologici, economici e sociali, che non possono essere studiati in isolamento e richiedono, pertanto, un approccio sistemico (Petrosillo et al., 2004). Un modo per far fronte all'incertezza, e limitare i rischi di innescare risposte negative, è una gestione rivolta ad una maggiore resilienza (Lindenmayer et al., 2008), come può essere la Gestione Adattativa, che è un approccio raccomandato per affrontare l'incertezza, la complessità e la dinamicità dei sistemi complessi (Nesshöver et al., 2017). In tale contesto la sfida fondamentale è quella di costruire la conoscenza, la

capacità di apprendimento ed adattamento nelle istituzioni che devono gestire, a vari livelli, gli ecosistemi, al fine di mantenere la resilienza dei sistemi naturali ed umani e di abbassare al minimo la loro vulnerabilità tenendo conto dell'incertezza (Petrosillo et al., 2004). Queste sono, infatti, le peculiarità della Gestione Adattativa, così come definita da Holling negli anni settanta, vale a dire un processo sistemico applicato ai complessi sistemi ambientali, caratterizzati da alti livelli di incertezza sui processi, e suscettibili verso potenziali impatti ecologici, sociali ed economici dovuti alle differenti opzioni gestionali. Tale processo è sottoposto ad un miglioramento continuo adattandosi ed apprendendo continuamente dagli output delle proprie scelte gestionali (Holling 1978; Walters 1997; Petrosillo et al., 2004).

Sebbene la gestione adattativa si sia dimostrata difficile nella pratica (Roe et al., 2005; Westgate et al., 2013); l'ampia esperienza acquisita finora contribuirebbe a supportare un'implementazione efficace della NBSs. La gestione adattativa, che include il monitoraggio strutturato delle risposte ecologiche, è raramente implementata (Lindenmayer et al., 2008); ciò riflette le sfide e i costi di tali sforzi. Tuttavia esistono diversi modelli sviluppati di Gestione Adattativa per la pianificazione e la gestione di aree protette in cui gli obiettivi e le azioni sono adattate ai cambiamenti ecologici e sociali in corso. Tali modelli operativi, che abbondano anche in altre aree dell'ecosistema e dell'uso delle risorse naturali spesso includono prospettive socio-economiche e, in quanto tali, potrebbero alimentare lo sviluppo e l'applicazione di NBSs. Lo sviluppo di una base di conoscenze comprovata, che possieda dettagli delle circostanze in cui le NBSs funzionano, è una componente essenziale di una gestione adattativa efficace. (Nesshöver et al., 2017). La gestione adattativa dovrebbe essere accompagnata da una descrizione delle dimensioni critiche della soluzione, compresi i fattori sociali. Ciò garantirebbe il funzionamento delle NBSs non solo in termini ecologici, ma eviterebbe anche che siano economicamente irrealizzabili o socialmente insostenibili. In alcuni casi, i fattori sociali possono essere incorporati semplicemente collocando entità e processi ecologici in un contesto sociale, in altri, quando fattibile e pertinente, attraverso un'analisi più dettagliata ed esplicita dei legami socio-ecologici. In entrambi i casi, la modellizzazione socio-ecologica può essere parte di un processo di apprendimento transdisciplinare, in cui gli approcci a problemi e soluzioni, compresi valori e obiettivi, vengono deliberati da esperti, professionisti e parti interessate e adattati dove e quando necessario (Nesshöver et al., 2017).

Un simile approccio può offrire importanti opportunità per la partecipazione ed il coinvolgimento dei cittadini in quanto comporta l'inclusione delle conoscenze locali,

della giustizia ambientale, della crescita economica locale, nonché una maggiore comprensione delle incertezze e delle complessità che caratterizzano un sistema socio-ecologico (Irvine e Kaplan, 2001).

Per garantire il successo dell'implementazione delle NBSs e la loro integrazione nei quadri politici nazionali esistenti, la Commissione europea sta allineando la propria agenda di ricerca e sviluppo sulle NBSs con le diverse politiche e azioni europee che supportano lo sviluppo di approcci basati sugli ecosistemi (EC, 2016b). Queste politiche e azioni includono, fra tante, anche la Strategia di adattamento ai cambiamenti climatici europea (EC, 2013) e il nuovo *Patto di Sindaci per il Clima e l'Energia* (CoMO, 2017b), che riconosce il ruolo dell'adattamento basato sugli ecosistemi nel rafforzamento della resilienza urbana e nel fornire molteplici vantaggi (Kabisch et al., 2016). Inoltre attraverso la raccolta di esperienze basate sull'implementazione delle NBSs in diverse regioni e città di tutta Europa, si sta sviluppando un archivio di *best practice*. Queste metteranno a confronto i costi e i benefici delle NBSs rispetto agli approcci ingegneristici tradizionali e identificheranno i potenziali ostacoli all'attuazione, nonchè le soluzioni per superare questi ostacoli (Faivre et al., 2017). A tal proposito recentemente grazie ad uno lavoro scientifico è stato sviluppato un quadro per valutare e implementare i co-benefici delle NBSs nelle aree urbane giungendo alla conclusione che occorrono maggiori sforzi nel valutare i diversi elementi di efficacia delle NBSs alle diverse scale spaziali e temporali e si incoraggia inoltre i gruppi di lavoro a guardare oltre l'analisi costi-benefici (Kabisch et al., 2017b; Raymond et al., 2017b). L'analisi costi-benefici, infatti, non è sufficiente a valutare l'efficacia delle NBSs dato che possiedono il potenziale per molteplici forme di co-benefici ed abbracciano diversi elementi di un sistema socio-ecologico (Raymond et al., 2017b). Sono dunque richiesti nuovi modelli e strumenti che tengano in considerazione la diversa distribuzione spaziale e temporale dei benefici (Raymond et al., 2017b).

Materiale e Metodi

Per poter comprendere come i comuni stanno agendo nel contrastare i cambiamenti climatici e come stanno integrando le strategie di adattamento all'interno della pianificazione energetico-ambientale locale in sinergia con le azioni di mitigazione, è stato dapprima selezionato un campione di comuni e successivamente creato un modello di classificazione delle azioni di adattamento. In base a tale modello, successivamente, sono state classificate le azioni intraprese dai comuni nei Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile ed il Clima (PAESC).

1 Selezione e descrizione del campione

L'analisi condotta nel presente lavoro di tesi si è basata su dati raccolti dal sito ufficiale dell'iniziativa del *Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia* (http://www.covenantofmayors.eu). Nello specifico, il campione di 45 comuni è costituito dai comuni italiani e spagnoli che, a Maggio 2017, risultavano essere allo *Step tre* relativo alla fase di monitoraggio dell'attuazione dei propri PAESC ed appartenenti a tre classi di popolazione (Tabella 3):

- Comuni di Taglia M: popolazione compresa tra i 50.000 ed i 250.000 abitanti;
- Comuni di Taglia L: popolazione compresa tra i 250.000 ed i 500.000;
- Comuni di Taglia XL: popolazione superiore ai 500.000.

Tabella 3: Elenco dei comuni M, L, XL di Italia e Spagna facenti parte del campione di analisi in quanto allo *Step 3*, fase di monitoraggio delle azioni

	Italia	Spagna
Taglia M	Città di Collegno	Mollet del Vallès
	Rho	Cerdanyola del Vallès
	Olbia	Castelldefels
	Cinisiello Balsamo	Granollers
	Treviso	El Prat de Llobregat
	La Spezia	Viladecans
	Forlì	Vilanova i la Geltrú
	Bergamo	Rubí
	Salerno	Manresa
	Ravenna	Sant Cugat del Vallès
	Trieste	Sant Boi de Llobregat
	Padova	Cornellà de Llobregat

	Uninione dei Comuni NET	Lorca Santa Coloma de Gramenet Mataró Logroño Santander Terrassa Badalona Santa Cruz de Tenerife Elche
Taglia L	Verona Firenze Bologna	Hospitalet de Llobregat Murcia
Taglia XL	Genova Torino Milano	Málaga Valencia Barcelona

Il campione totale conta 45 comuni, di cui 19 in Italia e 26 in Spagna. La scelta è ricaduta su Italia e Spagna perché accomunate da alcune similarità. In primo luogo, rispetto agli altri paesi europei, oltre ad avere il maggior numero di comuni aderenti all'iniziativa del Patto dei Sindaci, presentano anche il maggior numero di comuni in fase di monitoraggio: il 54% in Italia ed il 27% in Spagna (Figura 4).

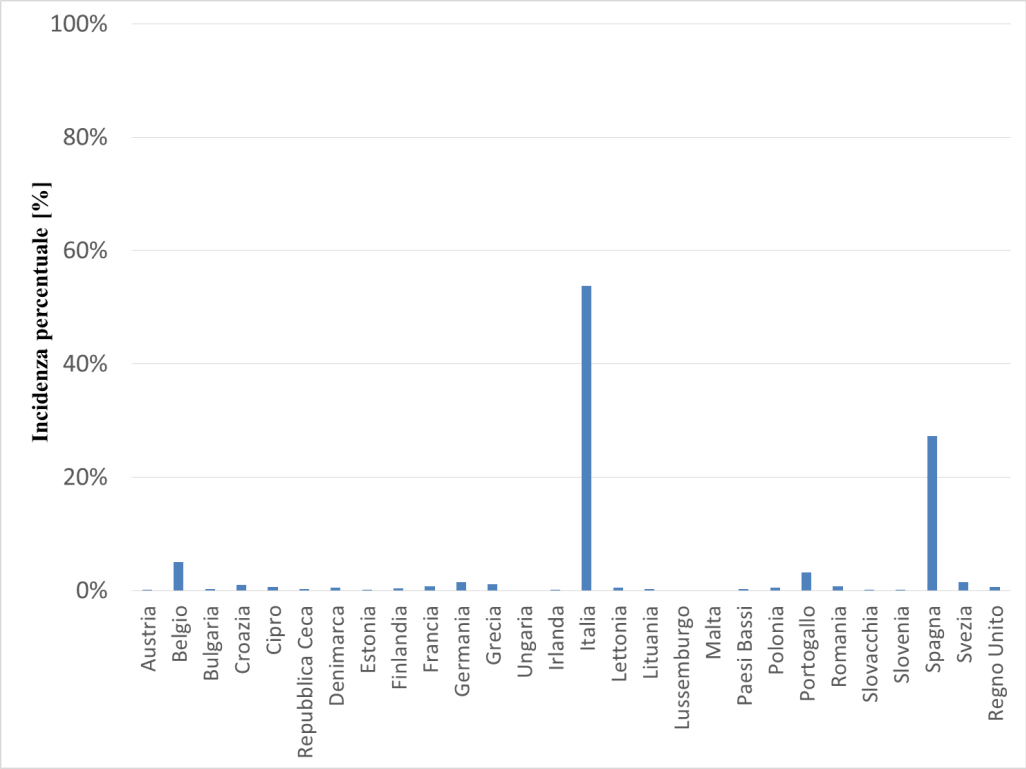

Figura 4: Firmatari allo *Step 3* per nazione sul totale Firmatari al medesimo Step in Europa

In secondo luogo, l'Italia e la Spagna sono state scelte perché condividono importanti somiglianze sia in termini di configurazioni urbane, che di vulnerabilità ai cambiamenti climatici. Sulla base della propria capacità complessiva di adattarsi ai cambiamenti climatici (capacità adattativa), il livello di vulnerabilità è in entrambi i paesi alto e paragonabile (ESPON, 2011). Queste condizioni rendono plausibile ipotizzare che le città di entrambe le nazioni si trovino ad affrontare simili rischi e sfide legate ai cambiamenti climatici e, pertanto, devono sviluppare sforzi analoghi (finanziari, amministrativi, politici, tecnici, ecc.) al fine di attuare delle politiche efficienti (De Gregorio Hurtado et al., 2015).

Infine, la scelta di comuni appartenenti alle tre diverse classi di popolazione è dovuta al fatto che si ritiene che all'interno dei grandi centri urbani le attività antropiche risultino più impattanti e le misure da intraprendere più rilevanti ed impegnative. Si presume, infatti, che le città di grandi e medie dimensioni dispongano, o che possano avere un più facile accesso, delle competenze tecniche nell'ambito delle proprie strutture amministrative, e delle risorse finanziarie necessarie per intraprendere le azioni di mitigazione ed adattamento ai cambiamenti climatici. I comuni più grandi possiedono inoltre la capacità di coinvolgere altri stakeholder nelle proprie politiche locali (De Gregorio Hurtado et al., 2015).

2 Creazione di un nuovo modello di classificazione delle azioni di adattamento ai cambiamenti climatici

Il modello di classificazione delle azioni di adattamento è stato ideato sulla base di due importanti documenti di riferimento della politica climatica europea:

- le Strategie Nazionali di Adattamento (*SNAC*): rappresentano lo strumento per definire l'approccio e le linee guida per intraprendere le azioni di adattamento ai cambiamenti climatici (De Gregorio Hurtado et al., 2015);
- i Piani di Azione per il Clima e l'Energia sostenibile (*PAESC*): a scala locale, forniscono un ampio database di informazioni riguardo alle azioni di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici intraprese dai comuni.

Secondo l'Agenzia Europea dell'Ambiente (*European Environment Agency - EEA*) (2013) un Piano di Azione consiste in un documento più dettagliato, incluso nella SNAC, che fornisce una roadmap per l'attuazione di specifiche misure ed azioni di adattamento. In particolare, tali misure possono essere di tre tipi:

- "misure grigie o strutturali" che includono soluzioni tecnologiche e ingegneristiche;
- "misure verdi o ecosistemiche" che prevedono approcci basati sugli ecosistemi;
- "misure *soft* o leggere" che implicano approcci gestionali, giuridici e politici.

Con la distinzione tra misure grigie, verdi e soft è possibile desumere il tipo di approccio utilizzato da ciascun comune e le "forze" messe in campo per contrastare gli effetti del cambiamento climatico nelle aree urbane.

Il nuovo modello di classificazione risulta essere una rielaborazione e rivisitazione delle misure intraprese nelle Strategie Nazionali di Adattamento ai Cambiamenti climatici di Italia e Spagna. Entrambe mirano ad affrontare l'elevata vulnerabilità dei rispettivi territori nazionali agli effetti dei cambiamenti climatici, fornendo un quadro di riferimento per il coordinamento delle diverse amministrazioni pubbliche nelle loro attività in materia di valutazioni dell'impatto climatico, studi di vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici (De Gregorio Hurtado et al., 2015). Per l'Italia, a differenza della Spagna, l'azione del governo nazionale è stata tardiva e ciò ha avuto un impatto diretto sul modo in cui le regioni hanno poi affrontato la politica climatica (De Gregorio Hurtado et al., 2014).

Considerando che nelle SNAC le misure di adattamento sono applicate a numerosi settori di intervento, molti dei quali vanno oltre il contesto puramente urbano, nel modello di classificazione sono stati considerati solo quelli relativi al contesto urbano e più coerenti con i settori d'intervento dei PAESC: Insediamenti urbani, Trasporti ed Energia (Figura 5). Il nuovo modello di classificazione delle azioni riguarda questi tre settori e le azioni sono suddivise in base alla tipologia di misure (soft, verdi o grigie).

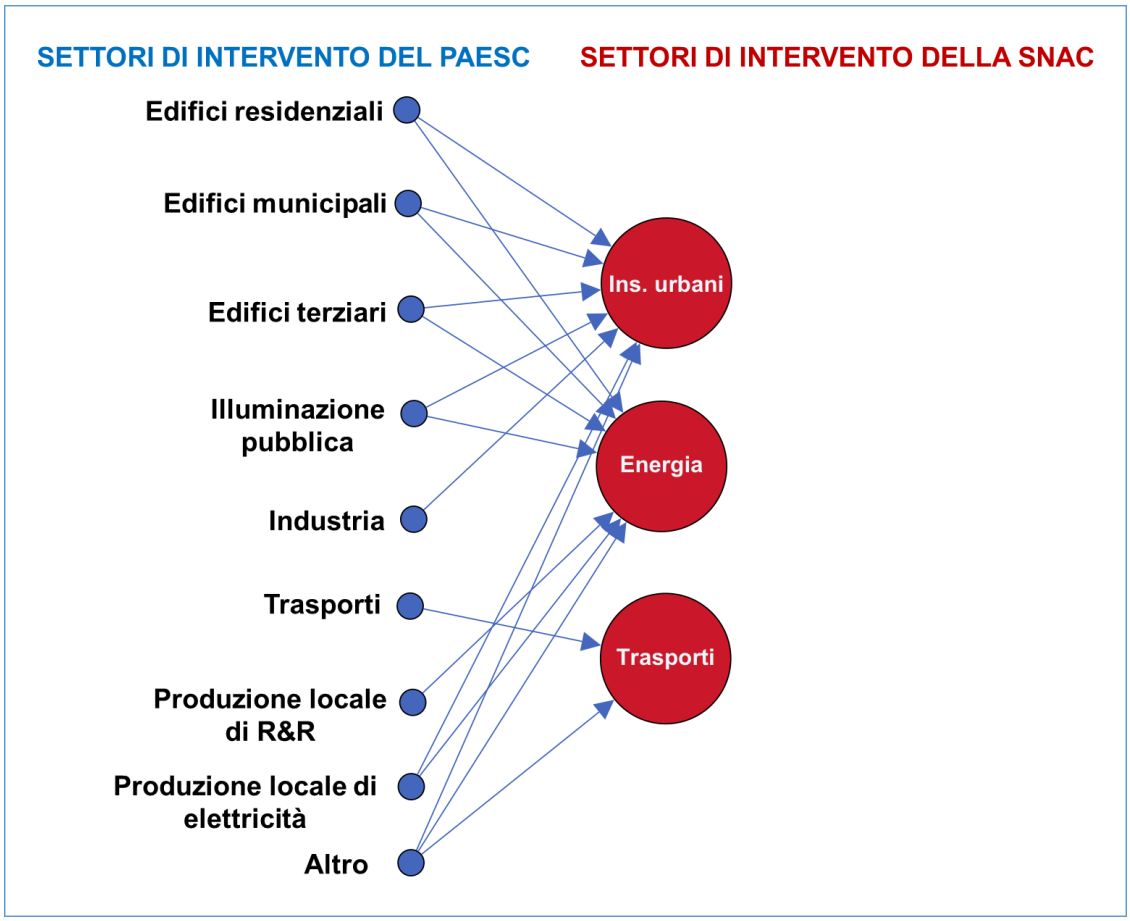

Figura 5: Corrispondenza tra i settori del PAESC e i tre settori della SNAC selezionati

3 Analisi del contenuto dei PAESC e classificazione degli esempi di eccellenza e delle azioni verdi secondo il nuovo modello di classificazione

Per l'analisi delle migliori strategie ed azioni intraprese dai 19 comuni italiani e dai 26 spagnoli firmatari del Patto dei Sindaci, sono state raccolte le informazioni dalla sezione *Esempi di Eccellenza* del sito Patto dei Sindaci. Gli esempi di eccellenza hanno una sezione apposita del sito del Patto dei Sindaci che si prefigge di dare riconoscimento ed elevata visibilità alle singole azioni attuate dai firmatari e, nel contempo, di ispirare e facilitare gli scambi e l'autovalutazione (CoMO, 2016).

In particolare, si è proceduto nel modo seguente:

- per ogni comune, sono state raccolte le informazioni relative alle azioni registrate come esempi di eccellenza, suddividendole in funzione di precisi settori di intervento;

- per ciascuna di queste azioni sono state riportate le riduzioni di CO_2 effettive e/o stimate associate ed espresse in tonnellate equivalenti/anno;
- ciascuno degli esempi di eccellenza analizzato è stato poi classificato in base al nuovo modello di classificazione;
- successivamente si sono analizzate le singole azioni contenute nei PAESC per identificare le azioni di tipo verde, azioni che recentemente trovano una vasta applicazione come NBSs, ai fini di costruire città sempre più resilienti ai cambiamenti climatici.

Le emissioni di CO_2 reperite per ciascun esempio di eccellenza sono state utilizzate per ricavare le percentuali di riduzione di emissioni di CO_2, associate agli esempi di eccellenza classificati in un determinato settore e distinti per tipologia di misure, tra soft, verdi e grigie.

Risultati e Discussione

1 Modello di classificazione delle azioni di adattamento ai cambiamenti climatici

In questa sezione sono riportati i risultati relativi all'elaborazione del nuovo modello di classificazione delle azioni di adattamento ai cambiamenti climatici (Tabella 4). Tali azioni agiscono a differenti scale spaziali, dagli involucri edilizi alle grandi infrastrutture o corridoi e cinture verdi. Nonostante le differenti scale, tutte le azioni identificate rientrano nell'ambito della pianificazione territoriale ed energetico-ambientale. Poiché esiste una sinergica interazione tra i tre settori d'intervento, alcune azioni intraprese in un settore hanno ricadute anche in altri settori.

Relativamente alle misure soft è possibile notare che le prime tre per ciascun settore hanno lo scopo di: sensibilizzare ed incrementare la consapevolezza negli stakeholder sull'adattamento agli impatti dei cambiamenti climatici; sviluppare una guida metodologica per l'integrazione delle azioni di adattamento all'interno delle politiche territoriali; sviluppare, attraverso le Tecnologie di informazione e comunicazione, le esistenti reti di monitoraggio, la raccolta dati, i database ed i sistemi di scambio. Per il settore Insediamenti urbani le ulteriori misure soft riguardano: le misure di promozione di strategie e di piani di adattamento urbani; le misure per sostenere le politiche di risanamento della qualità dell'aria in termini di benefici sull'adattamento; le misure per promuovere il risparmio e l'efficienza energetica, le misure per promuovere la sostenibilità energetico-ambientale all'interno di strategie pianificatorie; ed infine l'incentivazione della ricerca scientifica in materia di adattamento climatico. Per il settore Trasporti le ulteriori azioni soft riguardano: la promozione di iniziative di adattamento ai cambiamenti climatici in strumenti della pianificazione; la promozione della mobilità ciclistica e pedonale e dell'efficienza nel trasporto pubblico, incrementando gli autoveicoli più efficienti e "puliti"; l'incentivare la ricerca scientifica in materia di adattamento climatico, sperimentando nuovi materiali da costruzione e componenti di infrastrutture di trasporto; ed infine costituire un comitato scientifico per la mappatura dei rischi. Per il settore energetico le ulteriori misure di tipo soft riguardano: la gestione della domanda energetica per il riscaldamento e raffrescamento degli edifici, ad esempio si possono promuovere la produzione combinata di calore ed elettricità o una rete di teleriscaldamento/telerafreddamento; un'altra misura soft è

l'incremento della resilienza del sistema energetico che può avvenire in diversi modi (ad esempio diversificando le fonti primarie, promuovendo le fonti rinnovabili e l'efficienza energetica, andando a modificare la domanda dei consumatori di energia con l'utilizzo di incentivi finanziari e campagne educative, utilizzando sistemi di stoccaggio dell'energia oppure integrando e sviluppando le reti); infine un'altra misura soft riguarda la gestione della trasmissione e della distribuzione di energia elettrica, ad esempio attraverso la promozione dello sviluppo di microgrid, o attraverso programmi di orientamento della domanda.

Relativamente alle misure verdi per il settore Insediamenti urbani la prima azione verde riguarda il favorire e l'incentivare l'incremento del verde urbano (sia pubblico, che privato), anche a fini di calmierazione dei fenomeni estremi di calore estivo. Una seconda azione verde è la realizzazione, anche a fini dimostrativi e di sensibilizzazione dei cittadini, di interventi sperimentali di adattamento climatico di spazi pubblici in quartieri particolarmente vulnerabili, incrementandone le dotazioni di verde. Infine una terza azione verde è il favorire la diffusione degli orti urbani, intesi, oltre che a fini educativi, anche come forme mirate di riqualificazione di aree verdi sottoutilizzate e come contributo ad una certa autonomia alimentare degli insediamenti urbani. Relativamente alle misure verdi per il settore Trasporti, la prima azione riguarda il mantenimento di aree naturali (zone agricole, umide, laghi) dove permettere l'esondazione dei fiumi e l'allagamento dovuto alle piogge intense. Una seconda azione è il mantenimento di corridoi e cinture verdi ed infine l'ultima riguarda le infrastrutture del trasporto pubblico e l'azione prevede l'integrazione tra infrastrutture verdi e mobilità lenta. Non sono presenti misure verdi per il settore Energia.

Relativamente alle misure grigie, l'unica azione grigia per il settore Insediamenti urbani è la sperimentazione di nuovi modelli insediativi capaci di far fronte ai cambiamenti climatici, ad esempio attraverso la costruzione di eco-quartieri e case-clima. Per il settore Trasporti le azioni grigie riguardano l'identificazione dei punti della rete stradale a rischio; la costruzione e manutenzione delle strade; la realizzazione di opere di intervento e iniziative per incrementare l'offerta nel settore trasporti pubblici e le dotazioni infrastrutturali per la mobilità lenta, tutte opere finalizzate tenendo conto degli effetti dei cambiamenti climatici. Per il settore Energia le azioni grigie sono la realizzazione di opere di efficientamento energetico e azioni per la produzione e l'utilizzo di fonti rinnovabili e la gestione della domanda energetica per riscaldamento e raffrescamento, ad esempio attraverso la realizzazione di interventi di adattamento,

sistematici e generalizzati, del comparto edilizio atti alla riduzione dei fabbisogni di climatizzazione per la stagione invernale e, soprattutto, per quella estiva.

Tabella 4: Il nuovo modello di classificazione delle azioni di adattamento

	Misure Soft (S)	Misure Verdi (V)	Misure Grigie (G)
Insediamenti urbani (INS)	**INS_S1** Creare o potenziare la comunicazione e la consapevolezza negli stakeholder nel settore Insediamenti urbani	**INS_V1** Favorire ed incentivare l'incremento del verde urbano	**INS_G1** Favorire la sperimentazione di nuovi modelli insediativi capaci di far fronte ai cambiamenti climatici
	INS_S2 Sviluppo di una guida metodologica sugli strumenti di adattamento ai cambiamenti climatici nel settore edilizio e nella pianificazione urbana	**INS_V2** Realizzare interventi sperimentali di adattamento climatico di spazi pubblici in quartieri particolarmente vulnerabili	
	INS_S3 Sviluppare le Tecnologie di informazione e comunicazione	**INS_V3** Favorire la diffusione degli orti urbani	
	INS_S4 Promuovere la formazione di Strategie e di Piani di adattamento urbani		
	INS_S5 Sostenere le politiche e gli interventi di risanamento della qualità dell'aria che determinano benefici in termini di adattamento		
	INS_S6 Promuovere misure di risparmio energetico nel settore dell'illuminazione pubblica		
	INS_S7 Promuovere, tramite strategie pianificatorie, misure volte alla sostenibilità ambientale ed energetica delle aree urbane		
	INS_S8 Prescrivere standard energetici per l'involucro edilizio		
	INS_S9 Incentivare la ricerca scientifica in materia di		

	adattamento climatico		
Trasporti (TR)	**TR_S1** Creare o potenziare la comunicazione, l'informazione, la formazione e la consapevolezza negli stakeholder nel settore Trasporti	**TR_V1** Mantenimento di aree naturali (zone agricole, umide, laghi)	**TR_G1** Identificazione dei punti della rete stradale a rischio di allagamento e gestione ottimale del sistema fognario di drenaggio delle acque
	TR_S2 Sviluppo di una guida metodologica sugli strumenti di adattamento ai cambiamenti climatici nel settore dei trasporti	**TR_V2** Mantenimento di corridoi e cinture verdi	**TR_G2** Costruzione e manutenzione delle strade, tenendo conto degli effetti dei cambiamenti climatici
	TR_S3 Sviluppare le Tecnologie di informazione e comunicazione	**TR_V3** Integrazione tra infrastrutture verdi e mobilità lenta	**TR_G3** Realizzare opere di intervento e iniziative di adattamento ai cambiamenti climatici per incrementare l'offerta del settore trasporti pubblici
	TR_S4 Promuovere iniziative di adattamento ai cambiamenti climatici in strumenti di pianificazione a scala locale e nazionale		**TR_G4** Incrementare le dotazione infrastrutturali per la mobilità ciclabile e pedonale
	TR_S5 Promuovere e sostenere la mobilità ciclistica e pedonale		
	TR_S6 Promuovere l'efficienza nel trasporto pubblico e privato		
	TR_S7 Incentivare la ricerca scientifica e costituire un comitato scientifico per la mappatura dei rischi		
Energia (EN)	**EN_S1** Creare o potenziare la comunicazione, l'informazione, la formazione e la consapevolezza negli stakeholder nel settore Energia		**EN_G1** Realizzare opere di efficientamento energetico e azioni per la produzione e utilizzo di fonti rinnovabili
	EN_S2 Sviluppo di una guida metodologica sugli strumenti di adattamento ai cambiamenti		**EN_G2** Gestione della domanda di energia per riscaldamento e

	climatici nel settore energetico	raffrescamento attraverso la realizzazione di opere
	EN_S3 Sviluppare sistemi di controllo/Sviluppare le Tecnologie di informazione e comunicazione **EN_S4** Gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento attraverso misure di promozione **EN_S5** Incremento della resilienza del sistema energetico (es. promuovendo le fonti rinnovabili e l'efficienza energetica) **EN_S6** Gestione della trasmissione e della distribuzione di energia elettrica	

2 Inquadramento degli esempi di eccellenza e delle azioni verdi nel nuovo modello di classificazione

In questa sezione si riportano i risultati relativi alla classificazione degli esempi di eccellenza in base al nuovo modello di classificazione per i settori Insediamenti urbani, Trasporti ed Energia. Per ciascun settore, i risultati fanno riferimento alle percentuali di riduzione di emissioni di CO_2, associate agli esempi di eccellenza, distinti per tipologia di misure, tra soft, verdi e grigie.

I risultati ottenuti per il settore Insediamenti urbani sono riportati nella Figura 6 e Figura 7. In questo settore 17 comuni italiani e 24 spagnoli hanno messo in atto gli esempi di eccellenza appartenenti ai settori del PAESC Edifici municipali, Edifici residenziali, Edifici terziari, Industria, Illuminazione pubblica, Produzione locale di elettricità ed Altro.

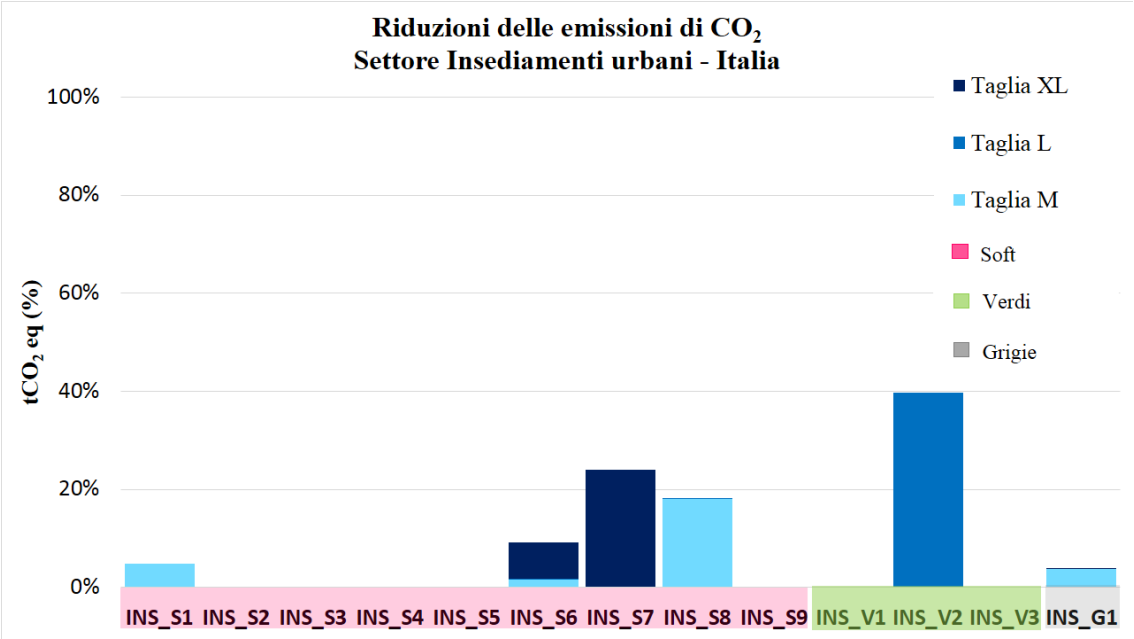

Figura 6: Grafico delle riduzioni di emissioni di CO_2 per le azioni dei comuni italiani nel settore Insediamenti urbani, classificate secondo la taglia dei comuni e la tipologia di azioni (soft, verdi, grigie)

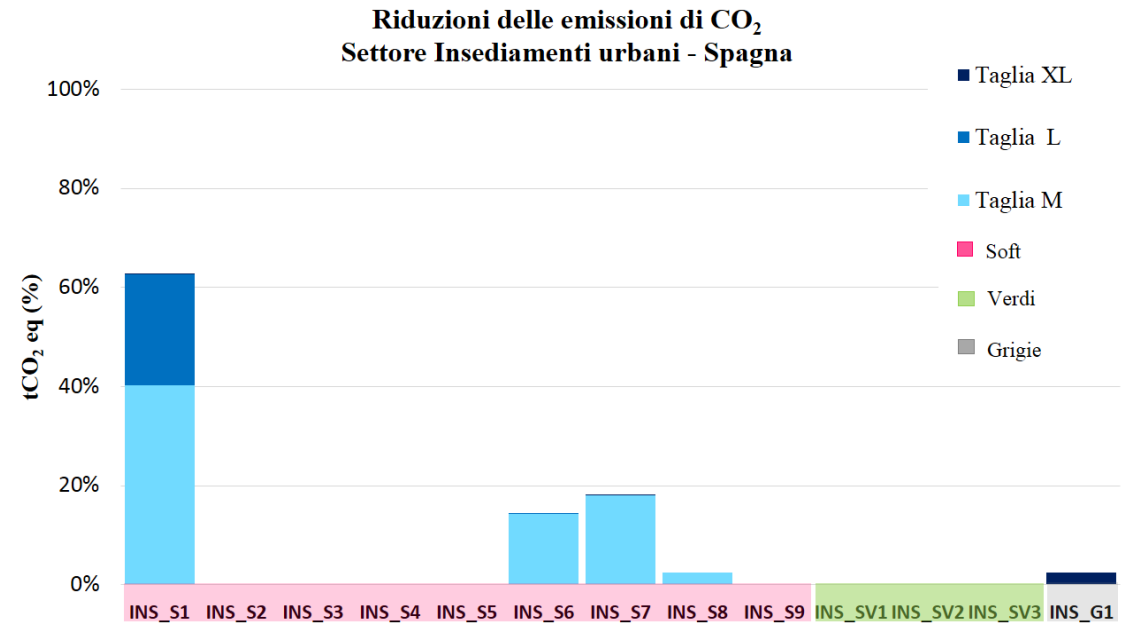

Figura 7: Grafico delle riduzioni di emissioni di CO_2 per le azioni dei comuni spagnoli nel settore Insediamenti urbani, classificate secondo la taglia dei comuni e la tipologia di azioni (soft, verdi, grigie)

Relativamente alla situazione italiana (Figura 6), i comuni stimano una riduzione complessiva delle emissioni di 402.704,994 tCO_2eq. I comuni italiani di taglia M hanno intrapreso azioni di tipo soft e grigie. Per le azioni soft le riduzioni stimate di CO_2 si ripartiscono tra il 5% dato dall'azione INS_S1, azione volta a creare o pontenziare la consapevolezza e la sensibilizzazione nei cittadini e nelle imprese attraverso campagne informative e formative, il 2% dato dall'azione INS_S6, azione di promozione di misure di risparmio energetico nel settore dell'illuminazione pubblica e il 18% per l'azione INS_S8, azione che prevede la prescrizione dell'efficienza energetica degli edifici. Per l'azione grigia INS_G1 viene stimato un 4% di riduzione, tale azione prevede di favorire la sperimentazione di nuovi modelli insediativi capaci di far fronte ai cambiamenti climatici. Per i comuni italiani di taglia L, spicca solo un'azione ed è un'azione verde INS_V2, con un valore stimato di riduzione del 40%; tale azione prevede di realizzare, anche a fini dimostrativi e di sensibilizzazione dei cittadini, interventi sperimentali di adattamento climatico di spazi pubblici in quartieri particolarmente vulnerabili, incrementandone le dotazioni di verde, la permeabilità dei suoli, gli spazi di socialità e le prestazioni idrauliche. I comuni italiani di taglia XL hanno intrapreso azioni di tipo soft e grigie. Per le azioni soft le riduzioni stimate di CO_2 si ripartiscono tra il 7% dell'azione INS_S6 ed il 24% dell'azione INS_S7, azione di promozione, tramite strategie pianificatorie, di misure volte alla sostenibilità ambientale ed energetica delle aree urbane, mentre per le azioni grigie di tipo INS_G1 la percentuale è prossima allo zero. Relativamente alla situazione degli esempi di eccellenza dei comuni spagnoli, classificati nel settore Insediamenti urbani (Figura 7), i comuni stimano una riduzione complessiva delle emissioni di 80.133,8145 tCO_2eq. Sulla base delle stime emerge che i comuni spagnoli di taglia M hanno intrapreso solo azioni di tipo soft, ottenendo per l'azione INS_S1 una stima del 40% di riduzioni, per l'azione INS_S6 il 14%, per l'azione INS_S7 il 18% e per l'azione INS_S8 solo il 2%. Per i comuni spagnoli di taglia L si conta esclusivamente l'azione soft INS_S1, con cui viene stimata una riduzione del 22%, mentre per i comuni spagnoli di taglia XL si conta solo l'azione grigia INS_G1, con cui viene stimata una riduzione del 2%. Nessuna azione verde è presente tra gli esempi di eccellenza della Spagna per il settore Insediamenti urbani.

Complessivamente, confrontando Italia e Spagna, i comuni di taglia M italiani stimano di ridurre maggiormente le emissioni di CO_2 attraverso l'azione INS_S8 che prevede misure di prescrizione, tramite i regolamenti edilizi comunali e progetti di intervento, dell'efficienza energetica degli edifici. Ad esempio il comune italiano di La

Spezia ha intrapreso due azioni del tipo INS_S8: un'azione, appartenente al settore Edifici municipali del PAESC, prevede la realizzazione di interventi per l'efficienza energetica nell'edilizia pubblica, e un'altra azione, appartenente al settore Edifici residenziali del PAESC, prevede interventi integrati sull'edilizia residenziale; entrambe contribuiscono complessivamente per il 18% di riduzioni, con 7.652 tCO_2eq di emissioni ridotte. Per la Spagna, sia per i comuni di taglia M che L, l'azione soft di maggior efficacia è la INS_S1 che prevede di creare o potenziare la comunicazione, l'informazione e la consapevolezza sugli impatti, le vulnerabilità, i rischi e le possibilità di adattamento ai cambiamenti climatici rivolta agli *stakeholder*. Casi esemplari sono il comune spagnolo di taglia M Viladecans che stima di poter ridurre le emissioni di 4.889,01 tCO_2eq attraverso un'azione, appartenente al settore Edifici residenziali del PAESC, che prevede delle campagne e iniziative per riqualificare vecchie case e sviluppare la mappa energetica della città. Altri casi esemplari sono i comuni spagnoli di taglia L come il comune di Hospitalet de Llobregat che stima di ridurre le emissioni di 7.920 tCO_2eq attraverso due azioni, appartenenti al settore Edifici residenziali del PAESC, che prevedono l'attuazione di un Programma contro la povertà energetica per le famiglie vulnerabili e l'istituzione di un Ufficio informativo sulle questioni energetico-climatiche, e il comune di Murcia che stima di ridurre le emissioni di 10.000 tCO_2eq attraverso un'azione, appartenente al settore Altro del PAESC, che prevede delle Campagne di sensibilizzazione sul consumo responsabile dell' energia negli edifici comunali. A differenza della Spagna, che non prevede alcuna azione verde tra gli esempi di eccellenza, il comune italiano di taglia L Firenze presenta un esempio di eccellenza classificato come azione verde INS_V2, inserito nel settore Altro del PAESC. Con questa azione il comune di Firenze intende favorire e incentivare l'incremento del verde urbano attraverso un "*Zero volumes structural plan*", con il quale prevede una pianificazione territoriale a "volume zero", per limitare il consumo di nuovi terreni e migliorare la quantità della rete ecologica esistente. Infine i comuni di taglia XL dell'Italia stimano una riduzione del 24% per le misure INS_S7, misure volte alla sostenibilità ambientale ed energetica delle aree urbane tramite strategie pianificatorie, un caso esemplare è il comune italiano di Torino, il quale propone come esempio di eccellenza, appartenente settore Altro del PAESC, il *"Green Public Procurement"* con cui il comune sottoscrive di utilizzare i criteri ecologici nelle procedure di acquisto di beni e servizi pubblici e con il quale stima una riduzione delle emissioni di 94.373 tCO_2eq. Non sono particolarmente rilevanti invece le riduzioni nel settore Insediamenti urbani per i comuni di taglia XL della Spagna.

I risultati ottenuti per il settore Trasporti sono stati riportati nella Figura 8 e Figura 9. In questo settore 10 comuni italiani e 10 spagnoli hanno messo in atto gli esempi di eccellenza appartenenti ai settori del PAESC Trasporti e Altro.

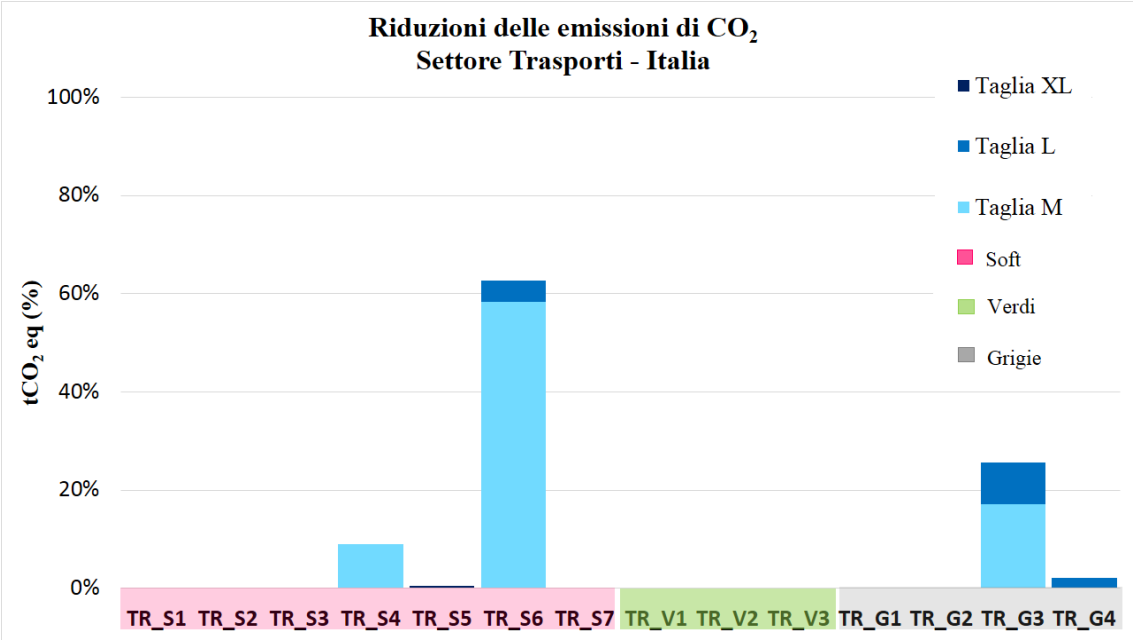

Figura 8: Grafico delle riduzioni di emissioni di CO_2 per le azioni dei comuni italiani nel settore Trasporti, classificate secondo la taglia dei comuni e la tipologia di azioni (soft, verdi, grigie)

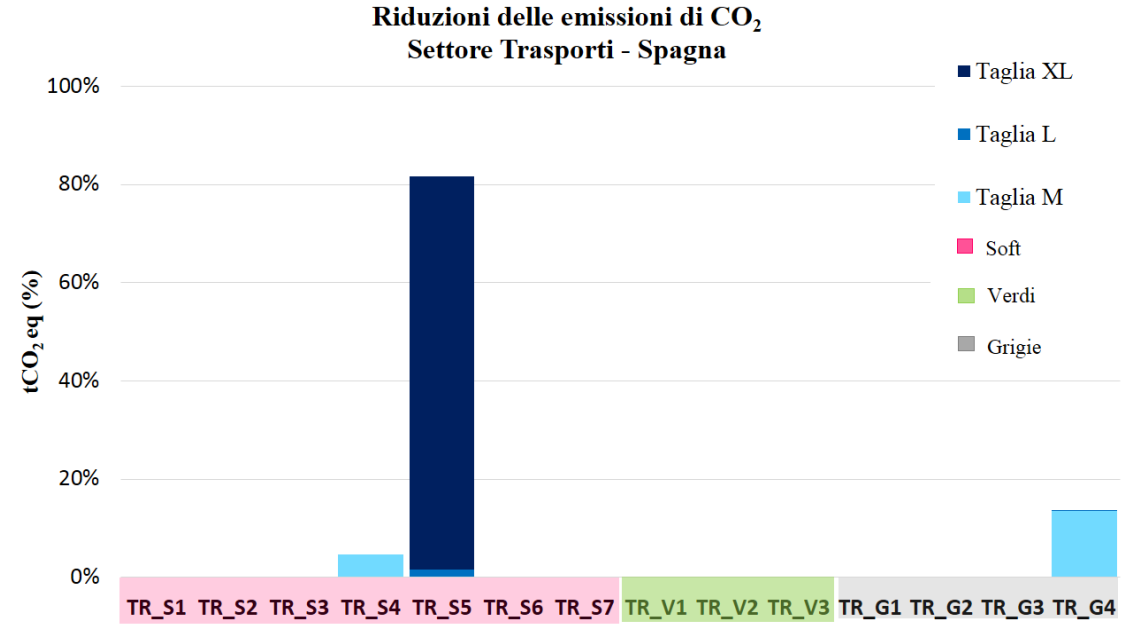

Figura 9: Grafico delle riduzioni di emissioni di CO_2 per le azioni dei comuni spagnoli nel settore Trasporti, classificate secondo la taglia dei comuni e la tipologia di azioni (soft, verdi, grigie)

Relativamente agli esempi di eccellenza dei comuni italiani che, all'interno della nuova classificazione, sono classificati nel settore Trasporti (Figura 8) i comuni stimano una riduzione complessiva delle emissioni di 66.366,6 tCO_2eq. I comuni di taglia M italiani hanno intrapreso azioni soft e grigie. Per le azioni soft si stima una riduzione del 9% per l'azione TR_S4, azione che prevede la promozione di iniziative di adattamento ai cambiamenti climatici in strumenti di pianificazione, e una riduzione del 58% per l'azione TR_S6, azione che promuove l'efficienza nel trasporto pubblico attraverso la pulizia e l'efficienza degli autoveicoli; mentre per le azioni grigie i comuni stimano una riduzione del 17% attraverso l'azione TR_G3, azione che prevede la realizzazione di opere di intervento e iniziative di adattamento ai cambiamenti climatici per incrementare l'offerta del settore trasporti pubblici. I comuni di taglia L italiani agiscono attraverso azioni soft e grigie. Per le azioni soft si stima una riduzione del 4% per l'azione TR_S6, mentre per le azioni grigie si stima una riduzione dell'8% per l'azioneTR_G3 e una riduzione del 2% per l'azione TR_G4, azione che prevede di incrementare le dotazioni infrastrutturali per la mobilità ciclabile e pedonale. Per i comuni di taglia XL dell'Italia si riscontra una minima percentuale di riduzione di emissioni dovuta ad un'azione di tipo soft, l'azione TR_S5, con la quale i comuni promuovono e sostengono la mobilità ciclistica e pedonale, tale azione invece si stima essere molto efficace per i comuni di taglia XL della Spagna. Relativamente agli esempi di eccellenza dei comuni spagnoli, classificati nel settore Trasporti (Figura 9), i comuni stimano una riduzione complessiva delle emissioni di 321.095,51 tCO_2eq e le maggiori riduzioni di CO_2 sono state ottenute dai comuni di taglia XL proprio attraverso l'azione TR_S5, con cui stimano una riduzione dell'80%, mentre riduzioni minori sono state ottenute per i comuni di taglia M attraverso l'azione soft TR_S4 di cui si stima un 5% e l'azione grigia TR_G4 di cui si stima un 14%, mentre per i comuni di taglia L si stima solo un 2% per l'azione TR_S5.

Ciò che emerge dalla classificazione degli esempi di eccellenza dei comuni di Italia e Spagna nel settore Trasporti è che i maggiori risultati in termini di riduzioni di emissioni di CO_2 sono stati ottenuti attraverso le azioni soft piuttosto che le azioni grigie. Per l'Italia i comuni di taglia minore, M ed L, hanno ottenuto maggiori risultati adottando misure soft di adattamento ai cambiamenti climatici attraverso la pianificazione e l'efficienza nel trasporto pubblico e privato (TR_S6). Casi rilevanti sono i comuni italiani di taglia M come La Spezia, il cui esempio di eccellenza prevede il rinnovo ed efficientamento del parco auto privato e con il quale stima una riduzione delle emissioni di 28.000 tCO_2eq, e Treviso che con il suo esempio di eccellenza

prevede di implementare l'efficienza nel trasporto pubblico e privato stimando una riduzione delle emissioni di 10.703 tCO_2eq. I comuni di taglia XL dell'Italia hanno ottenuto scarsi risultati poiché solo un'azione è stata intrapresa nel settore trasporti e da parte di un solo comune, il comune di Torino. Per la Spagna invece i maggiori risultati sono stati raggiunti proprio dai comuni di taglia XL attraverso l'azione di promozione e sostegno della mobilità ciclistica e pedonale (TR_S5), casi esemplari sono i comuni spagnoli di Málaga e di Valencia che insieme raggiungono l'80% di riduzioni. Il comune di Málaga propone come esempio di eccellenza il "*Progetto Zem2all*", progetto per promuovere una "mobilità a zero emissioni" per tutti, con cui stima una riduzione delle emissioni di 212.856 tCO_2eq, mentre il comune di Valencia propone il "*Progetto Valenbisi*" per promuovere la mobilità ciclistica e stima una riduzione delle emissioni di 43.913 tCO_2eq. Sia per l'Italia che per la Spagna non sono presenti azioni verdi tra gli esempi di eccellenza che rientrano nel settore trasporti della nuova classificazione.

I risultati ottenuti per il settore Energia sono stati riportati nella Figura 10 e Figura 11. In questo settore 15 comuni italiani e 19 spagnoli hanno messo in atto gli esempi di eccellenza appartenenti ai settori del PAESC Edifici municipali, Edifici residenziali, Edifici terziari, Illuminazione pubblica, Produzione locale di riscaldamento/raffrescamento, Produzione locale di elettricità ed Altro.

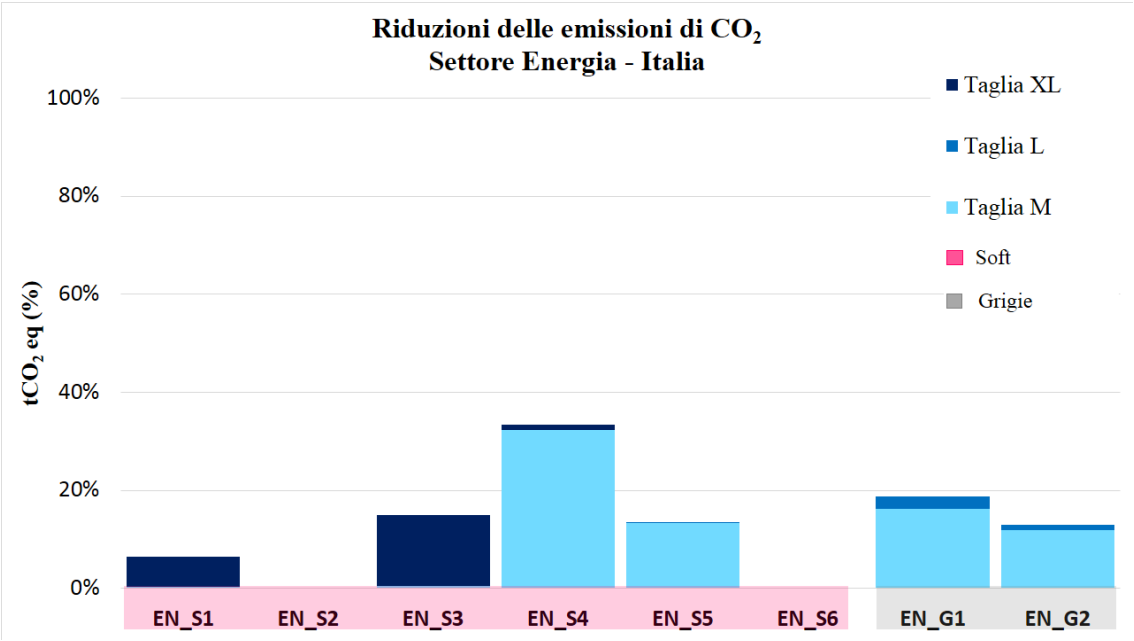

Figura 10: Grafico delle riduzioni di emissioni di CO_2 per le azioni dei comuni italiani nel settore Energia, classificate secondo la taglia dei comuni e la tipologia di azioni (soft, verdi, grigie)

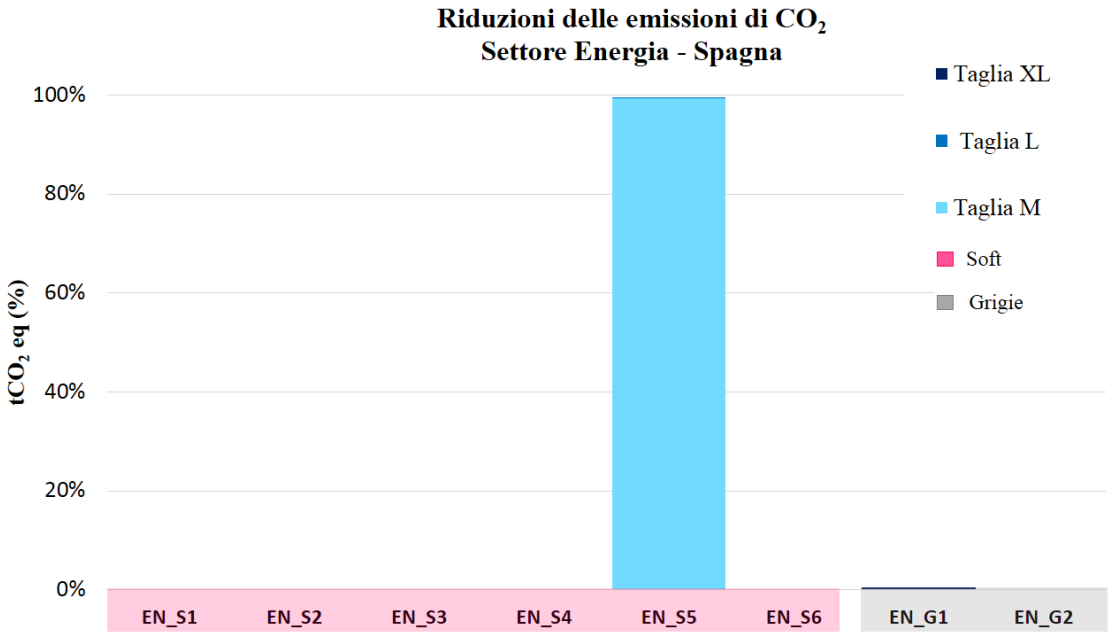

Figura 11: Grafico delle riduzioni di emissioni di CO_2 per le azioni dei comuni spagnoli nel settore Energia, classificate secondo la taglia dei comuni e la tipologia di azioni (soft, verdi, grigie)

Per gli esempi di eccellenza dei comuni italiani che, all'interno della nuova classificazione, sono classificati nel settore Energia (Figura 10), i comuni stimano una riduzione complessiva delle emissioni di 240.433,183 tCO_2eq. Si può notare come per i comuni di taglia M italiani le riduzioni di CO_2 siano riscontrabili sia per azioni soft che grigie. Le riduzioni stimate attraverso le azioni di tipo soft sono un 32% per l'azione EN_S4, azione volta alla gestione della domanda energetica per il riscaldamento ed il raffrescamento per mezzo di azioni di promozione, e un 13% per l'azione EN_S5, azione volta all'incremento della resilienza del sistema energetico. Le riduzioni stimate attraverso le azioni grigie sono un 16% per l'azione EN_G1, con cui i comuni prevedono la realizzazione di opere di efficientamento energetico e azioni per la produzione e utilizzo di fonti rinnovabili, e un 12% per l'azione EN_G2, azione di gestione della domanda energetica per riscaldamento e raffrescamento attraverso la realizzazione di opere di intervento. Per i comuni italiani di taglia L vi sono solo azioni grigie EN_G1 e EN_G2, ma poco efficaci poiché non superano il 3% di tCO_2eq. Per i comuni italiani di taglia XL la situazione è opposta poiché sono presenti solo azioni di tipo soft. I comuni stimano una riduzione del 6% per l'azione EN_S1, azione di potenziamento della comunicazione, dell'informazione, della formazione e della consapevolezza sugli impatti, le vulnerabilità, i rischi e le possibilità di adattamento ai cambiamenti climatici dei cittadini, delle imprese e degli stakeholder nel settore energetico, e una riduzione del 14% per l'azione EN_S3, con cui si prevede di

sviluppare i sistemi di controllo, ad esempio attraverso l'utilizzo di ICT, lo sviluppo delle esistenti reti di monitoraggio, la raccolta dati e i sistemi di scambio di informazioni e solo un 1% per l'azione EN_S4. Per gli esempi di eccellenza dei comuni spagnoli che, all'interno della nuova classificazione, sono classificati nel settore Energia (Figura 11), i comuni stimano una riduzione complessiva delle emissioni di 6.245.866,08 tCO_2eq. Tra gli esempi di eccellenza della Spagna spicca, con il 99% di riduzioni di tCO_2eq, un solo tipo di azione soft dovuta ai comuni di taglia M ed è l'azione EN_S5.

Complessivamente per il settore Energia, mettendo a confronto Italia e Spagna, possiamo notare che l'azione EN_S5 intrapresa dai comuni spagnoli di taglia M, azione presente anche nei comuni italiani, risulta essere la più efficace per la Spagna. Tale azione, che prevede in generale l'incremento della resilienza del sistema energetico, può essere ottenuta attraverso numerosi interventi, in particolare per molti comuni italiani e spagnoli attraverso la promozione dell'efficienza energetica e l'utilizzo di fonti rinnovabili. Ad esempio il comune spagnolo di Santander stima una riduzione delle emissioni di 6.207.802 tCO_2eq, attraverso la firma di un Contratto con una società di servizi energetici per la gestione e la sostituzione di tutti gli apparecchi dell'illuminazione stradale con tecnologia LED, tale esempio di eccellenza appartiene al settore illuminazione pubblica del PAESC. Per l'Italia l'azione più efficace risulta essere la EN_S4, ovvero l'azione volta alla gestione della domanda energetica per il riscaldamento ed il raffrescamento per mezzo di azioni di promozione. Un caso esemplare di comune italiano è Rho, il cui esempio di eccellenza, appartenente al settore Produzione locale di raffrescamento/riscaldamento del PAESC, consiste nell'estensione della rete di teleriscaldamento con cui il comune stima una riduzione delle emissioni di 16.166 tCO_2eq.

Dall'analisi degli esempi di eccellenza dei PAESC è emerso in definitiva che i comuni hanno preferito agire attraverso misure soft piuttosto che grigie e solo un comune attraverso un'azione verde. Le motivazioni possono essere svariate, ma certamente una risposta è che un'azione grigia, come ad esempio la realizzazione di una grande infrastruttura, risulta essere economicamente più impegnativa rispetto ad un'azione soft. Tra gli esempi di eccellenza proposti dai comuni italiani e spagnoli le azioni più frequenti sono le azioni soft che prevedono delle campagne informative, divulgative e di sensibilizzazione rivolte ai cittadini e alle imprese, attraverso le quali i comuni stimano di ridurre maggiormente le emissioni di CO_2. Tali misure promuovono un uso consapevole delle risorse, attraverso il risparmio e l'efficientamento energetico,

ed anche una maggiore conoscenza e consapevolezza dei rischi correlati ai cambiamenti climatici e di come prevenirli o affrontarli, riducendone in tal modo gli effetti negativi.

Inoltre dall'analisi e classificazione degli esempi di eccellenza emerge la carenza di misure verdi, ciò è a conferma del fatto che soltanto di recente la comunità scientifica e i decisori politici hanno riconosciuto il ruolo fondamentale delle NBSs per contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici nelle aree urbane (Nesshöver et al., 2017), nel futuro la tendenza sarà quella di considerare le NBSs all'interno dei piani e molto probabilmente saranno più numerose le azioni verdi annoverate tra gli esempi di eccellenza.

Un focus sulle azioni verdi presenti nei PAESC viene rappresentato in Figura 12 e Figura 13. Del campione d'analisi, sono state classificate in tutto 17 azioni verdi appartenenti a 12 comuni italiani e 9 azioni verdi in 7 comuni spagnoli.

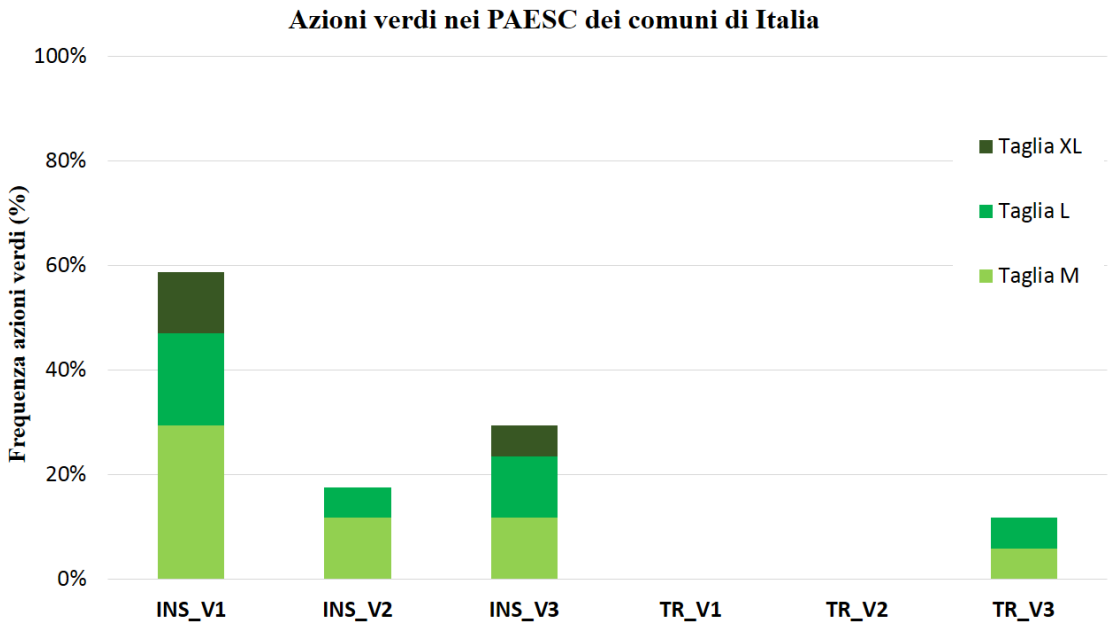

Figura 12: Grafico delle azioni verdi presenti nei PAESC dei comuni italiani

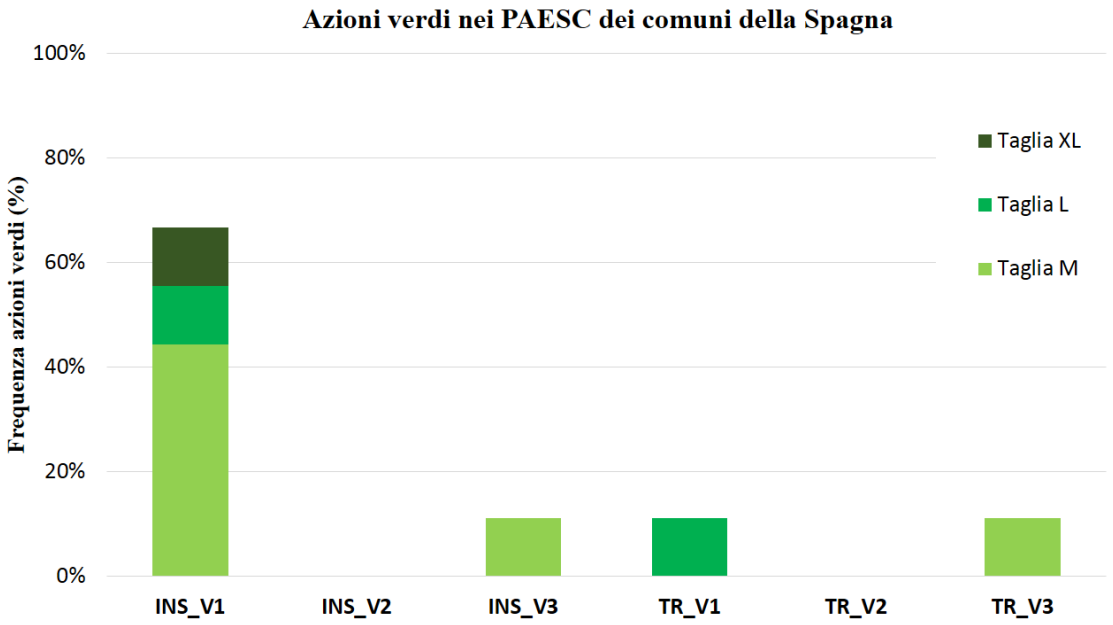

Figura 13: Grafico delle azioni verdi presenti nei PAESC dei comuni spagnoli

La Figura 12 riporta la situazione italiana evidenziando come per tutte e tre le taglie vi sono azioni INS_V1, azioni che prevedono di favorire ed incentivare l'incremento del verde urbano sia pubblico che privato, ed INS_V3, azioni che riguardano il favorire la diffusione degli orti urbani. Per i comuni di taglia M ed L è presente anche l'azione INS_V2, azione che prevede la realizzazione di interventi sperimentali di adattamento climatico di spazi pubblici in quartieri particolarmente vulnerabili incrementandone le dotazioni di verde, e TR_V3, ovvero opere di integrazione tra infrastrutture verdi e mobilità lenta. Relativamente alle azioni verdi presenti nei 7 comuni spagnoli (Figura 13) emerge che i comuni di tutte e tre le taglie hanno intrapreso l'azione INS_V1; per i comuni di taglia M sono presenti anche l'azione verde INS_V3 e TR_V3; per i comuni di taglia L è presente l'azione verde TR_V1, azione che prevede il mantenimento di aree naturali (zone agricole, umide, laghi) dove permettere l'esondazione dei fiumi e l'allagamento dovuto alle piogge intense.

Mettendo a confronto i risultati per l'Italia e la Spagna, emerge che l'azione più frequente è per entrambe la INS_V1, azione di incremento del verde urbano. Esempi di azioni INS_V1 sono il comune spagnolo di Murcia che prevede di aumentare le risorse forestali con aree di miglioramento ambientale, prevedendo, con lo sviluppo di nuovi piani, l'acquisizione mediante la cessione urbana di fattorie tradizionali (Fincas). Murcia rappresenta uno di quei comuni che presenta più azioni verdi, infatti presenta anche un'azione di tipo TR_V1 con cui prevede di conservare l'80% di terreni, non

asfaltati e non edificabili, con colture ad uso agricolo o ornamentale. Un altro esempio di azione INS_V1, applicata al verde privato e non pubblico, è l'azione che riporta il comune italiano di Salerno, il quale prevede interventi per la realizzazione di giardini pensili, pensati come spazi verdi integrati con gli edifici stessi. I giardini pensili, presenti già nelle antiche civiltà, sono pensati come mezzo multifunzionale, agendo sia come misura di adattamento che di mitigazione: per un comfort abitativo andando a migliorare l'isolamento termico e a limitare i carichi termici, soprattutto nei mesi estivi, per gli ultimi piani degli edifici; per contribuire alla conversione della CO_2; per la protezione dagli agenti atmosferici (pioggia, neve, vento, umidità); per il filtraggio delle polveri sottili ed il contenimento idrico; e più in generale come strumento per migliorare la vivibilità dell'ambiente urbano e la qualità architettonica delle città. Il comune italiano di Olbia ha invece adottato un'azione INS_V2 e, partendo dalla valorizzazione delle risorse forestali e del ruolo delle foreste deputate all'assorbimento di CO_2, intende realizzare un *carbon sink* urbano per la compensazione forestale di CO_2. Tale processo di forestazione certificata, che si configura come buona pratica di rinaturalizzazione locale e di neutralizzazione di gas serra, genererà vincoli di maggior tutela forestale (a duratura prevenzione del consumo di suolo) e avvierà percorsi di educazione climatica per i cittadini come azione di adattamento ai cambiamenti climatici. Un altro esempio di comune virtuoso italiano è Bergamo che ha ben tre azioni verdi: un'azione INS_V1, il cui obiettivo è quello di aumentare il patrimonio di aree verdi comunali per migliorare la qualità della vita e lanciare un messaggio forte sulla necessità di contemplare il verde urbano come strumento di contenimento delle emissioni nocive; un'azione INS_V3 che prevede la progettazione di orti urbani nei quartieri circoscrizionali, l'implementazione del patrimonio arboreo in parchi e giardini e la realizzazione di un nuovo bosco in città; ed infine un'azione TR_V3 di potenziamento della rete ciclabile *Short Term* e di potenziamento delle aree e connessioni pedonali attraverso la riqualificazione e connessione ciclopedonale degli spazi verdi del Quartiere Celadina.

In definitiva complessivamente quello che emerge dai risultati ottenuti dalla classificazione delle azioni verdi presenti nei PAESC è che per il settore Insediamenti urbani le azioni verdi più frequenti sono quelle di incremento del verde urbano (foreste, orti urbani, giardini pensili, tetti verdi) e per il settore Trasporti sono quelle rivolte al mantenimento di aree naturali, alle infrastrutture verdi e all'integrazione tra infrastrutture verdi e mobilità lenta. Tutto ciò è indice del fatto che i comuni, anche in base al ruolo multifunzionale che contraddistingue le NBSs, stanno agendo attraverso tali misure per contrastare i cambiamenti climatici. In entrambi i paesi sono assenti

alcune misure verdi, in particolare nei comuni italiani manca l'implementazione di due misure verdi relative al settore Trasporti: l'azione TR_V1 che riguarda il mantenimento di aree naturali (zone agricole, umide, laghi) dove permettere l'esondazione dei fiumi e l'allagamento dovuto alle piogge intense, e l'azione TR_V2 che prevede il mantenimento di corridoi e cinture verdi; mentre per i comuni spagnoli manca l'implementazione dell'azione appartenente al settore Insediamenti urbani INS_V2 che prevede la realizzazione di interventi sperimentali di adattamento climatico di spazi pubblici in quartieri particolarmente vulnerabili incrementandone le dotazioni di verde, la permeabilità dei suoli, gli spazi di socialità, le prestazioni idrauliche, e l'azione appartenente al settore Trasporti TR_V2.

Conclusioni

Sempre più spesso si parla di riscaldamento globale e molti sono i fenomeni meteorologici estremi che fanno discutere sull'argomento (IPCC, 2014b), ciò ha portato col tempo ad un vero e proprio *cambiamento globale*, impossibile da attribuire ad un'unica causa ma, piuttosto, accelerato dall'attività antropica che, nel tentativo di migliorare la qualità della vita nel corso del tempo, ha provocato alterazioni significative a pattern e processi ambientali a diverse scale (Alcamo e Bennett, 2003; Steffen et al., 2004; Costanza et al., 2007; Zaccarelli et al., 2008; Petrosillo et al., 2010).

Poiché le aree urbane sono i luoghi dove più interagiscono le tre principali *driving force* del cambiamento globale quali l'energia, il cambiamento climatico e l'uso del suolo (Pasimeni et al., 2014), esse si trovano ad affrontare gravose sfide climatiche ed energetiche. Alla luce di ciò, le città necessitano di strumenti adatti per poter avere un quadro il più possibile dettagliato sulla situazione energetico-ambientale del proprio territorio. Ad oggi, le autorità locali sono considerate importanti attori delle politiche climatiche ed energetiche (OECD, 2010; Hoornweg et al., 2011; UN-Habitat, 2011), se da un lato le città fanno la loro parte per mitigare i cambiamenti climatici, compresi gli sforzi per risparmiare energia e ricorrendo maggiormente alle fonti rinnovabili (Oteman et al., 2014), dall'altro, avvertendo gli effetti del cambiamento climatico, non hanno avuto altra scelta se non quella di trovare il modo di adattarsi ai rischi (Revi et al., 2014). Nonostante possa sembrare difficile che i comuni possano intraprendere tali politiche, è stata riscontrata di recente la necessità di una *governance* "annidata" a livello locale, che tenga conto della complessità intrinseca tra il cambiamento climatico, l'energia e l'uso del suolo per una pianificazione efficace in termini di energia e clima (Marshall, 2008; Pasimeni et al., 2014). Essa tiene conto di come lo sviluppo e l'attuazione di strategie di adattamento e mitigazione nei processi di pianificazione locale contribuiscano a contrastare le sfide globali dei cambiamenti ambientali. Tutto ciò è basato sul ricollocamento delle azioni di pianificazione relative all'energia ed ai cambiamenti climatici, seguendo il principio del "pensare globalmente, agire localmente" (Pasimeni et al, 2014).

Storicamente, però, a causa di un'ampia varietà di ragioni, gli scienziati e i politici hanno definito mitigazione e adattamento come due diversi approcci per affrontare lo stesso problema e di conseguenza ciò ha portato a grandi differenze nelle conoscenze che ne derivano, negli approcci analitici che vengono utilizzati e nelle strategie politiche

progettate (Biesbroek et al., 2009). Di fatto ad oggi la mitigazione è affrontata da un politica energetica ben strutturata (Pietrapertosa et al., 2018) e allo stesso modo bisognerebbe integrare all'interno della pianificazione energetico-ambientale le politiche di adattamento ai cambiamenti climatici. Per aiutare i governi locali a superare la dicotomia tra mitigazione e adattamento e ad avviare un percorso efficace verso un futuro più resiliente sono nate importanti iniziative e programmi a livello europeo e tra tutte il ruolo principale è dato dall'iniziativa volontaria del *Patto dei Sindaci*, che rappresenta il più importante strumento a livello locale, con cui i Firmatari si impegnano ad adottare un approccio integrato tra la mitigazione e l'adattamento per contrastare i cambiamenti climatici nella pianificazione energetico-ambientale (CoM, 2018). I fattori chiave di successo dell'iniziativa per fronteggiare l'azione climatica ed energetica sono: la *governance* bottom-up, il modello di cooperazione multilivello e di azione guidata dai diversi contesti territoriali (CoM, 2018).

Nel presente lavoro di tesi si è cercato di analizzare i PAESC dei comuni di taglia maggiore di Italia e Spagna, con lo scopo di comprendere come i comuni stanno agendo per contrastare i cambiamenti climatici, ed è stato creato un modello di classificazione delle azioni di adattamento che possa rappresentare una guida per l'integrazione di misure di adattamento nella pianificazione energetico-ambientale locale in sinergia con le azioni di mitigazione. La sinergia può essere definita come l'interazione tra le strategie di adattamento e di mitigazione in modo che il loro effetto combinato sia maggiore della somma dei loro effetti se attuate separatamente (Klein et al., 2007). Le sinergie nella politica climatica vengono create quando le misure che controllano le concentrazioni atmosferiche di gas serra riducono anche gli effetti negativi dei cambiamenti climatici, o viceversa, tali misure apportano dei co-benefici per entrambe le strategie (Kane e Shogren, 2000).

Dalla classificazione degli esempi di eccellenza dei PAESC è emerso che sia i comuni italiani che i comuni spagnoli hanno preferito agire attraverso misure soft piuttosto che grigie ed è presente solo un comune italiano che ha come esempio di eccellenza un'azione verde. In particolare, i comuni di Italia e Spagna hanno stimato di ridurre maggiormente le emissioni di CO_2 nel settore Insediamenti urbani attraverso misure soft di risparmio ed efficientamento energetico nel settore edilizio e nel settore dell'illuminazione pubblica. Per la Spagna inoltre un'azione fondamentale risulta essere la formazione volta a sensibilizzare e ad aumentare la consapevolezza dei cittadini sui cambiamenti climatici. Per il settore Trasporti i comuni italiani stimano ottimi risultati attraverso misure soft di promozione dell'efficienza nel trasporto pubblico e privato,

attraverso la diffusione di autoveicoli più efficienti e "puliti", per la Spagna invece l'azione più efficace è quella di promuovere e sostenere la mobilità ciclistica e pedonale. Per il settore Energia entrambe le nazioni stimano efficaci riduzioni attraverso le misure soft di incremento della resilienza del sistema energetico, ad esempio molti comuni, sia italiani che spagnoli, hanno previsto la fornitura elettrica per gli edifici comunali da fonti energetiche rinnovabili. La carenza di azioni verdi fra gli esempi di eccellenza, viene comunque compensata dalla presenza di azioni verdi all'interno dei PAESC. Dalla classificazione di tali azioni verdi emerge che le misure più frequenti sono, sia per l'Italia che per la Spagna, quelle di incremento del verde urbano (foreste, orti urbani, giardini pensili, tetti verdi) per il settore Insediamenti urbani, e misure di mantenimento di aree naturali, di incremento di infrastrutture verdi e dell'integrazione tra infrastrutture verdi e mobilità lenta per il settore Trasporti.

In definitiva i risultati di tale lavoro evidenziano che nonostante i comuni abbiano agito principalmente con lo scopo di mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici, di fatto tali azioni possono ritenersi coerenti anche con le azioni di adattamento. In particolare:

- *Il miglioramento del rendimento energetico e della resilienza degli edifici* rappresenta un fattore chiave nella mitigazione dei cambiamenti climatici, considerato che gli edifici rappresentano il 40% del consumo energetico in Europa, e allo stesso tempo è un'azione di adattamento considerando che il riscaldamento e il raffreddamento interni stanno diventando delle sfide sempre più ardue perché le città devono adattarsi a temperature sempre più estreme. Inoltre i cambiamenti climatici possono ridurre la domanda di energia per il riscaldamento in alcune aree durante la stagione invernale ma aumentarla per il raffreddamento durante la stagione estiva. Ciò richiede dei sistemi ad alta efficienza energetica che possano garantire il comfort termico senza aumentare le emissioni (CoMO, 2016).
- *Facilitare la mobilità sostenibile* è vantaggioso sia in termini ambientali, per la mitigazione dei cambiamenti climatici, sia in termini sociali, per una migliore qualità dell'aria e una migliore qualità della vita. Dei sistemi di trasporto urbano sostenibili e più resilienti comportano, non solo meno inquinamento, ma maggiore resilienza nell'affrontare i crescenti rischi dei cambiamenti climatici sulle infrastrutture critiche (CoMO, 2016).
- *Rinaturalizzare gli spazi urbani* contribuisce alla mitigazione dei cambiamenti climatici perché le aree verdi funzionano da "depositi di

carbonio", grazie alla loro capacità di assorbire l'anidride carbonica dall'atmosfera. La rinaturalizzazione degli spazi urbani è un fattore chiave anche per l'adattamento poiché aumenta la capacità di assorbimento da parte del terreno in caso di forti piogge e ha un effetto di raffreddamento sull'ambiente urbano (CoMO, 2016).

Le azioni presentate in questo lavoro mostrano come la combinazione delle misure di mitigazione e adattamento possano aiutare le città per una migliore pianificazione energetico-ambientale, quello che in futuro dovranno fare i comuni è affrontare sia l'adattamento che la mitigazione insieme, sforzandosi di trovare dei collegamenti reciproci (Hoppe e Van Bueren, 2015). Sicuramente in futuro, data la difficoltà di tradurre la politica in azioni concrete, al fine di ottenere nuove conoscenze su una *governance* locale, nazionale e internazionale orientata sul clima e sulla sostenibilità, sempre più esperimenti verranno condotti dalle città per testare le *best practice,* provare nuove idee e nuovi metodi, capire come funzionano nella pratica e come possono essere trasferite in nuovi contesti (Brown e Vergragt, 2008; Evans, 2011; Hoffmann, 2011; McFarlane,2011; Castán Broto e Bulkeley, 2013). Il *Patto dei Sindaci*, in primis, rappresenta una collezione di esperimenti sui cambiamenti climatici (Bulkeley e Castán Broto, 2013), producendo delle *best practice* o misure politiche applicabili anche in altri contesti (Croci et al., 2017), ciò potrebbe servire a testare nuovi modelli di *governance* adatti alle realtà odierne, dove le *best decision* sono prese in modo inclusivo e cooperativo (Ballesteros, 2013). Questo approccio consentirà alle città di sfruttare il loro ruolo nella lotta ai cambiamenti climatici sulla base di esperienze pratiche che vanno oltre la dicotomia adattamento / mitigazione (Bulkeley et al., 2014; Rutherford e Coutard, 2014). Tuttavia, difficilmente i governi locali possono da soli attuare tali azioni sinergiche, ma è richiesto il coinvolgimento di tutti gli attori locali: i cittadini, le associazioni e le cooperative cittadine, le organizzazioni non governative (ONG) e le imprese locali, per realizzare queste misure nella pratica (Maes et al., 2013; Hoppe et al., 2014). Inoltre, i risultati di questo lavoro fanno ben sperare sull'incremento dell'utilizzo delle NBSs come mezzo efficace ed economicamente vantaggioso per sviluppare strategie di mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici per città a ridotte emissioni di gas serra e più resilienti (EC, 2015). Ciò che emerge dall'analisi delle azioni verdi dei PAESC è che i comuni sono consapevoli della molteplice funzionalità delle NBSs, che agiscono sia per contrastare i cambiamenti climatici che, allo stesso tempo, migliorare la qualità dell'aria e quindi il benessere collettivo, creare spazi di convivialità ed aumentare in generale la bellezza del patrimonio urbano.

Sfruttare a pieno i cosiddetti benefici correlati (co-benefici) può aiutare a rendere queste misure più popolari (CoMO, 2016). Per tale motivo, talvolta, queste azioni sono accompagnate da percorsi educativi rivolti alla cittadinanza sull'importanza del tutelare, difendere e valorizzare le risorse naturali. Lo sforzo che i comuni dovrebbero fare in futuro è in primo luogo quello di includere tra gli esempi di eccellenza, dopo un'attenta fase di monitoraggio, sempre più azioni verdi ed in secondo luogo, riconosciuta definitivamente l'importanza delle NBSs, creare un settore d'intervento specifico del PAESC, poiché si è visto che molto spesso le azioni verdi sono state inserite dai comuni nel settore Altro del PAESC.

Il presente lavoro ci ha posto anche di fronte a dei limiti, un primo limite è dovuto al fatto che, ad oggi, è ancora difficile per i comuni misurare e confrontare i costi e i benefici delle azioni di adattamento, così come avviene per le azioni di mitigazione. Infatti, se per le misure di mitigazione è possibile determinare e confrontare il rapporto costi-benefici attraverso le emissioni stimate espresse in tCO_2eq ridotte ed i costi di attuazione delle singole azioni (Moomaw et al., 2001, Klein et al., 2005), i benefici dell'adattamento sono più difficili da esprimere con un singolo parametro di misura, impedendo così il confronto tra le misure di adattamento. Un modo per determinare tali benefici potrebbe essere ad esempio quello di considerarli in termini di danno monetario evitato, vite umane salvate, perdite naturali evitate, e così via (Klein et al., 2005; Klein et al., 2007; Stadelmann et al., 2015; Doherty et al., 2016). Un secondo limite è dovuto alle riduzioni delle emissioni di CO_2 prese in considerazione, poiché esse rappresentano delle stime effettuate autonomamente da ciascuno dei comuni analizzati, ed inserite nel database del sito Patto dei Sindaci. Alcune variabili possono influenzare la scelta da parte dei comuni delle strategie da intraprendere, in particolare le città possono scegliere di ottenere le riduzioni delle emissioni previste in base a tre fattori principali: l'abbattimento dei costi, la fattibilità tecnica e l'accettabilità sociale. Nonostante questo, tali fattori non sono presi in considerazione all'interno del processo del *Patto dei Sindaci*. Questi elementi dovrebbero essere ulteriormente studiati e investigati al fine di ottenere un descrizione più completa delle tendenze delle emissioni di CO_2 urbane e dei *driver* che possono esercitarne un'influenza (Croci et al., 2017). Infine un terzo limite del presente lavoro può essere dovuto al fatto che il modello di classificazione creato si basa solo sulle informazioni contenute all'interno dei PAESC e delle SNAC. Di conseguenza, al fine di migliorare il metodo di analisi utilizzato, si dovrebbero implementare le ricerche per integrare quante più informazioni possibili.

Bibliografia

Akbari, H., 2002. Shade trees reduce building energy use and CO2 emissions from power plants. Environmental Pollution, 116, 119–126.

Alcamo, J., 2002. Introduction to special issue on regional air pollution and climate change in Europe. Environmental Science and Policy, 5, 255.

Alcamo, J., Bennett, E.M., 2003. Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment (Millennium Ecosystem Assessment Program). Island Press, Washington, D.C., USA.

Alcamo, J., van Vuuren, D., Ringler, C., Cramer, W., Masui, T., Alder, J., Schulze, K., 2005. Changes in nature′s balance sheet: model-based estimates of future worldwide ecosystem services. Ecology and Society, 10(2), 19. Online: http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss2/art19/.

Alexandri, E., Jones, P., 2008. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. Building and Environment, 43, 480–493.

Anderies, J.M., Janssen, M.A., Ostrom, E., 2004. A framework to analyze the robustness of social–ecological systems from an institutional perspective. Ecology and Society, 9(1), 18. Online: http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss1/art18.

Armson, D., Stringer, P., Ennos, A.R., 2013. The effect of street trees and amenity grass on urban surface water runoff in Manchester, UK. Urban Forestry and Urban Greening, 12, 282–286.

Attwell, K., 2000. Urban land resource and urban planting—case studies from Denmark. Landscape Urban Planning, 52, 145–163.

Bai, X., McAllister, R.R.J., Beaty, R.M., Taylor, B., 2010. Urban policy and governance in a global environment: complex systems, scale mismatches and public participation. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2(3), 129–135.

Ballesteros, P., 2013. The idea of the Covenant. In: Rangone, N., Ziller, J., (Eds.), Policies and Tools for Local Sustainable Development, Editoriale Scientifica, Napoli, IT.

Bennett, E.M., Cramer, W., Begossi, A., Cundill, G., Díaz, S., Egoh, B.N., Geijzendorffer, I.R., Krug, C.B., Lavorel, S., Lazos, E., Lebel, L., Martín-López, B., Meyfroidt, P., Mooney, H.A., Nel, J.L., Pascual, U., Payet, K., Harguindeguy, N.P., Peterson, G.D., Prieur-Richard, A.H., Reyers, B., Roebeling, P., Seppelt, R., Solan, M., Tschakert, P., Tscharntke, T., Turner, B.L., Verburg, P.H., Viglizzo, E.F., White,

P.C.L., Woodward, G., 2015. Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-being: three challenges for designing research for sustainability. Current Opinion in Environmental Sustainability, 14, 76–85.

Berkes, F., 2004. Rethinking community-based conservation. Conservation Biology, 18, 621-630.

Betsill, M., Bulkeley, H., 2006. Cities and the Multilevel Governance of Global Climate Change. Global Governance, 12(2), 141–159.

Betsill, M.M., Bulkeley, H., 2007. Looking back and thinking ahead: a decade of cities and climate change research. Local Environment, 12(5), 447–456.

Biesbroek, G. R., Swart, R. J., Carter, T. R., Cowan, C., Henrichs, T., Mela, H., Rey, D., 2010. Europe adapts to climate change: Comparing National Adaptation Strategies. Global Environmental Change, 20(3), 440–450.

Biesbroek, G.R., Swart, R.J., van der Knaap,W.G.M., 2009. The mitigation-adaptation dichotomy and the role of spatial planning. Habitat International, 33(3), 230–237.

Bilen, K., Ozyurt, O., Bakirci, K., Karsli, S., Erdogan, S., Yilmaz, M., Comaklı, O., 2008. Energy production, consumption, and environmental pollution for sustainable development: a case study in Turkey. Renewable Sustainable Energy Reviews, 12, 1529–1561.

Blumberga, A., Blumberga, D., Bazbauers, G., Zogla, G., Laicane, I., 2014. Sustainable development modelling for the energy sector. Journal of Cleaner Production, 63, 134–142.

Bolund, P., Hunhammar, S., 1999. Ecosystem services in urban areas. Ecological Economics, 29(2), 293–301.

Brown, H.S., Vergragt, P.J., 2008. Bounded socio-technical experiments as agents of systemic change: the case of a zero-energy residential building. Technological Forecasting and Social Change, 75 (1), 107-130.

Bulkeley, H., 2005. Reconfiguring environmental governance: Towards a politics of scales and networks. Political Geography, 24(8), 875–902.

Bulkeley, H., Andonova, L., Backstrand, K., Betsill, M., Compagnon, D., Duffy, R., Hoffmann, M., Kolk, A., Levy, D., Newell, P., Paterson, M., Pattberg, P., VanDeveer, S., 2012. Governing climate change transnationally: assessing the evidence from a database of sixty initiatives. Environment and Planning C, 30, 591–612.

Bulkeley, H., Betsill, M.M., 2005. Rethinking sustainable cities: multilevel governance and the 'urban' politics of climate change. Environmental Politics, 14(1), 42–63.

Bulkeley, H., Betsill, M.M., 2013. Revisiting the urban politics of climate change. Environmental Politics, 22(1), 136–154.

Bulkeley, H., Castán Broto, V., Maassen, A., 2014. Low-carbon Transitions and the Reconfiguration of Urban Infrastructure. Urban Studies, 51(7), 1471-1486.

Buob, S., Stephan, G., 2011. To mitigate or to adapt: How to confront global climate change. European Journal of Political Economy, 27, 1–16.

Caldeira, K., Jain, A.K., Hoffert, M.I., 2003. Climate sensitivity uncertainty and the need for energy without CO2 emission. Science, 299, 2052–2054.

Calfapietra, C., Niinemets, Ü., Peñuelas, J., 2015. Urban Plant Physiology: adaptation mitigation strategies under permanent stress. Trends in Plant Science, 20, 72–75.

Camagni, R., Capello, R., Nijkamp, P., 1998. Towards sustainable city policy: an economy-environment technology nexus. Ecological Economics, 24(1), 103–118.

Carrus, G., Scopelliti, M., Lafortezza, R., Colangelo, G., Ferrini, F., Salbitano, F., Agrimi, M., Portoghesi, L., Semenzato, P., Sanesi, G., 2015. Go greener, feel better? The positive effects of biodiversity on the well-being of individuals visiting urban and peri-urban green areas. Landscape and Urban Planning, 134, 221–228.

Cash, D.W., Moser, S.C., 2000. Linking global and local scales: designing dynamic assessment and management processes. Global Environmental Change, 10, 109–120.

Castán Broto, V., 2017. Urban Governance and the Politics of Climate change. World Development, 93, 1-15.

Castán Broto, V., Bulkeley, H., 2013. A survey of urban climate change experiments in 100 cities. Global Environmental Change, 23(1): 92-102.

Christoforidis, G.C., Chatzisavvas, K.C., Lazarou, S., Parisses, C., 2013. Covenant of mayors initiative-public perception issues and barriers in Greece. Energy Policy, 60, 643–655.

Chung, W.-S., Tohno,S., Shim, S.Y., 2009. Anestimation of energy and GHG emission intensity caused by energy consumption in Korea: an energy IO approach. Applied Energy, 86(10), 1902–1914.

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., Maginnis, S., 2016. Nature-based Solutions to Address Global Societal Challenges. IUCN Commission on Ecosystem Management (CEM) and IUCN World Commission on Protected Areas (WCPA), Switzerland.

Connop, S., Vandergert, P., Eisenberg, B., Collier, M.J., Nash, C., Clough, J., Newport, D., 2016. Renaturing cities using a regionally-focused biodiversity-led

multifunctional benefits approach to urban green infrastructure. Environmental Science and Policy, 62, 1–13.

Cormio, C., Dicorato, M., Minoia, A., Trovato, M., 2003. A regional energy planning methodology including renewable energy sources and environmental constraints. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 7, 99-130.

Corvellec, H., Zapata Campos, M.J., Zapata, P., 2013. Infrastructures, lock-in, and sustainable urban development: the case of waste incineration in the Göteborg Metropolitan Area. Journal of Cleaner Production, 50, 32–39.

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387, 253-260.

Costanza, R., Graumlich, L., Steffen, W., Crumley, C., Dearing, J., Hibbard, K., Leemans, R., Redman, C., Schimel, D., 2007. Sustainability or collapse: what can we learn from integrating the history of humans and the rest of nature?. Ambio, 36(7), 522–527.

Covenant of Mayors for Climate and Energy (CoM), 2018. Flashback: The origins of the Covenant of Mayors. Online: https://www.eumayors.eu/about/covenant-initiative/origins-and-development.html.

Covenant of Mayors for Climate & Energy Office (CoMO), 2016. Sustainable, Climate-Resilient and Vibrant Cities: Good practices from Covenant of Mayors signatories. Online: https://www.eumayors.eu/support/library.html.

Covenant of Mayors for Climate & Energy Office (CoMO), 2017a.The Covenant of Mayors for Climate & Energy in Europe - Key Figures. Online: https://www.eumayors.eu/support/library.html.

Covenant of Mayors for Climate & Energy Office (CoMO), 2017b. Quick Reference Guide Monitoring SECAP implementation. Online: https://www.eumayors.eu/support/library.html.

Croci, E., Lucchitta, B., Janssens-Maenhout, G., Martelli, S., Molteni, T., 2017. Urban CO2mitigation strategies under the Covenant of Mayors: An assessment of 124 European cities. Journal of Cleaner Production, 169, 161-177.

D'Avignon, A., Carloni, F.A., Rovere, E.L.L., Dubeux, C.B.S., 2010. Emission inventory: an urban public policy instrument and benchmark. Energy Policy, 38(9), 4838–4847.

Dale, V.H., Efroymson, R.A., Kline, K.L., 2011. The land use–climate change–energy nexus. Landscape Ecology, 26(6), 755–773.

Dalpé, R., Anderson, F., 1995. National priorities in academic research-strategic research and contracts in renewable energies. Research Policy, 24, 563–581.

Davies, Z.G., Edmondson, J.L., Heinemeyer, A., Leake, J.R., Gaston, K.J., 2011. Mapping an urban ecosystem service: Quantifying above-ground carbon storage at a city-wide scale. J. Applied Ecology, 48, 1125–1134.

De Gregorio Hurtado, S., Olazabal, M., Salvia, M., Pietrapiertosa, F., Olazabal, E., Geneletti, D., D'Alonzo, V., Feliú, E., Di Leo, S. and Reckien, D., 2014. Implications of governance structures on urban climate action: evidence from Italy and Spain. BC3 Working Paper Series 2014-02. Basque Centre for Climate Change (BC3). Bilbao, Spain.

De Gregorio Hurtado, S., Olazabal, M., Salvia, M., Pietrapertosa, F., Olazabal, E., Geneletti, D., D'Alonzo, V., Si Leo, S., Reckien, D., 2015. Understanding how and why cities engage with climate policy. An analysis of local climate action in Spain and Italy. Tema. Journal of Land Use, Mobility and Environment, 8, 23-46.

Derissen, S., Quaas, M.F., Baumgartner, S., 2011. The relationship between resilience and sustainable development of ecological-economic systems. Ecological Economics, 70, 1121–1128.

Diamantini, C., Zanon, B., 2000. Planning the urban sustainable development: the case of the plan for the province of Trento, Italy. Environmental Impact Assessment Review, 20, 299–310.

Doherty, M., Klima, K., Hellmann, J.J., 2016. Climate change in the urban environment: Advancing, measuring and achieving resiliency. Environmental Science and Policy, 66, 310–313.

Ellis, J.B., 2013. Sustainable surface water management and green infrastructure in UK urban catchment planning. Journal of Environmental Planning and Management, 56(1), 24–41.

ESPON, 2011. ESPON climate: climate change and territorial effects on regions and local economies. Final report. Luxembourg: ESPON 2013 Programme.

European Commission (EC), 2007a. An Energy Policy for Europe. COM(2007)1 Final, Brussels.

European Commission (EC), 2007b. Limiting Global Climate Change to 2 C—The Way Ahead for 2020 and Beyond. COM(2007)2 Final, Brussels.

European Commission (EC), 2008. Impact assessment accompanying the package of implementation measures for the EU's objectives on climate change and renewable energy for 2020: Annex to the impact assessment. SEC(2008)85, Brussels.

European Commission (EC), 2010. Europe 2020—A Strategy for Smart, Sustainable and Inclusive Growth. COM(2010)2020, Brussels.

European Commission (EC), 2011. Roadmap for Moving to a Low-Carbon Economy in 2050. COM(2011)112 Final, Brussels.

European Commission (EC), 2013a. Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee and The Committee of The Regions. An EU Strategy on adaptation to climate change. COM(2013)216 Final, Brussels.

European Commission (EC), 2013b. Communication From The Commission to The European Parliament. The Council. The European Economic And Social Committee and The Committee of The Regions. Green Infrastructure (GI) – Enhancing Europe's Natural Capital. COM(2013)0249 Final, Brussels.

European Commission (EC), 2014. A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030. COM(2014)15 Final, Brussels.

European Commission (EC), 2015. Towards an EU Research and Innovation Policy Agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities: Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities. Brussels. Online: https://ec. europa.eu/research/environment/pdf/renaturing/nbs.pdf.

European Commission (EC), 2016a. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of The Regions Next Steps for a Sustainable European future – European Action for Sustainability. COM(2016)0739, Brussels.

European Commission (EC), 2016b. Policy Topics: Nature-Based Solutions. Brussels. Online: https://ec.europa. eu/research/environment/index.cfm?Pg=nbs.

European Environment Agency (EEA), 2013. Report. N. 3/. Adaptation in Europe. Addressing risks and opportunities from climate change in the context of socio-economic developments. Online: https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-in-europe.

European Environment Agency (EEA), 2015a. The European environment — state and outlook 2015: synthesis report. European Environment Agency, Copenhagen. Online: http://www.eea.europa.eu/soer-2015/synthesis/report.

European Environment Agency (EEA), 2015b. Mitigating climate change – 2014 was the hottest year on record. European Environment Agency, Copenhagen. Online: http://www.eea.europa.eu/signals/signals-2015/articles/mitigating-climate-change.

European Environment Agency (EEA), 2015c. AEA Segnali 2015 – Vivere ai tempi del cambiamento climatico. European Environment Agency, Copenhagen. Online: https://www.eea.europa.eu/it/publications/aea-segnali-2015-2013-vivere.

Evans, J.P., 2011. Resilience, Ecology and Adaptation in the Experimental City. Transactions of the Institute of British Geographers, 36(2), 223-237.

Faivre, N., Fritz, M., Freitas, T., de Boissezon, B., Vandewoestijne, S., 2017. Nature-Based Solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges. Environmental Research, 159, 509-518.

Fang, S., Gertner, G.Z., Sun, Z., Anderson, A.A., 2005. The impact of interactions in spatial simulation of the dynamics of urban sprawl. Landscape Urban Planning, 73, 294–306.

Fioretti, R., Palla, A., Lanza, L.G., Principi, P., 2010. Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate. Building and Environment, 45, 1890–1904.

Flynn, K.M., Traver, R.G., 2013. Green infrastructure life cycle assessment: a bioinfiltration case study. Ecological Engineering, 55, 9–22.

Frantzeskaki, N., Kabisch, N., 2016. Setting a knowledge co-production operating space for urban environmental governance Lessons from Rotterdam, Netherlands and Berlin, Germany. Environmental Science and Policy, 62, 1–9.

Gill, S., Handley, J., Ennos, R., Pauleit, S., 2007. Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. Journal of Housing and the Built Environment, 33(1), 115–133.

Gossop, C., 2011. Low carbon cities: an introduction to the special issue. Cities, 28, 495–449.

Grimmond, C.S.B., Roth, M., Oke, T.R., Au, Y.C., Best, M., Betts, R., Carmichael, G., Cleugh, H., Dabberdt, W., Emmanuel, R., Freitas, E., Fortuniak, K., Hanna, S., Klein, P., Kalkstein, L.S., Liu, C.H., Nickson, A., Pearlmutter, D., Sailor, D., Voogt, J., 2010. Climate and more sustainable cities: climate information for improved planning and management of cities (producers/capabilities perspective). Procedia Environmental Sciences, 1, 247–274.

Gunderson, L.H., Holling, C.S., 2002. Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems. Island Press, Washington, DC, USA.

Gupta, J., Grubb, M.J. (Eds.), 2013. Climate Change and European Leadership: A Sustainable Role for Europe? Kluwers Academic Publishers, Netherlands.

Hein, L., van Koppen, K., de Groot, R.S., van Ierland, E.C., 2006. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. Ecological Economics, 57(2), 209–228.

Hernández, F., Gual, M.A., Del Río, P., Caparrós, A., 2004. Energy sustainability, global warming in Spain. Energy Policy, 32(3), 383–394.

Hoffmann, M.J., 2011. Climate Governance at the Crossroads. Experimenting with a Global Response after Kyoto. Oxford University Press, New York, USA.

Holling C. S., 1978. Adaptive environmental assessment and management. John Wiley and Sons, Ltd. Chichester.

Holling, C.S, 2001. Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. Ecosystems, 4, 390–405.

Hoornweg, D., Freire, M., Lee, M.J., Bhada-Tata, P., Yuen, B. (Eds.), 2011. Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda. The World Bank, Washington, DC.

Hoppe, T., Van Bueren, E., 2015. Guest editorial: governing the challenges of climate change and energy transition in cities. Energy Sustainability and Society, 5(1), 19.

Hoppe, T., van den Berg, M.M., Coenen, F.H.J.M., 2014. Reflections on the uptake of climate change policies by local governments: Facing the challenges of mitigation and adaptation. Energy, Sustainability and Society, 4.

ICLEI – Local Governments for Sustainability, 2009. International Local Government GHG Emissions Analysis Protocol (IEAP). Online: http://archive.iclei.org/fileadmin/user_upload/documents/Global/Progams/CCP/Standards/IEAP_October2010_color.pdf.

Ingham, A., Ma, J., Ulph, A., 2006. How do the costs of adaptation affect optimal mitigation when there is uncertainty, irreversibility and learning? Tyndall Center for Climate Change Research. Online: http://tyndall.ac.uk/sites/default/files/wp74.pdf.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001. Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policy Makers. World Meteorological Organisation, Geneva. Online: http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/index.php?Idp=0.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014a. Summary for policymakers. In Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Reportof the Intergovernmental Panel

on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014b. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Geneva, Switzerland, 151 pp.

International Energy Agency (IEA), 2008. World energy outlook. In STEDI MEDIA. Paris. Online: http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebsite/2008-1994/weo2008.pdf.

International Union for Conservation of Nature (IUCN), 2012. The IUCN Programme 2013–2016. IUCN, Gland, p. 30.

Irvine, K.N., Kaplan, S., 2001. Coping with change: the small experiment as a strategic approach to environmental sustainability. Environmental Management, 28, 713–725.

Kabisch, N., Frantzeskaki, N., Pauleit, S., Naumann, S., Davis, M., Artmann, M., Haase, D., Knapp, S., Korn, H., Stadler, J., Zaunberger, K., Bonn, A., 2016. Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. Ecology and Society, 21(2), 39. Online: https://www.ecologyandsociety.org/vol21/iss2/art39/.

Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., Bonn, A., 2017b. Nature-based solutions for societalgoals under climate change in urban areas − synthesis and ways forward. In: Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., Bonn, A. (Eds.), Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas − Linkages Between Science, Policy and Practice. Springer International Publishing.

Kabisch, N., van den Bosch, M., Lafortezza, R., 2017a. The health benefits of nature-based solutions to urbanization challenges for children and the elderly – a systematic review. Environmental Research, 159, 362–373.

Kane, S., Shogren, J.F., 2000: Linking adaptation and mitigation in climate change policy. Climatic Change, 45, 75-102.

Kaźmierczak, A., 2012. Heat and social vulnerability in Greater Manchester: A risk-response case study. EcoCities Project. Manchester, UK.

Keirstead, J., Schulz, N.B., 2010. London and beyond: taking a closer look at urban energy policy. Energy Policy, 38(9), 4870–4879.

Kern, K., Bulkeley, H., 2009. Cities, Europeanization and multi-level governance: governing climate change through transnational municipal Networks. Journal of Common Market Studies, 47(2), 309–332.

Klein, R.J.T., Huq, S., Denton, F., Downing, T.E., Richels, R.G., Robinson, J.B., Toth, F.L., 2007. Inter-relationships between adaptation and mitigation. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,745–777.

Klein, R.J.T., Schipper, E.L.F., Dessai, S., 2005. Integrating mitigation and adaptation into climate and development policy: Three research questions. Environmental Science and Policy, 8, 579–588.

Lafortezza, R., Chen, J., 2016. The provision of ecosystem services in response to global change: evidences and applications. Environmental Research, 147, 576–579.

Lafortezza, R., Chen, J., van den Bosch, C., Randrup, T., 2017. Nature-based solutions for resilient landscapes and cities. Environmental Research (In press).

Landauer, M., Juhola, S., Söderholm, M., 2015. Inter-relationships between adaptation and mitigation: a systematic literature review. Climatic Change, 131, 505–517.

Laukkonen, J., Blanco, P.K., Lenhart, J., Keiner, M., Cavric, B., Kinuthia-Njenga, C., 2009. Combining climate change adaptation and mitigation measures at the local level. Habitat International, 33, 287–292.

Lemos, M.C., Agrawal, A., 2006. Environmental governance. Annual Review of Environment and Resources, 31(1), 297-325.

Levin, S.A., 1992. The problem of pattern and scale in Ecology. Ecology, 73(6), 1943–1967.

Limburg, K.E., O′Neill, R.V., Costanza, R., Farber, S., 2002. Complex systems and valuation. Ecological Economics, 41, 409–420.

Lindenmayer, D., Hobbs, R.J., Montague-Drake, R., Alexandra, J., Bennett, A., Burgman, M., et al., 2008. A checklist for ecological management of landscapes for conservation. Ecology Letters, 11, 78–91.

Lindseth, G., 2004. The cities for climate protection campaign (CCPC) and the framing of local climate policy. Local Environment, 9(4), 325–336.

Liquete, C., Udias, A., Conte, G., Grizzetti, B., Masi, F., 2016. Integrated valuation of a nature-based solution for water pollution control. Highlighting hidden benefits. Ecosystem Services, 22, 392–401.

Lombardi, M., Pazienza, P., Rana, R., 2016. The EU environmental-energy policy for urban areas: The Covenant of Mayors, the ELENA program and the role of ESCos. Energy Policy, 93, 33–40.

Lorek, S., Spangenberg, J.H., 2014. Sustainable consumption within a sustainable economy – beyond green growth and green economies. Journal of Cleaner Production, 63, 33–44.

Lorenzoni, I., Nicholson-Cole, S., Whitmarsh, L., 2007. Barriers perceived to engaging with climate change among the UK public and their policy implications. Global Environmental Change, 17(3–4), 445–459.

Lorenzoni, I., Pidgeon, N.F., 2006. Public views on climate change: European and USA perspectives. Climatic Change, 77(1–2), 73–95.

Madlener, R., Sunak, Y., 2011. Impacts of urbanization on urban structures and energy demand: What can we learn for urban energy planning and urbanization management?. Sustainable Cities and Society, 1(1), 45–53.

Maes H, Driessen P, Runhaar H, Stamatelos J, 2013. Who governs climate adaptation? Getting green roofs for stormwater retention off the ground. Journal of Environmental Planning and Management, 56(6), 802–825.

Maes, J., Jacobs, S., 2017. Nature-based solutions for Europe's sustainable development. Conservation Letters, 10, 121–124.

Maes, J., Liquete, C., Teller, A., Erhard, M., Paracchini, M.L., Barredo, J.I., Grizzetti, B., Cardoso, A., Somma, F., Petersen, J.-E., Meiner, A., Gelabert, E.R., Zal, N., Kristensen, P., Bastrup-Birk, A., Biala, K., Piroddi, C., Egoh, B., Degeorges, P., Fiorina, C., Santos- Martín, F., Naruševičius, V., Verboven, J., Pereira, H.M., Bengtsson, J., Gocheva, K., Marta-Pedroso, C., Snäll, T., Estreguil, C., San-Miguel-Ayanz, J., Pérez-Soba, M., Grêt- Regamey, A., Lillebø, A.I., Malak, D.A., Condé, S., Moen, J., Czúcz, B., Drakou, E.G., Zulian, G., Lavalle, C., 2016. An indicator framework for assessing ecosystem services in support of the EU Biodiversity Strategy to 2020. Ecosystem Services, 17, 14–23.

Marshall, G., 2008. Nesting, subsidiarity, and community-based environmental governance beyond the local level. International Journal of the Commons, 2(1), 75-97.

McGinnis, M.D., Ostrom, E., 2014. Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges. Ecology and Society, 19(2), 30. Online: https://www.ecologyandsociety.org/vol19/iss2/art30/.

McFarlane, C., 2011. The city as a machine for learning. Transactions of the Institute of British Geographers, 36(3), 360-376.

Melica, G., Bertold, P., 2018. Multilevel governance of sustainable energy policies: the role of regions and provinces to support the participation of small local authorities in the Covenant of Mayors. Sustainable Cities and Society (In press).

Millenium Ecosystem Assessment (MEA), 2005. Ecosystems and Human Wellbeing: A Framework for Assessment. Island Press, Washington, DC.

Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (MATTM), 2013. Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. Online: http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/documento_SNAC.pdf.

Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE), 2017. Strategia Energetica Nazionale. Online:http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/Testo-integrale-SEN-2017.pdf.

Mirakyan, A., De Guio, R., 2013. Integrated energy planning in cities and territories: A review of methods and tools. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 289-297.

Mongelli, I., Tassielli, G., Notarnicola, B., 2006. Global warming agreements, international trade and energy/carbon embodiments: an input–output approach to the Italian case. Energy Policy, 34(1), 88–100.

Moomaw,W.R., Moreira, J.R., Blok, K., Greene, D.L., Gregory, K., Jaszay, T., Kashiwagi, T., Levine, M., McFarland, M., Siva Prasad, N., Price, L., Rogner, H.-H., Sims, R., Zhou, F., Zhou, P., 2001. Technological and economic potential of greenhouse gas emission reduction. In: Metz, B., Davidson, O., Swart, R., Pan, J. (Eds.), Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 167–299.

Moser, S.C., 2010. Communicating climate change: history, challenges, process and future directions. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 1(1), 31–53.

Musco, F., 2012. I piani clima, nuovi strumenti per la pianificazione locale: dalla mitigazione all'adattamento. In: Verones, S., Zanon, B. (Eds.), Energia e Pianificazione Urbanistica. Verso una integrazione delle politiche urbane, Franco Angeli, Milano, 58–79.

Nesshöver, C., Assmuth, T., Irvine, K.N., Rusch, G.M., Waylen, K.A., Delbaere, B., Haase, D., Jones-Walters, L., Keune, H., Kovacs, E., Krauze, K., Külvik, M., Rey, F., van Dijk, J., Vistad, O.I., Wilkinson, M.E., Wittmer, H., 2017. The science,

policy and practice of nature-based solutions: an interdisciplinary perspective. Science of the Total Environment, 579, 1215-1227.

Nevens, F., Frantzeskaki, N., Gorissen, L., Loorbach, D., 2013. Urban Transition Labs: cocreating transformative action for sustainable cities. The Journal of Cleaner Production, 50, 111–122.

Oberthür, S., Roche Kelly, C., 2008. EU leadership in international climate policy: achievements and challenges. Internationale Spectator, 43(3), 35–50.

OECD, 2010. Cities and climate change. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) Publishing, Paris.

Oliver-Solà, J., Armero, M., Martinez de Foix, B., Rieradevall, J., 2013. Energy and environmental evaluation of municipal facilities: Case study in the province of Barcelona. Energy Policy, 61, 920–930.

Ostrom, E., 1990. Governing the Commons: the Evolution of Institutions for Collective Action. Cambridge University Press, Cambridge, MA.

Oteman, M., Wiering, M., Helderman, J., 2014. The institutional space of community initiatives for renewable energy: a comparative case study of the Netherlands, Germany and Denmark. Energy Sustainability and Society, 4(1), 11.

Parks, N., 2009. UN update: climate change hitting sooner and stronger. Environmental Science & Technology, 43(22), 8475–8476.

Pasimeni, M.R., Petrosillo, I., Aretano, R., Semeraro, T., De Marco, A., Zaccarelli, N., Zurlini, G., 2014. Scales, strategies and actions for effective energy planning: a review. Energy Policy, 65, 165-174.

Pataki, D.E., Alig, R.J., Fung, A.S., Golubiewski, E., Kennedy, C.A., Al., E., 2006. Urban ecosystems and the North American carbon cycle. Global Change Biology, 12, 1–11.

Pauleit, S., Duhme, F., 2000. Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. Landscape Urban Planning, 52, 1–20.

Pauleit, S., Ennos, R., Golding, Y., 2005. Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change—a study in Merseyside, UK. Landscape Urban Planning, 71, 295–310.

Peterson, G.D., 2002. Contagious disturbance, ecological memory, and the emergence of landscape pattern. Ecosystems, 5, 329–338.

Petrosillo, I., Costanza, R., Aretano, R., Zaccarelli, N., Zurlini, G., 2013. The use of subjective indicators to assess how natural and social capital support residents′quality of life in a small volcanic island. Ecological Indicators, 24, 609–620.

Petrosillo, I., Zaccarelli, N., Zurlini, G., 2010. Multi-scale vulnerability of natural capital in a panarchy of social–ecological landscapes. Ecological Complexity, 7(3), 359–367.

Petrosillo, I., Zurlini,,G., Camposeo, N., Zaccarelli N., 2004. Approccio alla gestione adattativa dei sistemi socio-ecologici basati sul turismo. 14th Meeting of the Italian Society of Ecology, Siena.

Pietrapertosa, F., Khokhlov, V., Salvia, M., Cosmi, C., 2018. Climate change adaptation policies and plans: A survey in 11 South East European countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81, 3041–3050.

Pugh, T.A.M., MacKenzie, A.R., Whyatt, J.D., Hewitt, C.N., 2012. Effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons. Environmental Science & Technology, 46(14), 7692–7699.

Raje, S., Kertesz, R., Maccarone, K., Seltzer, K., Siminari, M., Simms, P., Wood, B., Sansalone, J., 2013. Green infrastructure design for pavement systems subject to rainfall-runoff loadings. Transportation Research Record, 2358, 79–87.

Raymond, C.M., Berry, P., Breil, M., Nita, M.R., Kabisch, N., de Bel, M., Enzi, V., Frantzeskaki, N., Geneletti, D., Cardinaletti, M., Lovinger, L., Basnou, C., Monteiro, A., Robrecht, H., Sgrigna, G., Muhari, L., Calfapietra, C., 2017a. An Impact Evaluation Framework to Support Planning and Evaluation of Nature-based Solutions Projects. Report Prepared by the EKLIPSE Expert Working Group on Nature-based Solutions to Promote Climate Resilience in Urban Areas. Centre for Ecology & Hydrology, Wallington, United Kingdom.

Raymond, C., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., Berry, P., Breil, M., Nita, M., Geneletti, D., Calfapietra, C., 2017b. A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. Environmental Science and Policy, 77, 15-24.

Revi, A., Satterthwaite, D., Aragón-Durand, F., Corfee-Morlot, J., Kiunsi, R. B., Pelling, M., Roberts, D., Solecki, W., Gajjar, S.P., Sverdlik, A., 2014. Towards transformative adaptation in cities: The IPCC's fifth assessment. Environment and Urbanization 26(1), 11–28.

Rizvi, A.R., Baig, S., Verdone, M., 2015. Ecosystems Based Adaptation: Knowledge Gaps in Making an Economic Case for Investing in Nature Based Solutions for Climate Change. Gland, Switzerland: IUCN, 48.

Roberts, D., 2008. Thinking globally, acting locally—institutionalizing climate change at the local government level in Durban, South Africa. Environment and Urbanization, 20(2), 521–537.

Roe, E., Schulman, P., Van Eeten, M., De Bruijne, M., 2005. High-reliability bandwidth management in large technical systems: findings and implications of two case studies. Journal of Public Administration Research and Theory, 15, 263–280.

Rutherford, J., Coutard, O., 2014. Urban Energy Transitions: Places, Processes and Politics of Socio-technical Change. Urban Studies, 51(7), 1353-1377.

Rutherford, J., Jaglin, S., 2015. Introduction to the special issue – Urban energy governance: Local actions, capacities and politics. Energy Policy, 78, 173-178.

Sánchez-Rodríguez, R., 2009. Learning to adapt to climate change in urban areas. A review of recent contributions. Current Opinion in Environmental Sustainability, 1(2), 201–206.

Schaeffer, R., Szklo, A.S., Pereira de Lucena, A.F., Moreira Cesar Borba, B.S., Pupo Nogueira, L.P., Fleming, F.P., Troccoli, A., Harrison, M., Boulahya, M.S., 2012. Energy sector vulnerability to climate change: a review. Energy, 38(1), 1–12.

Schenone, C., Delponte, I., Pittaluga, I., 2015. The preparation of the Sustainable Energy Action Plan as city-level for sustainability: The case of Genoa. Journal of Renewable and Sustainable Energy, 7(3), 1-22.

Seastedt, T.R., Hobbs, R.J., Suding, K.N., 2008. Management of novel ecosystems: are novel approaches required?. Frontiers in Ecology and the Environment, 6, 547–553.

Seto, K.C., Dhakal, S., Bigio, A., Blanco, H., Delgado, G.C., Dewar, D., Huang, L., Inaba, A., Kansal, A., Lwasa, S., McMahon, J.E., Müller, D.B., Murakami, J., Nagendra, H., Ramaswami, A., 2014. Human settlements, infrastructure and spatial planning. In: climate change 2014: mitigation of climate change. In: Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P., Kriemann, B., Savolainen, J., Schlomer, S., von Stechow, C., Zwickel, T., Minx, J.C. (Eds.), Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 923-1000. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Online: http://www.ipcc.ch/pdf/ assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter12.pdf.

Shearer, A.W., Mouat, D.A., Bassett, S.D., Binford, M.W., Johnson, C.W., Saarinen, J.A., 2006. Examining development-related uncertainties for environmental

management: strategic planning scenarios in Southern California. Landscape Urban Planning, 77, 359–381.

Shrestha, R.M., Marpaung, C.O.P., 2002. Supply- and demand-side effects of power sector planning with CO2 mitigation constraints in a developing country. Energy, 27(3), 271–286.

Smit, B., Burton, I., Klein, R.J.T., Wandel, J., 2000. An anatomy of adaptation to climate change and variability. Climatic Change, 45(1), 223–251.

Smit, B., Wandel, J., 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. Global Environmental Change, 16(3), 282–292.

Stadelmann, M., Michaelowa, A., Butzengeiger-Geyer, S., Köhler, M., 2015. Universal Metrics to Compare the Effectiveness of Climate Change Adaptation Projects. In: Leal Filho W. (Eds), Handbook of Climate Change Adaptation. Springer, Berlin, Heidelberg, 2143–2160.

Steffen,W., Sanderson, R.A., Tyson, P.D., Jäger, J., Matson, P.A., Moore III, B., Oldfield, F., Richardson, K., Schellnhuber, H.-J., Turner, B.L.,Wasson, R.J., 2004. Global Change and the Earth System: A Planet under Pressure, first ed. Springer-Verlag, Heidelberg.

Stenlund Nilsson, J., Martensson, A., 2003. Municipal energy-planning and development of local energy-systems. Applied Energy, 179-187.

Suding, K.N., Gross, K.L., Houseman, G.R., 2004. Alternative states and positive feedbacks in restoration ecology. Trends in Ecology & Evolution, 19, 46–53.

UN-Habitat, 2011. Cities and Climate Change: Global Report on Human Settlements 2011. Earthscan, London.

UN-Habitat, 2012. Climate Change; Online: http://unhabitat.org/urban-themes/climate-change/.

United Nations (UN), 1997. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Online: http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kp eng.pdf.

United Nations (UN), 2013. Integrating Nature-based Solutions Into Urban Planning Can Also Help Us Build Better Water Futures for Cities, Where Water Stresses May Be Especially Acute Given the Rapid Pace of Urbanization. Secretary-General Says in Message for Day of Biodiversity. Press Release – Dept. of UN Secretary General, NY.

Uzun, A., 2002. National patterns of research output and priorities in renewable energy. Energy Policy, 30, 131–136.

Van Vuuren, D.P., Isaac, M., Kundzewicz, Z.W., Arnell, N., Barker, T., Criqui, P., Berkhout, F., Hilderink, H., Hinkel, J., Hof, A., Kitous, A., Kram, T., Mechler, R., Scrieciu, S., 2011. The use of scenarios as the basis for combined assessment of climate change mitigation and adaptation. Global Environmental Change, 21, 575–591.

Walker, B., C. S. Holling, S. R. Carpenter, and A. Kinzig. 2004. Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. Ecology and Society, 9(2), 5. Online: http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/.

Walters C., 1997. Challenges in adaptive management of riparian and coastal ecosystems. Conservation Ecology, 11(2), 1. Online: www.consecol.org/vol1/iss2/art1.

Wang, Y., Bakker, F., de Groot, R., Wortche, H., Leemans, R., 2015. Effects of urban trees on local outdoor microclimate: synthesizing field measurements by numerical modelling. Urban Ecosystystems, 18(4), 1305–1331.

Westgate, M.J., Likens, G.E., Lindenmayer, D.B., 2013. Adaptive management of biological systems: a review. Biological Conservation, 158, 128–139.

Wilbanks, J., Kates, R.W., 1999. Global changes in local places: How scale matters. Climatic Change, 43, 601–628.

Wilbanks, T.J., Bhatt, V., Bilello, D.E., Bull, S.R., Ekmann, J., Horak, W.C., Huang, Y.J., Levine, M.D., Sale, M.J., Schmalzer, D.K., Scott, M.J., 2007. Introduction in Effects of Climate Change on Energy Production and use in the United States. Department of Energy. Office of Biological & Environmental Research, Washington, DC. Online: http://www.climatescience.gov/Library/sap/sap4-5/final-report/sap4-5-final-all. pdf.

Wolfram, M., Frantzeskaki, N., 2016. Cities and systemic change for sustainability: prevailing epistemologies and an emerging research agenda. Sustainability, 8(2), 144.

Young, R., Zanders, J., Lieberknecht, K., Fassman-Beck, E., 2014. A comprehensive typology for mainstreaming urban green infrastructure. Journal of Hydrology, 519, 2571–2583.

Zaccarelli, N., Petrosillo, I., Zurlini, G., Riitters, K.H., 2008. Source/sink patterns of disturbance and cross-scale mismatches in a panarchy of social–ecological landscapes. Ecology and Society, 13(1), 26. Online: http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art26/.

Zinzi, M., Agnoli, S., 2011. Cool and green roofs. An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean region. Energy and Buildings, 55, 66–76.

Zurlini, G., Petrosillo, I., Jones, K.B., Bai-Lian, L., Riitters, K.H., Medagli, P., Marchiori, S., Zaccarelli, N., 2013. Towards the planning and design of disturbance patterns across scales to counter biological invasions. Journal of Environmental Management, 128, 192–203.