



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



RAPPORTO

Verso la neutralità climatica delle Green City

Approcci, indirizzi, strategie, azioni



Presentato in occasione degli Stati Generali della Green Economy - 26 ottobre 2021 - Ecomondo

Approcci, indirizzi, strategie, azioni

Gruppo di Ricerca

Sapienza, Università di Roma

Dipartimento Planning, Design, Technology of Architecture

Responsabile scientifico: Prof. Arch. Ph.D. Fabrizio Tucci

Gruppo di lavoro: Arch. Ph.D. Paola Altamura, Arch. Ph.D. Valeria Cecafosso,
Arch. Ph.D. Gaia Turchetti

Collaboratori: Arch. Marco Giampaolotti, Arch. Federica Nava, Arch. Maria Michela Pani,
Arch. Giada Romano, Arch. Violetta Tulelli, Arch. Caterina Dalsasso, Arch. Lidia Giannini,
Arch. Ilaria Fabiani, Arch. Giulia Trifoglio, Arch. Micol Vadalà

Il presente report è il prodotto di due ricerche svolte in continuità nell'ambito della Sapienza Università di Roma, Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura:

Ricerca P.R.I.N. (Progetto di Rilevante Interesse Nazionale): *TECH-START - Key Enabling Technologies and Smart Environment in the Age of Green Economy. Convergent Innovations in the Open Space/Building System for Climate Mitigation* (2019-2021), con specifico riferimento al contributo della U.O. Sapienza Università di Roma, Responsabile Scientifico Prof. Fabrizio Tucci

Ricerca di Ateneo: *Climate-Pandemic-Proof Design: strategie, misure, sistemi tecnologici per la mitigazione climatica e la neutralità carbonica post-Covid* (2021), Responsabile Scientifico Prof. Fabrizio Tucci

Indice

1. INQUADRAMENTO E APPROCCIO: QUADRO DI RIFERIMENTO DELLE PROBLEMATICHE E DELLE SFIDE DI MITIGAZIONE E DI NEUTRALITÀ CLIMATICA NEL FUTURO DELLE GREEN CITY

- 1.1. Introduzione sulla neutralità climatica: dati e rischi
- 1.2. I nuovi scenari del cambiamento e le nuove sfide da affrontare a livello urbano
- 1.3. Verso la definizione di assi strategici di mitigazione climatica a livello urbano

References

2. OPPORTUNITÀ, INDIRIZZI, STRATEGIE DI MITIGAZIONE CLIMATICA ATTRAVERSO LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI NELLE CITTÀ AL 2030, VERSO LA NEUTRALITÀ CLIMATICA AL 2050

- 2.1. Opportunità di mitigazione del cambiamento climatico al 2030 e al 2050: il ruolo delle *green city*
- 2.2. La Missione “100 Climate-neutral cities by 2030 - by and for the citizens” della Commissione Europea
- 2.3. Gli indirizzi di riduzione dei GhG nelle città in Italia
- 2.4. Indirizzi per il raggiungimento della neutralità climatica delle città: tre *focus* per declinare le strategie sul piano dell’ambiente costruito
 - 2.4.1. La *deep energy renovation* degli edifici esistenti
 - 2.4.2. Gli standard *net-zero energy* e *positive energy* a livello di *building* e *district*
 - 2.4.3. L’attivazione dello *smart environment* in ambito urbano
- 2.5. Quadro degli assi strategici per la riduzione delle emissioni climalteranti nelle città
 - 2.5.1. L’asse della *Energy transition*
 - 2.5.2. L’asse della *Bio-climate responsiveness*
 - 2.5.3. L’asse della *Functional mixitè and proximity*
 - 2.5.4. L’asse della *Resources circularity and self-sufficiency*
 - 2.5.5. L’asse della *Sustainable mobility*
 - 2.5.6. L’asse dello *Urban greening, 'green' CO₂ subtraction, 'gray' CO₂ subtraction and storage*

References

3. AZIONI STRATEGICHE PER ZERO EMISSION, POSITIVE ENERGY E CARBON-NEUTRALITY NELLE CITTÀ AL 2030/2050

- 3.1. Azioni strategiche di *Energy transition*
- 3.2. Azioni strategiche di *Bio-climate responsiveness*
- 3.3. Azioni strategiche di *Functional mixitè and proximity*
- 3.4. Azioni strategiche di *Resources circularity and self-sufficiency*
 - 3.4.1. *Resources circularity* e suolo
 - 3.4.2. *Resources circularity* e prodotti alimentari
 - 3.4.3. *Resources circularity*, acqua ed energia

3.4.4. *Resources circularity*, rigenerazione e riconversione degli edifici e dei distretti

3.4.5. *Resources circularity* e materiali da costruzione

3.4.6. *Resources circularity* e gestione dei rifiuti e degli scarti

3.5. Azioni strategiche di *Sustainable mobility*

3.6. Azioni strategiche di *Green and Gray CO2 subtraction and storage solutions*

References

1. Inquadramento e approccio: quadro di riferimento delle problematiche e delle sfide di neutralità climatica nel futuro delle Green City

1.1. Introduzione sulla neutralità climatica: dati e rischi

Con il concetto di 'neutralità climatica' si vuole rappresentare uno stato in cui le attività umane non producono alcun effetto netto sul sistema climatico. Raggiungere tale stato richiede la prevenzione e riduzione mirata delle emissioni di gas serra (GHG) in tutti i settori fino a un livello di emissioni nette pari a zero entro un limite temporale fissato per il contenimento del riscaldamento globale entro la soglia di 1,5°C. (IPCC, 2018b; ICLEI 2020b). Il primo indicatore è quello relativo alle emissioni globali di diossido di carbonio, poiché circa il 70% delle emissioni antropogeniche di GHG è riconducibile a emissione di CO₂ da combustione fossile (UNEP, 2018). Pertanto al termine di neutralità climatica si affianca quello di 'neutralità carbonica', ovvero il bilanciamento tra le emissioni residue e le attività di rimozione delle emissioni specifiche di anidride carbonica dall'atmosfera, definito " CO₂ Net-Zero emissions" (IPCC, 2018b), concetto che viene esteso generalmente anche ad altri gas serra (GHG) misurati in termini di equivalenza di anidride carbonica.

Nel 2015 le 196 parti firmatarie dell'accordo di Parigi hanno individuato come obiettivo unitario il mantenimento dell'aumento della temperatura media mondiale ben al di sotto di 2 °C rispetto ai livelli preindustriali e il proseguimento degli sforzi volti a limitare tale aumento a 1,5 °C rispetto ai suddetti livelli. Ciò però si scontra con i dati registrati. In base alle informazioni più recenti rese disponibili nell'ultimo rapporto "*Climate Change Performance Index*" (CCPI) (Burck, et al, 2021) e alle rielaborazioni storiche dell'ultimo quinquennio (CeSPI, 2019; Crippa et al. 2019), le emissioni globali di CO₂ derivanti dai processi di combustione fossile hanno raggiunto un totale di 37,9 gigatonnellate (Gt) di CO₂, pari ad un aumento nel 2018 dell'1,9% rispetto all'anno precedente, di cui un 67,5% della CO₂ fossile totale prodotto da Cina (+ 1,5%), Stati Uniti (+ 2,9%), India (+ 7,2%), Russia (+ 3,5%), UE-28 e Giappone. Solo questi ultimi 2 paesi hanno fatto registrare un dato in calo intorno all'-1,5%.

È quindi necessario definire una strategia mondiale più aggressiva che sarà oggetto di discussione durante la prossima COP26, la Conferenza delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, un momento cruciale per impegnarsi verso obiettivi nazionali più incisivi e concordare regole per il *carbon trading*, accelerando gli investimenti per una transizione verso un'economia globale a basse emissioni di carbonio. Uno sforzo analogo sarà centrale anche nella Conferenza delle Nazioni Unite sulla biodiversità COP15- che si terrà in Cina a fine 2021- e nella Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta alla desertificazione COP15 - riprogrammata tra Maggio e ottobre 2022- in cui si dovranno aumentare le ambizioni per la protezione delle specie e la gestione sostenibile del territorio. La mancata azione porterebbe inevitabilmente a impatti fisici catastrofici e gravi danni economici che richiederebbero risposte politiche estremamente costose. (WEF 2021). Questi impegni sottolineano il ruolo importante che non solo i governi nazionali ma soprattutto i governi subnazionali, le città e gli attori non statali giocano per la lotta ai cambiamenti climatici. (UNHABITAT, 2020)

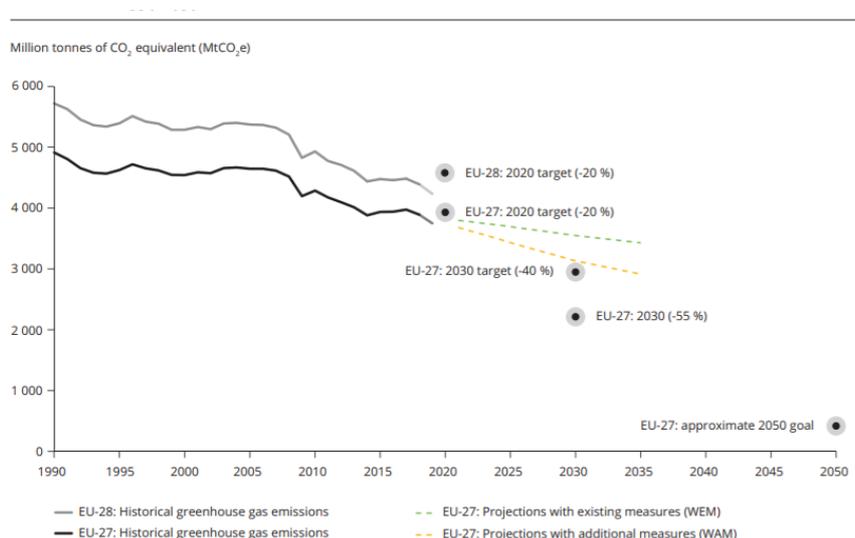
In tale direzione, secondo il rapporto “*Net-zero Europe. Decarbonization pathways and socioeconomic implications*” elaborato dalla Società McKinsey (D’Aprile et al 2020), il piano messo in atto dalla Commissione europea, il Green Deal, rappresenta uno dei più ambiziosi al mondo per contrastare il cambiamento climatico, “[...] per una governance dell’Unione dell’energia e dell’azione per il clima affidabile, inclusiva, efficace sotto il profilo dei costi, trasparente e prevedibile [...]” (UE, Regolamento 2018/1999). Dall’adesione agli emendamenti di Doha, apportanti al Protocollo di Kyoto in occasione della conferenza ONU sui cambiamenti climatici nel dicembre 2012, alla firma dell’accordo globale adottato alla conferenza di Parigi sul clima (COP21) nel dicembre 2015, l’UE si è posta in prima fila nella lotta ai cambiamenti climatici, fissando, anche con specifici contributi determinati a livello nazionale (i cosiddetti NDCs Nationally Determined Contribution previsti dall’articolo 4, paragrafo 2 dell’Accordo di Parigi), obiettivi sempre più stringenti per limitare il riscaldamento globale e puntare a rafforzare la capacità dei paesi di affrontare gli impatti dei cambiamenti climatici e sostenerli nei loro sforzi. Sebbene le emissioni nel territorio europeo rappresentano solo il 7% del totale emissioni di gas serra (GHG), il raggiungimento della neutralità climatica dell’UE sarebbe un grande sfida per l’impatto sul clima globale, il cui successo potrebbe servire come *best practice* per altre regioni, per incoraggiare altri paesi a intraprendere azioni più audaci e avviare il circolo virtuoso della crescita, adozione e riduzione dei costi di tecnologie low-carbon.

Lo sforzo di ridurre progressivamente le emissioni di gas a effetto serra entro il 2050, sottolineato anche nella “*Visione Strategica a lungo termine*” (COM, 2018) presentata nel novembre del 2018 e adottata dal Consiglio dell’Unione Europea 5 marzo 2020, fa del continente il più importante campo di sperimentazione per uno sviluppo non solo economico ma sociale, culturale e –ovviamente- ambientale che sia competitivo e collaborativo, in linea con gli obiettivi e definiti dall’Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile volti a “integrare le misure di cambiamento climatico nelle politiche, strategie e pianificazione nazionali” (sotto-obiettivo 13.2 dell’Agenda 2030) (UN, 2015). Come si legge nel comunicato del Consiglio dell’Unione europea del 18 dicembre 2020 (EC, 2020c) l’UE, nel proprio NDC (Nationally Determined Contribution) trasmesso all’UNFCCC, fissa definitivamente l’obiettivo, aggiornato e rafforzato, di ridurre almeno del 55% le emissioni di gas a effetto serra entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990, integrando l’azione per il clima nelle politiche e nei programmi finanziati nell’ambito del QFP (Quadro finanziario pluriennale) e della Next Generation EU (IPCC, 2018a; ICLEI 2020b). Ciò nell’ambito dei traguardi, già individuati dalla comunicazione della Commissione Europea “Energia pulita per tutti gli europei” (COM, 2016), di trasformazione del sistema energetico europeo agendo su cinque dimensioni: sicurezza energetica; mercato interno dell’energia; efficienza energetica; decarbonizzazione; ricerca, innovazione e competitività.

La valutazione d’impatto della Commissione europea presenta diversi scenari su come possa essere raggiunto dall’UE-27 questo obiettivo di zero emissioni nette di gas a effetto serra nel 2050 (EC, 2020b), prevedendo una serie di azioni in tutti i settori dell’economia e l’avvio di revisioni dei principali strumenti legislativi. Una serie dettagliata di proposte legislative sarà pubblicata entro giugno 2021. (EEA, 2020a; EEA, 2020b; EEA, 2019). Tra queste, rientra l’approvazione -vista la proposta e successiva modifica della Commissione al Parlamento europeo e al Consiglio (COM, 2020b; COM, 2020a)- dell’Accordo sulla neutralità climatica entro il 2050 con il testo di Risoluzione legislativa del Parlamento europeo del 24 giugno 2021 (UE, 2021) che istituisce il quadro per il conseguimento della neutralità climatica e che modifica il Regolamento (UE) 2018/1999 (Legge

europea sul clima). Riprendendo quanto elaborato dal gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico (IPCC), nella sua relazione speciale del 2018 sugli effetti del riscaldamento globale di 1,5°C rispetto ai livelli preindustriali (IPCC, 2018a), la Risoluzione rimarca la necessità di una maggiore ambizione e un'intensificazione dell'azione per il clima da parte dell'Unione e degli Stati membri, ponendosi obiettivi stabili di trasformazione per “raggiungere in modo giusto, equilibrato dal punto di vista sociale, equo e in modo efficiente in termini di costi l'obiettivo a lungo termine relativo alla temperatura di cui all'accordo di Parigi”, e “dissociare” la crescita economica dall’uso delle risorse e dalle emissioni climalteranti. (UE, 2021).

Volendo fornire un quadro generale della situazione europea attuale, si registra come, negli ultimi anni, le tendenze hanno effettivamente indicato un percorso costante verso il raggiungimento delle riduzioni delle emissioni climalteranti, con riduzioni nell'UE-28 del 23% al di sotto dei livelli del 1990 -per un totale di 4392 milioni di tonnellate (Mt) di biossido di carbonio equivalente (CO₂e) nel 2018 e del 26% nel 2019 (24% nell'UE-27 solo nel 2019)-, sebbene siano ancora lontani dai target fissati per il 2030 e 2050. (EEA, 2020a; EEA, 2020b).



Gli obiettivi di emissione di gas a effetto serra, le tendenze e le proiezioni MMR degli Stati membri dell'UE (UE-28 e dopo il 2019 UE-27)., Fonte: EEA (2020a).

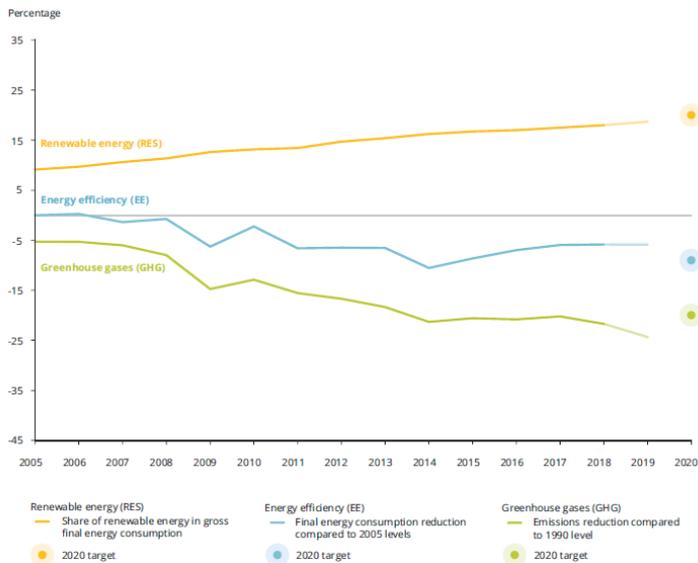
Nonostante infatti riduzioni ragionevolmente costanti, anche per l'Europa come per il resto del mondo, le attività umane hanno ormai esaurito quasi tutto il *global carbon budget* (ovvero il bilancio tra le emissioni antropogeniche di anidride carbonica e la loro redistribuzione tra l'atmosfera, gli oceani e la biosfera terrestre), a fronte di piani d'azione nazionali per il clima (NDC) che molti studi definiscono come non abbastanza ambiziosi da limitare il riscaldamento globale a 1,5 gradi Celsius. (EEA, 2020a; ICLEI, 2018a; IPCC, 2018a). Il ritmo con cui questi obiettivi sono stati raggiunti resta quindi indubbiamente troppo basso e non sufficiente a raggiungere l'obiettivo 2030 di una riduzione del 40%, per non parlare di livelli di riduzione più ambiziosi fissati per il 2050. Anche prevedendo il raggiungimento di uno scenario di riscaldamento di 1,5 gradi, gli impatti previsti sarebbero poi comunque significativi: fino al 15% della popolazione mondiale potrebbe essere esposta a forti ondate di calore almeno una volta ogni cinque anni e fino a 69 milioni di persone sarebbero soggette a inondazioni. In uno scenario con un + 2 gradi è poi possibile aspettarsi che gli episodi di caldo estremo siano più di 2,5 volte più frequenti e il livello del mare aumenti di oltre mezzo metro. (ICLEI 2018a; IPCC, 2018a; Dosio et al 2018; Levin, 2018; OECD, 2015). È pur vero che

la condizione pandemica di Covid-19 sta facendo registrare importanti implicazioni in termini di raggiungimento degli obiettivi, sebbene non ancora pienamente quantificabili.

Cinque i settori che sul territorio dell'UE emettono la maggior parte dei gas serra e sui quali potenziare le azioni (D'Aprile et al., 2020): il settore dei trasporti con emissioni pari al 28%, il settore dell'industria con il 26%, il settore dell'energia con il 23%, il settore dell'edilizia con il 13% e il settore dell'agricoltura con il restante 13%. In tutti i settori, la più grande fonte di GHG, pari all'80% delle emissioni totali, è la combustione di combustibili fossili. Secondo il rapporto della Società McKinsey, però, il traguardo definito dall'UE è tecnicamente raggiungibile e comporterebbe ampi vantaggi economici, tra cui la crescita del Pil, la riduzione del costo della vita e la creazione di posti di lavoro, ma servono sforzi significativi in tutte e 5 i campi analizzati, iniziando dal settore energetico che sarà quello in cui il processo di decarbonizzazione avverrà in modo più rapido in base alle previsioni, seguito dal settore dei trasporti, che si avvicinerà alla neutralità climatica entro il 2045, mentre per il settore edilizio il processo di rigenerazione edilizia sarà più lento. Per questo ultimo specifico settore l'IPCC, su dati del 2011, ha misurato una percentuale di emissioni totali di gas serra di origine antropica diretta pari al 6% del totale con una percentuale di apporto indiretto del 12-13% (IPCC, 2014).

Nel settore civile, quindi, al fine di traggardare la decarbonizzazione completa prevista per il 2050 dalla *Long Term Strategy* (COM, 2018a; COM, 2018b; EC, 2012) e dalla *Renovation wave* (COM, 2020c) verso edifici ad "energia quasi zero" (nZEB), è necessario promuovere la rapida conversione energetica del parco immobiliare, favorendo le riqualificazioni profonde e la trasformazione dell'esistente in "edifici ad energia quasi zero" (nZEB). Questo sarà un processo lento e differenziale considerando anche l'obsolescenza del parco immobiliare europeo: più di 220 milioni di unità immobiliari, vale a dire l'85% dell'edilizia dell'UE, sono state costruite prima del 2001, e l'85-95% degli edifici odierni sarà ancora in uso nel 2050 con caratteristiche di scarsa efficiente sotto il profilo energetico. (COM, 2020c). Nello scenario italiano, a fronte di 12,42 milioni di edifici a destinazione d'uso residenziale, oltre il 60% ha più di 45 anni, ovvero è precedente alla Legge 373/1976, la prima legge sul risparmio energetico e di questi edifici, oltre il 25% registra consumi annuali da un minimo di 160 kWh/m² anno a oltre 220 kWh/m². (MISE, 2019).

I maggiori sforzi del comparto edilizio per il momento, come registra una recente indagine dell'EEA (EEA, 2020a), sono orientati verso la produzione di energia da fonti rinnovabili, facendo registrare per i paesi dell'UE-28 una quota totale di energia consumata da fonti rinnovabili del 18,6% nel 2019 (e del 19,4% solo nell'UE-27) in linea con i target per il 2020, e investimenti in crescita per l'efficientamento energetico del costruito, mentre percentuali nettamente inferiori rispetto al target descrivono minori azioni per la riduzione a monte dei consumi e di conseguenza la riduzione dei GHG.



Historical trends and progress to 2020 and 2030 targets of the EU-28. Fonte: EEA (2020a).

Dalla Banca dati dell'EEA (www.eea.europa.eu/data-and-maps) sulle politiche e misure di mitigazione del cambiamento climatico in Europa è possibile inoltre estrapolare interessanti dati, forniti dai singoli paesi nell'ambito del meccanismo di monitoraggio (MMR) dell'Unione Europea (UE). Da questi dati è possibile leggere non solo una quantificazione del problema, della quantità di emissioni specifiche per l'ambito urbano, ma anche estrapolarne indirizzi e possibili strategie ed azioni da mettere in campo per singolo obiettivo e valutandone in itinere anche l'incidenza della situazione pandemica sul raggiungimento degli obiettivi fissati.

La "natura eccezionale della situazione economica e sociale dovuta alla crisi COVID-19" che il mondo intero ha dovuto sostenere, infatti, ha inciso fortemente sulle valutazioni e sulle previsioni future, imponendo "misure eccezionali a sostegno della ripresa e della resilienza delle economie degli Stati membri, con [...] ingenti investimenti pubblici e privati a livello europeo che avviino saldamente l'Unione verso una ripresa sostenibile e resiliente, capace di creare posti di lavoro e di riparare i danni immediati causati dalla pandemia di COVID-19, sostenendo nel contempo le priorità verdi e digitali dell'Unione." (EC, 2020a). Sebbene nel 2019 il tasso approssimativo di riduzione delle emissioni nell'UE-27 è stato inferiore del 4% rispetto a quello del 2018 e le emissioni del sistema EU ETS degli Stati membri dell'UE-27 erano diminuite del 33% rispetto al 2005, il possibile trend in crescita è stato alterato dalla situazione pandemia di Covid-19 che ha dato inizio ad una crisi globale, sia in termini economici che sociali e culturali. (EEA, 2020a; EEA 2020b; EEA, 2019; WMO, 2020). L'undicesima edizione dell'"Emissions Gap Report" del Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente (UNEP, 2020) registra proprio i primi dati della crisi COVID-19, riportando l'immagine dell'"emissions gap", ovvero del divario tra "where we are likely to be and where we need to be", in termini di future emissioni globali di gas serra (GHG). Nel report si evidenzia come la 'perturbazione' economica ha indubbiamente rallentato i trend di crescita, mentre non si rallenta l'aumento di eventi meteorologici estremi. Tuttavia, la portata senza precedenti delle misure di ripresa economica COVID-19 potrebbe rappresentare una apertura per una più incisiva transizione a basse emissioni di carbonio, strutturale per una riduzione delle emissioni. Le azioni rivolte a salvare interi comparti economici dei singoli paesi potrebbero essere un trampolino di lancio per

riconvertire interi settori indirizzando gli investimenti verso modalità di produzione *low-carbon emission* e tecnologie intelligenti e pulite, in sintesi un'opportunità per creare società più sostenibili, resilienti e inclusive (OECD, 2020; UNEP, 2020). Di fatto la pandemia ha messo maggiormente in luce come sia urgente l'accesso a un'energia economica, affidabile, sostenibile e moderna, per le emergenze sanitarie e non solo, come già prospettato dal settimo obiettivo dell'Agenda 2030. (UNHABITAT, 2020). Per questo, al fine di comprendere, anticipare e ridurre al minimo le minacce per la salute e i rischi correlati causati dai cambiamenti climatici, la Commissione ha istituito un Osservatorio europeo per il clima e la salute nell'ambito della piattaforma europea sull'adattamento ai cambiamenti climatici (Climate-ADAPT). (COM, 2021).

In questo scenario un ruolo chiave rimane affidato alle città (Levin, 2018). Sebbene le città coprano il 3% della superficie terrestre, con il loro metabolismo contribuiscono con edifici, energia e trasporti al 70% di tutte le emissioni di carbonio, con un consumo del 78% dell'energia primaria mondiale. Stima l'OECD che entro il 2025 oltre un miliardo di nuovi residenti urbani si aggiungeranno all'attuale "classe dei consumatori" globale, in quello che ormai viene definito il "secolo della città", sfiorando la percentuale del 65% di popolazione mondiale che nel 2050 risiederà nelle città, e il 90% di questo aumento sarà concentrato in Asia e dell'Africa. (ICLEI, 2018a; OECD, 2018; OECD, 2014; IPCC, 2017; EC, 2018; EC, 2015).

La sensibilizzazione sul tema della città si è sempre più accentuata a partire dall'adozione della New Urban Agenda alla conferenza Habitat III nel 2016 (UNHABITAT,2017) e, come consolidato e confermato dai dati raccolti (EC,2018; EC, 2015; GHG; 2014), sono proprio i centri urbani che presentano caratteristiche che rendono loro e i loro abitanti particolarmente vulnerabili agli impatti negativi dei cambiamenti climatici e ad altri rischi naturali e antropici. Quella delle città rappresenta oggi più di ieri una sfida che rientra tra le Quattro "missioni Green Deal" (COM, 2019). Lavorare sulla città comporterà mutamenti su larga scala e potrà diventare terreno fertile e opportunità in termini di rigenerazione dell'infrastruttura e del tessuto urbano senza precedenti, motore di ambiziose misure di adattamento e mitigazione. È quindi necessario approfondire la comprensione dei rischi del cambiamento climatico a livello locale, nonché delle opportunità e degli ostacoli all'azione di adattamento e mitigazione, e sviluppare una comprensione più completa di come i benefici dell'adattamento e della mitigazione a scala ampia possano essere allineati al livello locale. Ciò richiederà una migliore comprensione della vulnerabilità e del potenziale di adattamento di individui, comunità e infrastrutture attraverso una serie di potenziali tendenze e cambiamenti sociali, economici, politici e tecnologici. (IPCC, 2017). È emerso infatti che una delle aree di maggiore incidenza per colmare il divario tra aspettative e risultati reali è indubbiamente legata al cambiamento dello stile di vita. (UNEP, 2020)

Dati aggiornati sulle emissioni climalteranti per singola città posso essere tratti dal portale "*Greenhouse gas emissions interactive dashboard*" del C40 Cities Climate Leadership Group, che fornisce dati storici sulle emissioni di gas serra (GHG) per le città appartenente alla rete C40 su scala comunitaria, in base al Global Protocol for Community-scale GHG Emission Inventories (GPC). Per lo specifico ambito italiano, l'ISPRA ci riporta un quadro significativo suddiviso per settori produttivi dal 1990 al 2015 (ISPRA, 2019), dove emerge che il solo settore residenziale ha generato nel 1990 un totale di 57548 Tonnellate di CO2 equivalente, pari all'11 % delle emissioni totali, registrando solo una lieve flessione al 2015 con un dato di 50684 Tonnellate di CO2 equivalente, pari all'11,7% del totale.

ANNO	1990		2015	
	Tonnel. CO ₂ eq	Percentuale	Tonnel. CO ₂ eq	Percentuale
SORGENTI DI GAS SERRA PER SETTORE				
Trasporti (IA3)	102.702,31	19,75	105.990,42	24,48
Produzione di Energia (IA1)	138.860,43	26,71	105.885,52	24,45
Industrie manifatturiere ed edilizie (IA2)	86.041,17	16,55	52.584,64	12,14
Residenziale (IA4.2)	57.548,15	11,07	50.684,86	11,70
Processi industriali e uso dei prodotti (2)	40.452,60	7,78	30.048,95	6,94
Agricoltura (5)	35.600,99	6,85	29.953,42	6,92
Commercio/Servizi e Pubblico (IA4.1)	12.300,69	2,37	23.381,41	5,40
Rifiuti (5)	23.265,28	4,47	18.786,66	4,34
Agricoltura/Industria forestale/Pesca (IA4.3)	9.126,75	1,76	7.680,69	1,77
Emissioni "fuggitive" da combustibili (IB)	12.877,19	2,48	7.549,96	1,74
Altro (aerei ed imbarcazioni militari) (IA2)	1.141,84	0,22	478,02	0,11
Totale emissioni CO ₂ equivalente (senza settore land use, land-use change and forestry)	519.917,39	100,00	433.024,54	100,00

Nota: i codici tra parentesi sono i corrispettivi utilizzati nella fonte unfccc
Fonte: rielaborazione da tabella Summary2 http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/10116.php#fn1, submission 2017 v4 Italy

Totale emissioni CO₂ equivalente (senza settore land use, land-use change and forestry) con anno 2005. Fonte ISPRA, 2019

Una interessante comparazione dei dati tra livelli nazionali e valori urbani di emissioni climalteranti si può anche rintracciare in uno studio condotto da ricercatori del World Bank di Washington e il Department of Civil Engineering, University di Toronto, Canada (Hoornweg, et al., 2020). Dai dati tratti per alcune delle principali città europee possiamo valutare, sebbene relativamente ai periodi 2005-2007, interessanti correlazioni tra i dati nazionali e quelli per singola realtà urbana, facendo emergere l'importanza a livello quantitativo dell'incidenza urbana sul calcolo generale.

città	GHG emission (tCO ₂ e/capita)	anno
Italia	9,31	2007
Bologna (provincia)	11,1	2005 *
Napoli (provincia)	4	2005 *
Torino	9,7	2005 *
Veneto (provincia)	10	2005 *

*Kennedy C, A Ramaswami, S Carney and S Dhakal (2009), "Greenhouse gas emission baselines for global cities and metropolitan regions", Proceedings of the 5th Urban Research Symposium, Marseille, France, 28–30 June 2009

Estratto dalla tabella "GHG baselines for cities and their respective countries" relativamente ai dati italiani. Fonte (Hoornweg, et al. 2020).

Alla luce dei dati generali e di dettaglio, si stima che per poter rispondere alle esigenze di sviluppo globale a lungo termine e agire concretamente per la mitigazione ai cambiamenti climatici, tra il 2016 e il 2030, saranno necessari più di 6,3 trilioni di investimenti in infrastrutture all'anno (OECD, 2019b) e investimenti supplementari dell'ordine di 260 miliardi di euro l'anno, finanziamenti specifici per incentivare investimenti sostenibili e proposte volte a creare un contesto più favorevole agli investimenti verdi. (COM, 2019). Tra gli strumenti di attuazione saranno fondamentali il programma *Horizon Europe* che, in sinergia con altri programmi dell'UE, sarà cruciale per mobilitare investimenti nazionali pubblici e privati – con il 35% del bilancio per finanziare nuove soluzioni climatiche utili all'attuazione del Green Deal- e il NextGenerationEU insieme al Quadro Finanziario Pluriennale dell'UE, che metteranno a disposizione un volume di risorse da utilizzare anche per avviare la ristrutturazione al servizio della ripresa, della resilienza e di una maggiore inclusione

sociale, nonché sostenere gli sforzi necessari in termini di ricerca e innovazione, in un contesto in cui le città, ad oggi, possono contare prevalentemente su capitali finanziari pubblici e solo in minima percentuale su finanziamenti provenienti da capitali sub nazionali o privati.

Resta comunque molto alta l'allerta relativa ai rischi economici a breve termine, 3-5 anni che, come sottolineato nel "Global Risks Report" (GRPS) del 2021 (WEF, 2021b), contemplano bolle speculative patrimoniali, instabilità dei prezzi e dei prodotti, debito in crescita a cui seguono rischi geopolitici e la geopoliticizzazione delle risorse. Nella previsione, l'aggravio del rischio ambientale verrà percepito in un orizzonte temporale più ampio, 5-10 anni, con la perdita di biodiversità, le crisi delle risorse naturali ma soprattutto con la percezione sempre più crescente del fallimento dell'azione per il clima – indubbiamente il rischio più impattante e il secondo in ordine di probabilità -, determinando di conseguenza un'estrema fragilità economica e sociale. (WEF, 2021a).

Pertanto, cercando di far fronte ai crescenti divari economici, sociali e non ultimo culturali, potenziati dalla crisi pandemica, si dovrà puntare ad una ottimizzazione dei processi, perseguendo un approccio integrato definito come "efficienza sistemica" (WEF, 2021a; WEF, 2020; WEF, 2019; ICLEI 2020b; ICLEI, 2018a), che cammini in controtendenza alla disgregazione dei processi stessi e che abbracci problematiche ambientali, economiche, sanitarie e sociali sfruttando l'opportunità di investire in una crescita intelligente, pulita e inclusiva che migliorerà la produttività e la realizzazione di programmi sostenibili. (UE; 2018). L'efficienza sistemica comprende l'elettrificazione pulita, la tecnologia digitale intelligente, edifici e infrastrutture efficienti, insieme a un approccio di economia circolare alle tematiche di acqua, rifiuti e materiali, nonché la pianificazione e le tecnologie digitali centrali per l'efficienza sistemica. Adottando un approccio olistico, le città hanno l'opportunità di aumentare la loro resilienza per resistere a una serie di potenziali crisi future legate al clima e alla salute, in vista di uno spazio urbano più verde, più intelligente, resiliente, più equo ed efficiente. (WEF, 2021a; WEF, 2020; WEF, 2019)

Come sottolinea anche l'UNEP (UNEP, 2020), elemento trainante per nuove e più efficienti policy sarà l'attenzione alla *Well-being Lens*, una nuova logica per l'azione incentrata sul benessere delle persone che potrebbe consentire ai paesi di raccogliere e catalizzare il sostegno per la mitigazione a livello nazionale. (OECD, 2019).

1.2. I nuovi scenari del cambiamento e le sfide da affrontare a livello urbano

Dal rafforzamento delle capacità di adattamento quale obiettivo primario per affrontare gli effetti dei cambiamenti climatici, nell'ottica di un'economia *circular* e *green* applicata alla città, all'ambiente costruito e all'edilizia, priorità del primo decennio del XXI secolo, l'asse dell'interesse e della ricerca si sta drasticamente spostandosi verso la definizione, comprensione e l'intervento sulle cause scatenanti: la mitigazione - rintracciare le cause- prima ancora dell'adattamento - rincorrere gli effetti-, o meglio la mitigazione accanto all'adattamento in una lotta costante e sempre più ferrata ai cambiamenti climatici. (WEF 2021a; ICLEI 2021; ICLEI, 2020b; UNHABITAT, 2020; IPCC, 2017). È importante sottolineare questo passaggio, che emerge chiaramente da una analisi sistematica della reportistica più recente a livello internazionale, in quanto questo sarà l'elemento trainante delle strategie, delle policy e delle azioni nel prossimo settennio di programmazione.

Alle vulnerabilità e ai rischi legati all'aumento del livello del mare; alle precipitazioni estreme; alla siccità e aridità; al riscaldamento estremo; nonché alla combinazione dei singoli fattori, si aggiunge, come visto, una attenzione particolare al rilevamento delle emissioni climalteranti, ovvero gas serra di origine sia antropica sia naturale, come l'anidride carbonica (CO₂), protossido di azoto (N₂O) e metano (CH₄), responsabili del riscaldamento globale.

La ricerca, le sperimentazioni sul campo, la tecnologia hanno permesso di progredire su molti fronti aprendo nuovi e differenti scenari, nuove sfide e di conseguenza nuovi rischi e nuovi impatti da valutare, che saranno l'oggetto di nuove indagini e sperimentazioni sia livello globale che locale. Significativi in questo frangente sono i documenti di indirizzo che l'IPCC sta redigendo per la preparazione del "*Sixth Assessment Report*" previsto per il 2022. Alcune dei più importanti, sebbene non esaustivi, ambiti su cui si concentrerà l'IPCC riguardano per l'appunto temi che nascono e si stanno sviluppando proprio dall'adozione e dalla diffusione dei documenti sopra menzionati -che fondano le radici negli obiettivi dell'*Agenda 2030 for Sustainable Development* (UN, 2015), nella Convenzione sui cambiamenti climatici - *Paris Agreement* (UN, 2015b) e nel *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction* (UN, 2015c) - e che tracciano le future sfide a livello globale: dai *natural and managed systems*, all'attenzione per lo *human systems*, all'importanza dell' *adaptation decision-making* a vari livelli, alla valutazione dei *multi-sector impacts, risks, vulnerabilities, opportunities and challenges*, nonché alla definizione fino alla scala locale dei *sustainable development pathways*. (IPCC, 2017). Tematiche queste strettamente interconnesse con l'ambito urbano: una città sempre più *nature-oriented*, un'attenzione al fattore antropico determinante per il calcolo del bilancio energetico non solo urbano ma globale, la ridefinizione di norme sociali e aspettative dei consumatori ed investitori da orientare verso lo 'zero-emission', un'attenzione a politiche stabili di coesione e collaborazione per un'azione di adattamento e mitigazione necessariamente più efficace e un sviluppo sostenibile a vari livelli, che consenta alla città di dialogare e relazionarsi più agilmente con le politiche regionali, nazionali o subnazionali e viceversa; (ICLEI 2020b; ICLEI, 2020c; D'Aprile et al, 2020).

Questi macro temi li possiamo rintracciare in molta della reportistica recente sotto i termini di transizione verde, transizione energetica e transizione digitale e loro interrelazioni, aree cardine soprattutto a livello urbano e strettamente correlate tra loro. Incentivare l'efficienza energetica, le energie rinnovabili, lo sviluppo di reti energetiche intelligenti verso una gestione sostenibile delle risorse ed una promozione di un'economia circolare facilitata e supportata da una transizione digitale, sono ormai gli obiettivi d'investimento di molti paesi europei, compresa l'Italia, come emerge anche dagli obiettivi di policy dei fondi strutturali 2021-2027 che detteranno in parte gli orientamenti e l'operatività nazionale nel prossimo settennio (COM, 2019b).

Accertata, però, l'influenza umana sul sistema climatico e sulle emissioni antropiche di gas serra, le più alte della storia, si dovrà puntare a ridurre sostanzialmente le emissioni nei prossimi decenni, disincentivandole in base ai principi della 'precauzione', dell' 'azione preventiva', della 'correzione'- in via prioritaria alla fonte- dei danni causati all'ambiente, nonché sul principio 'chi inquina paga' enunciati nel Trattato sul Funzionamento dell'Unione Europea (TFUE, 2012). Ciò sarà necessario per ridurre i rischi e aumentare le prospettive di un adattamento efficace, ridurre i costi e le sfide della mitigazione a lungo termine e non ultimo contribuire a percorsi resilienti per uno sviluppo sostenibile. La complementarità tra strategie di mitigazione e adattamento sarà un punto nevralgico, la cui efficacia dipenderà dalle politiche di coesione e dalla cooperazione a tutte le scale con risposte integrate che le colleghino con altri obiettivi sociali. (IPCC, 2014).

Sempre più cogente è quindi l'attenzione allo *human well-being* e allo *human behavior*, una dimensione cruciale per comprendere la variabilità del consumo e il comportamento della

componente antropica che, come visto, determina in grande misura il bilancio energetico urbano e non solo. Il ruolo degli stili di vita, del comportamento e consumo in relazione alla mitigazione del cambiamento climatico ha ricevuto in passato relativamente poca attenzione, pertanto nello sviluppare il prossimo report globale, l'IPCC punta sull'analisi delle emissioni di GHG basate sul consumo, su come le pratiche sociali e i modelli di sviluppo economico modellino le emissioni di GHG e su come gli interventi possono promuovere la mitigazione dei cambiamenti climatici. Ciò comporterà un approccio *'human oriented'* che farà maggiore riferimento alle discipline delle scienze sociali soprattutto per approfondire le tematiche relative a stili di vita, comportamenti, consumi, scelte tecnologiche e transizioni socio-tecniche. (IPCC, 2017). Questi indirizzi seguono ed integrano ciò che la *Cohesion Policy 2014-2020* aveva delineato, indicazioni che ritroviamo anche nella *New Urban Agenda* (UN-HABITAT, 2017 point 97) e nei Sustainable Development Goals inseriti nell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile. (UN, 2015).

L'analisi delle scienze sociali, delle iniziative di Community-led Local Development (CLLD) avviate già nel precedente settennato, di politiche e attività di coinvolgimento ma soprattutto attivazione bottom-up, possono aumentare l'efficacia delle politiche nazionali e internazionali e aiutare nella validazione di modelli di consumo, nell'orientare lo stile di vita e influenzare le emissioni, nell'indirizzare i processi decisionali in relazione all'adozione di specifiche tecnologie e pratiche.

Comprese la dimensione sociale, culturale e non ultimo etica, bisognerà poi valutarne l'interazione di queste con il processo decisionale, un processo necessariamente adattivo e multilivello: buone pratiche, modelli di produzione e consumo nonché problematiche e ostacoli possono essere compresi in un'ottica olistica che ne rivela anche aspetti psicologici spesso non ancora pienamente analizzati, per una corretta interrelazione tra le parti concorrenti. (IPCC, 2017; WEF, 2021b; UNHABITAT, 2021). Per citare un esempio, le oltre 10.700 città e governi locali che hanno aderito al *Global Covenant of Mayors for Climate & Energy (GCoM)*, hanno come obiettivo la costruzione di una visione condivisa a lungo termine di promozione e sostegno di azioni volontarie per combattere i cambiamenti climatici e passare a una società resiliente a basse emissioni, sviluppando nuovi standard armonizzati per la rendicontazione subnazionale del clima e concentrandosi sulla costruzione della *'next generation'* di conoscenze, dati, strumenti a supporto delle politiche locali per affrontare le sfide della sostenibilità e contribuire a una soluzione climatica globale. Questo quadro è progettato per essere coerente con i requisiti di rendicontazione del governo nazionale e dell'UNFCCC e adattabile alle circostanze locali e si basa sullo standard internazionale GPC (*Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories*) su scala comunitaria sviluppato da ICLEI, WRI e C40. (ICLEI, 2018a; GHG, 2014). I governi locali e regionali sono, infatti, i primi attori di questo processo, diretti affidatari di una responsabilità sociale a servizio delle comunità sia urbane che peri-urbane che periferiche, attori che non possono e non devono considerare la mitigazione e l'adattamento in astratto ma valutarne i benefici concreti, supportando la progettazione e l'effettiva operatività di strategie di risposta appropriate, dalla piccola scala alla scala più vasta. (ICLEI 2018a; Coalition for urban transitions, 2021)

Ruolo decisivo nell'estrinsecazione di questa responsabilità governativa è la programmazione economico-finanziaria futura che dovrà bilanciare le risposte di adattamento e mitigazione alle problematiche climatiche, rapportandosi sempre più strettamente a tematiche sociali e culturali, nell'ambito dei 5 filoni prevalenti individuati nel nuovo settennio 2021-2027: *a smarter Europe, a greener, low-carbon Europe, a more connected Europe, a more social Europe, a Europe closer to*

citizens (IPCC, 2017; New Cohesion Policy at ec.europa.eu/regional_policy/en/2021_2027/). La programmazione avverrà in due fasi: programmi (2021-25) e dotazioni decise in base ai risultati di un riesame (2026-27). Sarà necessario, alla luce delle nuove esigenze emerse e sottolineate dall'IPCC, documentare quelle politiche economiche che supportano, ovvero incentivano e premiano, comportamenti coerenti con l'adattamento climatico e con le attività di mitigazione – in linea con il principio del "non nuocere" sancito nella comunicazione sul Green Deal europeo (COM, 2019) - , considerandone i benefici occupazionali e di investimento, ma anche mappando situazioni di disadattamento, disegualianza o inefficacia nel far fronte a +1,5°C o a livelli di riscaldamento più elevati. Tutto questo in un'ottica olistica che, come visto, dovrà anche includere gli impatti sociali e ambientali delle operazioni, le ricadute a livello locale, nazionale e sovranazionale sia per il capitale pubblico che privato, stimando anche i costi degli impatti di eventi estremi e la perdita di servizi ecosistemici (IPCC, 2017).

L'Italia condivide l'orientamento comunitario volto a rafforzare l'impegno per la decarbonizzazione dell'economia e promuovere un Patto Verde con le imprese e i cittadini che consideri l'ambiente come motore economico del Paese, puntando su investimenti orientati a favorire l'evoluzione di un sistema energetico sicuro, sostenibile e a prezzi –non solo economici- accessibili e distribuito sul territorio. Punti nevralgici saranno: la ricerca e innovazione (PMI innovative; digitalizzazione di cittadini, imprese e amministrazioni pubbliche; scambi di conoscenze tra enti di ricerca e i settori produttivi); il clima e l'energia (migliorare l'efficienza energetica, promuovere tecnologie rinnovabili, incentivare la ristrutturazione del patrimonio immobiliare, migliorare la resilienza idrogeologica e sismica, realizzare infrastrutture verdi); la connettività e i diritti sociali, "Verso un modello di economia circolare per l'Italia" in continuità con gli impegni adottati con l'Accordo di Parigi. (MISE, 2019; PNRR, 2021; Ministero dell'Ambiente, 2017)

Emerge quindi una necessaria propensione verso una valutazione multisetoriale dei rischi, delle opportunità e soprattutto degli impatti ed in parallelo una multiscalarità di azione. Per consentire questa multisetorialità e multiscalarità è necessario porre alla base di questi processi un solido e capillare sistema di raccolta e monitoraggio dei dati. La scienza del cambiamento climatico è potuta e può progredire proprio grazie a nuove osservazioni e analisi di set di dati, rielaborazioni basate sui processi e sviluppo di nuovi modelli. Le conseguenze regionali e globali più ampie degli eventi climatici passati, compresi gli eventi climatici estremi, hanno, infatti, forti implicazioni per le azioni attuali e per i quadri di governance. Lo sviluppo di un sistema per l'acquisizione dei dati e statistiche tempestive, di qualità, aperti e disaggregati è una delle sfide più importanti ed essenziali da superare per affrontare gli SDGs e monitorarne gli sviluppi, importanza emersa con maggiore forza durante la crisi del COVID-19. Questi dati sono fondamentali per comprendere, gestire e mitigare gli effetti umani, sociali ed economici non solo della pandemia. Sono anche essenziali per progettare risposte a breve, medio e lungo termine e per aumentarne la compatibilità a livello internazionali. La valutazione dei rischi emergenti e delle vulnerabilità chiave, legate alle proiezioni del cambiamento climatico, richiede, però, approcci unificanti. I meccanismi di governance, di pianificazione e di monitoraggio, stabiliti nel Regolamento (UE) 2018/1999 sulla governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima come pure nella Legge europea sul clima (UE, 2021; COM, 2020a; COM, 2020b), vanno integrati nei settori delle politiche in materia di clima ed energia, anche in relazione a obiettivi, politiche, misure e proiezioni in materia di clima ed energia, nonché in disposizioni relative alla partecipazione pubblica multilivello, con cui coinvolgere le parti sociali -dal mondo

accademico, alla comunità imprenditoriale, ai cittadini e alla società civile- al fine di informare, educare e scambiare informazioni e azioni che contribuiscono a conseguire gli obiettivi fissati, anche avvalendosi di consultazioni pubbliche e dialoghi multilivello sul clima e sull'energia. Ciò potrà servire per monitorare ma allo stesso tempo validare e modificare in fieri gli indirizzi in linea con un riesame quinquennale degli obiettivi previsto dall'accordo di Parigi (UE, 2021; EC, 2020c).

Attualmente è possibile contare sul prezioso apporto ad esempio della Global Partnership for Sustainable Development Data (www.data4sdgs.org) che sta da tempo lavorando per strutturare un ambiente favorevole per raccogliere e sfruttare questo patrimonio (Kawakubo et al., 2018; GHG, 2014), ma importanti sono anche i dati del Carbonn Climate Registry (cCR), (carbonn.org) forniti da 1.060 governi subnazionali in 89 paesi. Altra fonte importante è il Climate Change Performance Index (CCPI) che consente un monitoraggio sullo stato di attuazione degli impegni climatici, un indice che, sulla base di criteri standardizzati, valuta e confronta le prestazioni di 56 paesi e dell'UE, che sono insieme responsabili di oltre il 90% delle emissioni globali di gas serra. (ccpi.org). Significativi sono anche gli apporti del programma di telerilevamento Copernicus gestito dalla Commissione Europea e implementato in collaborazione con gli Stati membri dell'UE, l'Agenzia spaziale europea (ESA), l'Organizzazione europea per lo sfruttamento dei satelliti meteorologici (EUMETSAT), il Centro europeo per le previsioni meteorologiche a medio termine (ECMWF), le agenzie dell'UE e Mercator Océan. (EC, 2018; EC 2015)

Questi dati consentono una panoramica sulla posizione dei governi subnazionali rispetto agli obiettivi di mitigazione, nonché sui pericoli e i rischi specifici che devono affrontare, grazie a piattaforme e mappe virtuali che consentono un processo integrato di reporting e revisione che facilita i governi ma anche gli esperti nella creazione di conoscenza e rilettura critica, nonché facilità la definizione di indirizzi e raccomandazioni condivisi e condivisibili a più livelli, nell'ottica di rendere le azioni di mitigazione del cambiamento climatico – principalmente la riduzione delle emissioni di gas serra (GHG) – attuate in modo “misurabile, rendicontabile e verificabile” (MRV). Ciò è necessariamente supportato da modelli combinati: modelli climatici globali e/o locali ad alta risoluzione, dataset climatici diversificati e simulazioni con metodologie di downscaling statistico e dinamico, supportati da metodi per combinare diversi tipi di simulazioni climatiche che valutino anche i fattori e i meccanismi della variabilità decennale, inclusa la natura globale dei processi e dei meccanismi atmosferici associati. (IPCC, 2017; GHG, 2014)

Tuttavia, come sottolinea l'OECD (Ellis and Moarif, 2015) o anche UNHABITAT (UNHABITAT, 2020b), sulle attività di misurazione, comunicazione e verifica (MRV) della mitigazione dei gas a effetto serra (GHG) -introdotte con il “*Bali Action Plan*”- restano ancora molte perplessità sul ‘cosa’, ‘come’ e ‘chi’ dovrebbe misurare, comunicare e verificare o quali metriche climatiche e di emissione adottare ad esempio nella definizione di eventi estremi associata alla disponibilità di dati ad alta risoluzione. Esistono poi ancora enormi lacune in termini di copertura geografica, tempestività e livello di disaggregazione richiesto (IPCC, 2017; EC, 2019), a cui si uniscono problematiche legate alla diffusione dei dati a tutti i livelli, dal tecnico al cittadino.

Altro punto nevralgico per la multi-settorialità e multiscalarità di azione è e sarà anche il potenziamento della partecipazione di tutti gli operatori economici ma anche sociali e culturali a questi processi, dalla raccolta del dato al monitoraggio dei risultati. Ruolo della Commissione europea, così come prospettato nel testo di Risoluzione legislativa del Parlamento europeo del 24

giugno 2021 (UE, 2021), sarà “agevolare i dialoghi e i partenariati settoriali in materia di clima riunendo i principali portatori di interessi in modo inclusivo e rappresentativo, in modo da incoraggiare i settori stessi a elaborare tabelle di marcia volontarie indicative e a pianificare la transizione verso il conseguimento dell'obiettivo della neutralità climatica dell'Unione entro il 2050.”

Per la definizione di un “*enabling environment*” (ICLEI, 2018a) per le azioni di mitigazione climatica, quindi, la collaborazione allargata e responsabile e la condivisione dei dati devono essere una parte chiave della pianificazione, per valutare in maniera olistica gli impatti multisettoriali, i rischi, le vulnerabilità, e le opportunità e sfide. Fattori abilitanti questi che sostengono le risposte di adattamento e mitigazione e che includono la governance, l'innovazione e gli investimenti in tecnologie e infrastrutture rispettose dell'ambiente, i mezzi di sussistenza sostenibili e le scelte di stile di vita. (IPCC, 2014). Anche se non possono e potranno assorbire interamente i costi dell'adattamento e della mitigazione climatica, i governi nazionali possono fare molto per creare questo ‘ambiente favorevole’ ai finanziamenti, delineando i decisori e le responsabilità ai diversi livelli di governo, stabilendo una legislazione ‘abilitante’ e rafforzando la capacità delle autorità municipali nell'utilizzare i meccanismi di finanziamento già disponibili. (ICLEI, 2018b). A tal fine nei documenti della Commissione europea preparatori alla Legge europea sul clima, si ipotizza la realizzazione di Comitati consultivi nazionali in materia di clima che - lavorando in parallelo con l'EEA, l'Agenzia europea dell'ambiente e integrando a livello locale quanto svolto dall'IPCC a livello internazionale- potrebbero svolgere un ruolo importante per esaminare le evidenze scientifiche prodotte a livello internazionale, fornire alle autorità nazionali pareri scientifici in materia di politica climatica, fornire consulenza scientifica, identificare azioni e opportunità necessarie a conseguimento degli obiettivi fissati e, non ultimo, sensibilizzare al tema dei cambiamenti climatici, cooperando alla costruzione di un'azione solida e duratura. (EU, 2021).

1.3. Verso la definizione di assi strategici di mitigazione e di neutralità climatica a livello urbano

Una parola chiave che emerge da questa analisi è indubbiamente il termine “transizione”, un passaggio graduale e necessario verso un traguardo o meglio un processo di crescita intelligente, pulita e inclusiva rivolto alla realizzazione degli obiettivi di sviluppo sostenibile. Un processo verso una neutralità climatica che genererà benefici indotti in termini di salute, qualità dell'ambiente, benessere, occupazione, competitività, sicurezza energetica e lotta alla povertà. La necessità di integrare la valutazione dei rischi legati ai cambiamenti climatici nelle decisioni di investimento e di pianificazione è ormai non più una possibilità ma un'esigenza per garantire una migliore efficienza del processo di trasformazione sotto il profilo dei costi e della innovazione tecnologica nel conseguimento della riduzione e dei futuri obiettivi di assorbimento delle emissioni di gas a effetto serra e nel rafforzamento della resilienza. (UE, 2021)

Analizzando il quadro emerso dei principali ambiti verso cui l'Unione Europea e anche i paesi terzi si stanno orientando, alla luce di questo termine chiave assunto come significativo della situazione attuale, emergono degli specifici assi prevalenti nonché problematiche e zone d'ombra, ovvero

tematiche e assi di sviluppo che, sebbene sperimentalmente abbiano dimostrato la loro efficacia, non sono ancora stati recepiti dalla reportistica.

Il termine transizione nella sua accezione 'verde' si declina molto frequentemente come uno degli assi verso cui la maggior parte dei governi sono orientati, un'arma importante per la mitigazione delle cause dei cambiamenti climatici, verso la neutralità carbonica. Molti paesi hanno o stanno mettendo in atto strategie e *policy* anche a lungo termine in tale direzione. All'interno di questo macro-ambito potremmo far convergere prevalentemente tutte le strategie e azioni definite con il termine 'geen'. Queste strategie, che si possono riferire, anche in ambito di mitigazione, prevalentemente a indirizzi di tipo 'infra-strutturale' concernenti le aree e gli elementi vegetati, si possono facilmente ritracciare in molta della reportistica analizzata, partendo dai documenti di lavoro per esempio dell'IPCC, dell'EPA, dell'UNEP, dell'OECD, ICLEI o del WEF e WMO a livello internazionale (citando i più recenti: IPCC, 2017-2019; UNEP, 2020; OECD 2019; ICLEI 2021-2020-2020b ; WEF, 2019-2021a; WMO 2020 a-b-c), a intere serie dell'IEA o dell' EEA (IEA 2020 -2020b-2018; EEA 2019-2020a-b), nonché nelle relazioni dell'Horizon Europe, o in ambito italiano dell'ISPRA (ISPRA 2018- ISPRA, 2020) per esempio o nei recenti PNNR e PNIEC del Governo, per citarne alcuni. Da questa reportistica emergono prevalentemente azioni che potremmo in molti casi definire di 'tradizionale' *urban greening* che, per essere efficaci, visto il quadro delineato pocanzi, dovrebbero essere frutto di un processo diffuso e partecipativo. Limitato se non assente il richiamo ai principi della bioclimatica per l'edilizia, ovvero quella progettazione -frutto di un processo di studio e valutazione- volta ad ottimizzare le relazioni del costruito con le componenti dell'ambiente naturale circostante. Anche là dove si fa riferimento esplicito alla necessità di 'ristrutturazione del parco immobiliare' - come nel report OECD sull'Accelerating Climate Action (OECD, 2019) o, in ambito italiano, nel Piano Nazionale integrato per l'energia e il clima (MISE, 2019)- difficilmente si affronta in maniera approfondita il tema, in netto contrasto con le dichiarazioni e soprattutto i dati che rappresentano la città come primaria fonte di emissioni e parallelamente ambito tra i più vulnerabili ai cambiamenti climatici.

Tema altrettanto dibattuto riguarda una transizione di tipo energetico, la ricerca di un modello di consumo sostenibile e di soluzioni per combattere i cambiamenti climatici e allo stesso tempo fornire, soprattutto considerando fenomeni di inurbamento in aumento, l'energia necessaria per raggiungere un adeguato livello di sviluppo. Emerge chiaramente, dalla reportistica, come in tema energetico sia sempre più basilare iniziare a puntare su strategie volte alla riduzione dei consumi anziché alla generazione di energia, pur se rinnovabile. Su questo tema si concentra il primario interesse internazionale. (WEF, 2021 OECD, 2020; IEA, 2020 a-b-c-d-e-f-2018; COM, 2020c-2019; Green Finance Institute, 2018; IPCC, 2017-2014 per citarne alcuni)

In questo frangente, più che nel precedente, si discute, nell'ottica di obiettivi di mitigazione a lungo termine, sulla necessità di cambiamenti immediati nella politica e nell'azione, necessari per integrare le infrastrutture negli obiettivi e negli scopi della pianificazione a livello governativo. Sebbene siano stati definiti obiettivi di mitigazione a livello nazionale e siano stati proposti contributi nazionali individuali, la comprensione di come questi processi multilivello devono lavorare insieme non è ancor stata pienamente recepita. Tuttavia, senza la necessaria coordinazione tra i processi di trasformazione delle infrastrutture energetiche e gli indirizzi e le politiche a lungo termine volte alla riduzione delle emissioni, si rischia un disallineamento degli obiettivi – a varia scala- che inficia pesantemente sull'efficacia dei processi, con il rischio, soprattutto nelle città, di incentivare azioni

disgregate e rivolte ad un esclusivo 'ammodernamento' tecnologico senza o con limitate ricadute sulla decarbonizzazione.

In Italia questo specifico tema rappresenta la mission del nuovo Ministero della Transizione Energetica (MiTE), nato a seguito del D.L. 22/2021, convertito con modificazioni in L. 55/2021, e che riunisce le attuali competenze del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con le attribuzioni in materia di energia ripartite tra altri dicasteri, tra cui parte delle competenze del Ministero dello Sviluppo Economico in tema di energia. Considerata la "straordinaria necessità e urgenza" di assicurare impulso più incisivo al raggiungimento degli obiettivi della neutralità climatica e migliorare il dialogo fra le amministrazioni competenti in tema di transizione energetica, al Ministero sarà affidata, tra gli altri, la definizione degli obiettivi e delle linee di politica energetica e la pianificazione in materia di emissioni nei diversi settori dell'attività economica, nonché la promozione di politiche per l'economia circolare e l'uso efficiente delle risorse, in collaborazione con il Comitato interministeriale per la transizione ecologica, istituito presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri.

Restando nell'ambito infrastrutturale, al termine 'transizione' possiamo anche collegare sia il concetto di 'mobilità', ovvero strategie collegate alla movimentazione sostenibile, tematica che negli anni ha manifestato un'attenzione abbastanza costante sia a livello di *policy* che di azioni concrete, sia strategie collegate a indirizzi 'strutturali' che potremmo definire 'grey', ricalcando e rileggendo in termini di mitigazione gli approcci infrastrutturali necessari per rendere gli edifici e le infrastrutture essenziali per il benessere sociale ed economico della società più capaci -non solo- di resistere ma anche di agire attivamente contro gli eventi estremi. (EEA, 2012).

Dare priorità alle alternative di mobilità sostenibile (trasporti pubblici, biciclette, aree pedonali e micromobilità elettrica) (WEF 2021a), rientra in questo quadro di politiche e strategie volte alla neutralità climatica e nell'ambito di un differente concetto di spazialità urbana alimentata da politiche che disincentivino l'utilizzo individuale delle autovetture e incentivino gli investimenti verso riprogettazioni e ristrutturazioni infrastrutturali che diano priorità alle alternative di mobilità sostenibile. (ICLEI, 2020d; OECD, 2020; RSE, 2017)

Le strategie collegate a indirizzi strutturali grey, che riportano a processi CCS, *Carbon capture and storage*, ovvero a processi di sottrazione nonché cattura, utilizzo e stoccaggio di CO₂ (CCU), possono contribuire alla decarbonizzazione, ma in tale settore, più che negli altri, è fondamentale la ricerca e l'innovazione per la creazione di soluzioni volte alla realizzazione di "pozzi di assorbimento" artificiali – come indicato anche nell'articolo 1 della Risoluzione legislativa del Parlamento europeo del 24 giugno 2021 (UE, 2021) - capaci di avvicinarsi alle 'performance' dei principali pozzi di assorbimento naturali (dal suolo, alle foreste, agli oceani), capaci di assorbire tra i 9.5 e gli 11 Gt di CO₂ all'anno. (Neier et al., 2018). Ad oggi, nessun pozzo di assorbimento artificiale è in grado di rimuovere la necessaria quantità di carbonio dall'atmosfera e le soluzioni naturali non riescono a compensare emissioni globali di CO₂ che nel solo 2019 hanno superato di più di tre volte (38.0 Gt) la capacità totale di assorbimento di questi pozzi naturali. (PE, 2021).

Per il momento la maggior parte delle attività volte alla *carbon neutrality* sono rivolte alla riduzione dei consumi e alla riduzione degli sprechi, nonché alla compensazione delle emissioni prodotte, come previsto nel sistema di scambio EU-ETS (European Union - Emissions Trading System) delle quote di emissione istituito dall'Unione con la Direttiva 2003/87/CE, già prima dell'entrata in vigore dell'accordo di Parigi. Il sistema attualmente limita le emissioni prodotte da circa 10.000 impianti

nel settore dell'energia elettrica e nell'industria manifatturiera, nonché dalle compagnie aeree che operano tra questi paesi ed interessa circa il 40% delle emissioni di gas a effetto serra dell'UE, come riportano i dati ufficiali del *Dashboard EU Emissions Trading System (ETS)*.

A cavallo tra le tematiche sopra menzionate emerge il tema della circolarità delle risorse, richiamata di recente con il “Nuovo piano d'azione per l'economia circolare” (COM, 2020d), in due nuovi documenti dell'ICLEI (ICLEI 2021- 2020b) o – a livello italiano- e nelle competenze del nascente MiTE e non pienamente esplicitate in documenti come il *Green deal* e *Renovation wave*. Alla base del concetto di circolarità delle risorse c'è la negazione di un approccio lineare al consumo e all'uso delle risorse naturali verso la separazione della crescita economica dal consumo di risorse e verso un'economia della condivisione che minimizzi le esternalità negative, ovvero il cambiamento climatico, l'inquinamento atmosferico, dell'acqua, del suolo e il rumore. (ARUP, 2016). Il tema della circolarità delle risorse non può essere però incoraggiato semplicemente promuovendo e emanando norme nazionali, ma c'è la necessità di delinearne i principi per specifici settori d'azione, incentivando non solo la ricerca, ma in un processo bottom-up, educare alla costruzione di nuovi valori. Il concetto di circolarità, infatti, solitamente associato ad un aspetto prettamente economico potrebbe e dovrebbe essere letto maggiormente in maniera estesa, nell'ottica di ottimizzazione delle risorse materiali nonché spaziali che comportano anche una metamorfosi del tessuto urbano per arrivare a trasformare la nostra città in funzione di un concetto di prossimità e *mixité* funzionale. In una diffusione estesa dei confini urbani, oggetto - anch'essi- di una transizione “postmetropolitana” (Soja, 2011), dove si perde la definizione di centro e periferia, assistiamo ad un processo di deframmentazione non solo dello spazio ma anche del metabolismo urbano che se canalizzato e indirizzato verso un concetto di neutralità climatica può notevolmente incidere sulle abitudini e quindi sui consumi, aiutando al processo di decarbonizzazione. Questo tema, balzato alla cronaca durante questo periodo pandemico, apre a nuove sfide e nuovi bisogni che nascono non solo dal comprenderne il significato ma anche dal capire come realizzare e gestire questo cambiamento che riguarda non solo il livello progettuale ma in primis i livelli istituzionali e anche livelli sociali, legati alla condivisione dei processi.

La domanda che ci si pone nell'“Insight report del World Economic Forum” (WEF, 2021a) su come può contribuire la forma urbana a questo processo *net-zero carbon* è emblematica: la pianificazione urbana del nuovo millennio dovrà orientarsi verso questa molteplice transizione, verso lo sviluppo di un uso misto dello spazio, una città compatta che sposi la “*policy for 15-minute neighbourhoods*” dove lavoro, cibo, assistenza sanitaria, ricreazione rientrano nel concetto di *mixité* funzionale – tra costruito e natura-, di condivisione dell'energia e di incentivazione di una mobilità leggera e sostenibile. In tutto ciò la forma urbana potrà determinare un tassello importante in questo processo.

References

- Arup (2016), *Circular Economy in the Built Environment*, [available at <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/circular-economy-in-the-built-environment>]
- Burck J., Hagen U., Höhne N., Nascimento L., Bals C. (2021), CCPI Climate Change Performance Index 2021, Germanwatch, NewClimate Institute & Climate Action Network [available at <https://ccpi.org/download/the-climate-change-performance-index-2021/> giugno 2021]
- CeSPI, (2019), *Lo stato di attuazione degli impegni di Parigi sul clima in vista della COP 25 di Madrid*, Camera dei deputati, [available at https://www.cespi.it/sites/default/files/documenti/paper_zupi_osservatorio_cop25.pdf]

- Coalition for urban transitions, (2021), *Climate Emergency, Urban Opportunity*, [available at <https://urbantransitions.global/wp-content/uploads/2019/09/Climate-Emergency-Urban-Opportunity-report.pdf>]
- COM (2021), *Plasmare un'Europa resiliente ai cambiamenti climatici – La nuova strategia dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici*. Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni, 82 final. [available at <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0082&from=IT>]
- COM (2020a), *Proposta modificata di Regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio che istituisce il quadro per il conseguimento della neutralità climatica e che modifica il regolamento (UE) 2018/1999 (Legge europea sul clima)*, [available at <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020PC0563&from=IT>]
- COM (2020b) *Proposta di REGOLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO (Legge europea sul clima)*, Bruxelles [available at <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020PC0080&qid=1624637404951&from=EN>]
- COM (2020c), *A Renovation Wave for Europe - greening our buildings, creating jobs, improving lives*. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS. 662 final, [available at <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0662>]
- COM (2020d) *Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare Per un'Europa più pulita e più competitiva- Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni*. [available at https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0020.02/DOC_1&format=PDF]
- COM (2019), *Il Green Deal europeo. Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni*. [available at https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0006.02/DOC_1&format=PDF]
- COM (2019b), *Relazione per paese relativa all'Italia 2019, Comprensiva dell'esame approfondito sulla prevenzione e la correzione degli squilibri macroeconomici*, [available at https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/file_import/2019-european-semester-country-report-italy_it.pdf]
- COM (2018a), *Un pianeta pulito per tutti - Visione strategica europea a lungo termine per un'economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra*. Comunicazione della commissione al parlamento europeo, al consiglio europeo, al consiglio, al comitato economico e sociale europeo, al comitato delle regioni e alla banca europea per gli investimenti Bruxelles [available at <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=EN>]
- COM (2018b), *A Clean Planet for all A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. In-depth analysis in support of the commission communication COM(2018) 773*. Bruxelles [available at https://ec.europa.eu/clima/sites/default/files/docs/pages/com_2018_773_analysis_in_support_en_0.pdf]
- COM (2016), *Energia pulita per tutti gli europei*. Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo, al Comitato delle regioni e alla banca europea per gli investimenti. [available at https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:d2648a37-c626-11e6-a6db-01aa75ed71a1.0006.02/DOC_1&format=PDF]
- Crippa, M., Oreggioni, G., Guizzardi, D., Muntean, M., Schaaf, E., Lo Vullo, E., Solazzo, E., Monforti-Ferrario, F., Olivier, J.G.J., Vignati, E., (2019), *Fossil CO2 and GHG emissions of all world countries. 2019 Report*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, [available at <https://op.europa.eu/it/publication-detail/-/publication/9d09ccd1-e0dd-11e9-9c4e-01aa75ed71a1/language-en>]
- D'Aprile P., Enge H., van Gendt ., Helmcke S., Hieronimus S., Naclér T., Pinner D., Walter D., Witteveen M. (2020), *Net-zero Europe. Decarbonization pathways and socioeconomic implications*, McKinsey & Company [available at <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/how-the-european-union-could-achieve-net-zero-emissions-at-net-zero-cost>]
- D.L. 22/2021 *Disposizioni urgenti in materia di riordino delle attribuzioni dei Ministeri*. [available at <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2021/03/01/21G00028/sg>]

- Direttiva 2003/87/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 13 ottobre 2003 che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nella Comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE del Consiglio, [available at <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0087&from=EN>]
- Dosio, A et al (2018), *Extreme heat waves under 1.5 °C and 2 °C global warming*, *Environ. Res. Lett.* 13
- EEA (2020a), *Trends and projections in Europe 2020 Tracking progress towards Europe's climate and energy targets- Report No 13/2020*, Publications Office of the European Union [available at <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-2020>]
- EEA (2020b), *Trends and drivers of EU greenhouse gas emissions, Report No 3/2020*, Publications Office of the European Union [available at <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-drivers-of-eu-ghg>]
- EEA (2019), *Trends and projections in Europe 2019 Tracking progress towards Europe's climate and energy targets, Report No 15/2019*, Publications Office of the European Union [available at <file:///C:/Users/gt/Downloads/Trends%20and%20projections%20in%20Europe%202019%20TH-AL-19-016-EN-N.pdf>]
- EEA (2012), *Urban Adaptation to Climate Change in Europe*, Office for Official Publications of the European Union, Luxembourg-Copenhagen. [available at <https://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-to-climate-change>]
- EC (2020a), *Riunione straordinaria del Consiglio europeo (17, 18, 19, 20 e 21 luglio 2020)– Conclusioni*. Bruxelles. [available at <https://www.consilium.europa.eu/media/45118/210720-euco-final-conclusions-it.pdf>]
- EC (2020b), *Commission Staff Working Document — impact assessment accompanying the document Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions — stepping up Europe's 2030 climate ambitions — investing in a climate neutral future for the benefit of our people (SWD(2020) 176 final)*. [available at <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020SC0176>]
- EC (2020c), Presentazione all'UNFCCC, a nome dell'Unione europea e dei suoi Stati membri, in merito all'aggiornamento del contributo determinato a livello nazionale dell'Unione europea e dei suoi Stati membri
- EC (2018) *Urban Atlas- copernicus*, [available at <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2018>]
- EC (2019), *ECoLaSS – Horizon 2020. D61.2b - Communication, Dissemination and Exploitation Plan, Issue/Rev.: 2.0*, ECoLaSS – Horizon 2020, [available at https://6c1e2b9b-e840-4757-9a09-97d14ddbfe72.filesusr.com/ugd/c90769_0ddec8b0b5f4f8f8920b14b98a3952c.pdf]
- EC (2015), *Copernicus, lo sguardo dell'Europa sulla terra*, Direzione generale della Comunicazione Pubblicazioni Bruxelles, [available at https://www.copernicus.eu/sites/default/files/documents/Copernicus_brochure_IT_Web_Oct2017.pdf]
- EC (2012), *Energy Roadmap 2050*, Publications Office of the European Union [available at https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2012_energy_roadmap_2050_en_0.pdf]
- Ellis, J., Moarif, S. (2015), *Identifying and addressing gaps in the UNFCCC reporting framework*, *OECD/IEA Climate Change Expert Group Papers, No. 2015/07*, OECD Publishing, Paris, [available at <https://doi.org/10.1787/5im56w6f918n-en>]
- GHG (2014), *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories*, [available at https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/GHGP_GPC_0.pdf]
- Green Finance Institute (2018), *Accelerating green finance: Green Finance Taskforce report*, [available at <https://www.greenfinanceinstitute.co.uk/wp-content/uploads/2020/06/green-finance-taskforce-accelerating-green-finance-report.pdf>]
- Hoornweg, D., Sugar L., Trejos Gomez C. L. (2020), *Cities and Greenhouse Gas Emissions: Moving Forward, Urbanisation* 5(1) 43–62 doi.org/10.1177/2455747120923557
- Kawakubo, S., Murakami, S., Ikaga T. & Asami Y. (2018), *Sustainability assessment of cities: SDGs and GHG emissions, Building Research & Information*, 46:5, 528-539, DOI: [10.1080/09613218.2017.1356120](https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1356120)
- ICLEI (2021), *ICLEI in the Urban Era: Our Vision for a Sustainable Urban World*, ICLEI – Local Governments for Sustainability, Bonn, [available at https://e-lib.iclei.org/publications/ICLEI_in_the_Urban_Era_2021.pdf]

- ICLEI (2020), *Daring cities 2020: know more, act better, lead together*, ICLEI – Local Governments for Sustainability, Bonn, [available at https://e-lib.iclei.org/publications/ICLEI_Daring_Cities_2020_Report.pdf]
- ICLEI (2020b), *ICLEI's Climate Neutrality Framework Accelerating integrated climate action for sustainable urban development*, ICLEI – Local Governments for Sustainability, , ICLEI – Local Governments for Sustainability, Bonn, [available at https://e-lib.iclei.org/publications/ICLEIs_Climate_Neutrality_Framework.pdf]
- ICLEI (2020c), *Global Platform for Sustainable Cities (GPSC) Sustainable Urban Development Assessment (SUDA) Summary Report*, ICLEI – Local Governments for Sustainability, Bonn, [available at https://www.thegpsc.org/sites/gpsc/files/gpsc_suda_summary_report_16_oct_revised_external_002.pdf]
- ICLEI (2020d), *Cities SHIFT. Capacity building and networking for climate-and people-friendly mobility. Measuring ecomobility in six cities in China, India, and Uganda*, [available at <https://sustainablemobility.iclei.org/wpdm-package/cities-shift-capacity-building-and-networking-for-climate-and-people-friendly-mobility-report/?wpdmdl=68813&ind=Q2l0aWVzIFNlSUZUIEZpbmFsIHJlcG9ydC5wZGY>]
- ICLEI (2018a), *Multilevel climate action: the path to 1.5 degrees*, ICLEI – Local Governments for Sustainability, Bonn, [available at <https://carbonn.org/system/settings/frontpagepublicationattachments/000/000/001/original/ccr-report-2017-2018-web.pdf?1543941125>]
- ICLEI (2018b), *Cities and Regions Talanoa Dialogues: Leveraging subnational action to raise climate ambition*, ICLEI – Local Governments for Sustainability, Bonn, [available at <https://e-lib.iclei.org/wp-content/uploads/2019/01/Cities-and-Regions-Talanoa-Dialogues-2018-ICLEI.pdf>]
- IEA (2020a), *Global Energy Review 2020. The impacts of the Covid-19 crisis on global energy demand and CO2 emissions*, [available at https://iea.blob.core.windows.net/assets/7e802f6a-0b30-4714-abb1-46f21a7a9530/Global_Energy_Review_2020.pdf]
- IEA (2020b), *Smart grids report, Tracking report*, [available at <https://www.iea.org/reports/smart-grids>]
- IEA (2020c), *Building envelopes report*, [available at <https://www.iea.org/reports/building-envelopes>]
- IEA (2020d), *Energy Technology Perspectives*, [available at https://iea.blob.core.windows.net/assets/7f8aed40-89af-4348-be19-c8a67df0b9ea/Energy_Technology_Perspectives_2020_PDF.pdf]
- IEA (2020e), *UCCUS in clean energy transitions*, [available at https://iea.blob.core.windows.net/assets/181b48b4-323f-454d-96fb-0bb1889d96a9/CCUS_in_clean_energy_transitions.pdf]
- IEA (2020f), *Tracking Buildings 2020, Tracking report* [available at <https://www.iea.org/reports/tracking-buildings-2020>]
- IEA (2020g), *Renewables, Analysis and forecast to 2025. Fuel report* [available at <https://www.iea.org/reports/renewables-2020>]
- IEA (2018), *Technology Roadmap - Low-Carbon Transition in the Cement Industry* [available at <https://iea.blob.core.windows.net/assets/cbaa3da1-fd61-4c2a-8719-31538f59b54f/TechnologyRoadmapLowCarbonTransitionintheCementIndustry.pdf>]
- IPCC (2017), *AR6 Scoping Meeting Addis Ababa, Ethiopia, 1 – 5 May 2017*, IPCC Secretariat, Geneva, [available at <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/11/AR6-Chair-Vision-Paper.pdf>]
- IPCC (2018a), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, Intergovernmental Panel on Climate Change, [available at https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf]
- IPCC (2018b), *Annex I: Glossary*, In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [available at https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_AnnexI_Glossary.pdf]
- IPCC, (2018b), *Special Report on Global Warming of 1.5 Degrees, Chapter 1.1.3.*

- IPCC, (2014), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, [available at https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf]
- ISPRA (2020), Rapporto di sostenibilità 2020, Istituto Superiore per la Protezione e la ricerca Ambientale, [available at <https://www.isprambiente.gov.it/files2020/pubblicazioni/documenti-tecnici/rapporto-2020-ispra-settembre.pdf>]
- ISPRA (2019), *Ridurre le emissioni climalteranti: indicazioni operative e buone pratiche per gli Enti Locali, Quaderni Ambiente e Società 20/2019*, Istituto Superiore per la Protezione e la ricerca Ambientale, [available at https://www.isprambiente.gov.it/files2019/pubblicazioni/quaderni/Quad_AS_20_19.pdf]
- ISPRA (2014), *Qualità dell'ambiente urbano – X Rapporto – Focus su Le città e la sfida ai cambiamenti climatici*, Istituto Superiore per la Protezione e la ricerca Ambientale, [available at <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/focus-su-le-citta-e-la-sfida-ai-cambiamenti-climatici>]
- Levin, K. (2018), Half a Degree and a World Apart: The Difference in Climate Impacts Between 1.5°C and 2°C of Warming (WRI blog, 2018), [available at <https://www.wri.org/insights/half-degree-and-world-apart-difference-climate-impacts-between-15c-and-2c-warming>]
- Ministero della Ambiente, (2017), *Verso un modello di economia circolare per l'Italia*, [available at https://www.labparlamento.it/wp-content/uploads/2017/12/Verso-un-modello-di-Economia-Circolare_MinAmbiente.pdf]
- MISE (2019), Piano Nazionale integrato per l'energia e il clima, PNIEC [available at https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf]
- Neier, H., Neyer, J. and Radunsky, K. (2018), *International Climate Negotiations – Issues at stake in view of the COP 24 UN Climate Change Conference in Katowice and beyond*, Study for the Committee on Environment, Public Health and Food Safety, European Parliament, Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies, Luxembourg, [available at [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/626092/IPOL_STU\(2018\)626092_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/626092/IPOL_STU(2018)626092_EN.pdf)]
- OECD (2020), *COVID –19 and the low-carbon transition. Impacts and possible policy responses*, OECD Publishing, Paris, [available at <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/covid-19-and-the-low-carbon-transition-impacts-and-possible-policy-responses-749738fc/>]
- OECD (2019), *Accelerating Climate Action: Refocusing Policies through a Well-being Lens*, OECD Publishing, Paris, [available at <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/2f4c8c9a-en/index.html?itemId=/content/publication/2f4c8c9a-en>]
- OECD (2019b), Work in support of climate action, OECD Environment Directorate, [available at <https://www.oecd.org/env/cc/OECD-work-in-support-of-climate-action.pdf>]
- OECD (2018), *Rethinking Urban Sprawl, Moving Towards Sustainable Cities*, OECD Publishing, Paris, [available at <https://www.oecd.org/environment/tools-evaluation/rethinking-urban-sprawl-9789264189881-en.htm>]
- OECD (2015), *Climate Change Mitigation Policies and Progress*, OECD Publishing, Paris, [available at <https://www.oecd.org/env/climate-change-mitigation-9789264238787-en.htm>]
- OECD (2014), *Cities and Climate Change*, OECD Publishing, Paris, [available at <https://www.oecd.org/env/cc/Cities-and-climate-change-2014-Policy-Perspectives-Final-web.pdf>]
- PE (2020), *Neutralità carbonica: cos'è e come raggiungerla entro il 2050*, Articolo 08-10-2020 - 20190926STO62270. [available at https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2019/10/story/20190926STO62270/20190926STO62270_it.pdf]
- PNRR (2021), Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), [available at <https://www.governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf>]
- RSE (2017), Elementi per una roadmap della mobilità sostenibile. Inquadramento generale e focus sul trasporto stradale. [available at <http://www.rse-web.it/eventi/Elementi-per-una-Roadmap-della-mobilit-agrave-sostenibile-1.page>]

- UE (2021), Risoluzione legislativa del Parlamento europeo del 24 giugno 2021 sulla proposta di regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio che istituisce il quadro per il conseguimento della neutralità climatica e che modifica il regolamento (UE) 2018/1999 (Legge europea sul clima). [available at https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0309_IT.html#title1]
- UE (2018), Regolamento 2018/1999 sulla governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima che modifica le direttive (CE) n. 663/2009 e (CE) n. 715/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio, le direttive 94/22/CE, 98/70/CE, 2009/31/CE, 2009/73/CE, 2010/31/UE, 2012/27/UE e 2013/30/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, le direttive del Consiglio 2009/119/CE e (UE) 2015/652 e che abroga il regolamento (UE) n. 525/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio [available at <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1999&from=EN>]
- UN (2015), *Trasformare il nostro mondo: l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile*, A/RES/70/1, [available at <https://unric.org/it/agenda-2030/>]
- UN (2015b), *Paris Agreement*, [available at https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf]
- UN (2015c), *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*, [available at <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>]
- UNHABITAT (2021), *Urban Observatories: a Comparative Review*, [available at https://unhabitat.org/sites/default/files/2021/01/urban_observatories_report_v2.pdf]
- UNHABITAT (2020), *World Cities Report 2020: the Sustainable Development Goals Report*, United Nations, [available at <https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/09/the-sustainable-development-goals-report-2020-.pdf>]
- UNHABITAT (2020b), *The Sustainable Development Goals Report 2020*, United Nations, [available at <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020.pdf>]
- UNHABITAT (2017), *New Urban Agenda*, a United Nations publication, [available at <https://unhabitat.org/sites/default/files/2019/05/nua-english.pdf>]
- UNEP (2020), *Emissions Gap Report 2020. Nairobi*, United Nations Environment Programme, [available at <https://www.unep.org/emissions-gap-report-2020>]
- UNEP (2018), *Emissions gap report 2018*, United Nations Environment Programme, [available at https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/26895/EGR2018_FullReport_EN.pdf?sequence=1&isAllowed=y]
- Soja E. (2011), Beyond Postmetropolis, *Urban Geography*, 32(4), pp. 451-469.
- TFUE (2012), *Trattato sul funzionamento dell'Unione Europea*, [available at <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:12012E/TXT:IT:PDF>]
- WEF (2021a), *Net Zero Carbon Cities An Integrated Approach*, World Economic Forum, [available at http://www3.weforum.org/docs/WEF_Net_Zero_Carbon_Cities_An_Integrated_Approach_2021.pdf]
- WEF (2021b), *Global Risks Report (GRPS) 2021 16th Edition*, World Economic Forum, [available at http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2021.pdf]
- WEF (2020), *The Net-Zero Challenge Fast Forward to Decisive Climate Action*, World Economic Forum, [available at http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Net_Zero_Challenge.pdf]
- WEF (2019), *The Net-Zero Challenge Global Climate Action at a Crossroads*, World Economic Forum, [available at http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Net_Zero_Challenge_Part1.pdf]
- WMO (2020), *Greenhouse Gas Bulletin (GHG Bulletin) - No.16: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2019*, World Meteorological Organization Atmospheric Environment Research Division, Science and Innovation Department, Geneva [available at https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10437]
- WMO (2020b), *2020 State of Climate Services Report*, [available at https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10385]
- WMO (2020c), *State of the Global Climate 2020. Provisional report*. [available at https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10444]

2. Opportunità, indirizzi, strategie di mitigazione climatica attraverso la riduzione delle emissioni nelle città al 2030, verso la neutralità climatica al 2050

2.1. Opportunità di mitigazione del cambiamento climatico al 2030 e di neutralità carbonica al 2050: il ruolo delle *green city*

Con riferimento al *framework* delle problematiche e delle sfide evidenziate nel precedente capitolo, è possibile costruire un quadro delle opportunità di mitigazione del cambiamento climatico e di raggiungimento della *climate neutrality* che si presentano nell'ambito delle città, concretizzabili attraverso l'azione sui diversi sistemi costituenti l'ambiente costruito.

Scopo della costruzione di tale quadro di opportunità è quello di illustrare il ruolo chiave delle *green city*, articolato e multiplo, rispetto all'obiettivo di decarbonizzazione. In tal senso, devono essere tessute delle interrelazioni che mettano a sistema da una parte agli indirizzi che emergono dai report internazionali sul cambiamento climatico e dalle policy pertinenti, dall'altro lo stato dell'arte degli approcci progettuali e metodologici propri dell'area scientifica dell'architettura e della progettazione tecnologica-ambientale, con lo scopo di andare a sistematizzare gli "assi strategici" su cui occorre operare nell'ambito delle città, non necessariamente già integralmente incorporati nelle linee di indirizzo nazionali, europee ed internazionali.

Le città sono le maggiori responsabili della crescente pressione sull'ambiente, con quote elevate di prelievi di risorse naturali e restituzioni di inquinanti, e delle connesse implicazioni sulla sicurezza e sulla salute pubblica (ISTAT, 2020). Pertanto, è indispensabile considerare il ruolo che esse possono svolgere ai fini della mitigazione di tali impatti ambientali, ed in particolare del *climate change*.

Tale ruolo è stato riconosciuto dal Report del New Climate Economy che, nell'identificare le dieci aree chiave che offrono le maggiori opportunità per una più incisiva azione di mitigazione climatica, e che al contempo possono apportare anche significativi benefici economici, già nel 2015 ha collocato al primo posto la strategia "Accelerate low-carbon development in the world's cities". Il Report evidenzia infatti la necessità imprescindibile dell'impegno di tutte le città a livello globale, nell'implementare strategie di sviluppo urbano *low-carbon* che diano la priorità alle politiche e agli investimenti rivolti a: trasporto a basse emissioni; efficienza energetica degli edifici; produzione energetica da fonti rinnovabili; gestione efficiente dei rifiuti (New Climate Economy, 2015).

A livello globale, il Rapporto "Net Zero Carbon Cities An Integrated Approach" (WEF, 2021) fornisce un quadro di insieme circa le opportunità di mitigazione nelle città e raccomanda l'adozione di un approccio energetico integrato, definito come "efficienza sistemica", come soluzione alle attuali crisi ambientali, economiche, sanitarie e sociali. L'efficienza sistemica comprende: l'elettrificazione pulita, la tecnologia digitale intelligente, edifici e infrastrutture efficienti, insieme a un approccio di economia circolare alla gestione di acqua, rifiuti e materiali. La pianificazione e le tecnologie digitali che integrano edifici, energia, trasporti e sistemi idrici sono considerati centrali in questo senso. Le principali opportunità di raggiungere l'obiettivo di disporre di città *net zero carbon* sono identificate come segue:

- *Migliorare la produttività energetica*, grazie all'efficienza (a livello di edifici e di prodotti (elettrodomestici) ed alle *distributed energy resources* (DER), tramite il ricorso alla produzione diffusa da fonte rinnovabile e all'uso di batterie di piccola scala, per portare la produzione in prossimità dei luoghi di consumo e ridurre le perdite nel trasporto dell'energia;
- *Elettrificare i trasporti*, sia privati sia pubblici, sviluppando da una parte le policy e i regolamenti necessari a governare questa trasformazione delle infrastrutture, dall'altra a sostenere economicamente e promuovere lo sviluppo delle tecnologie, in particolare per i sistemi di ricarica;
- *Limitare il ruolo dei combustibili fossili* attraverso la decarbonizzazione dei sistemi di riscaldamento e raffrescamento, con il ricorso all'elettrificazione dei sistemi riscaldamento e alla distribuzione a rete del calore e dell'elettricità, creando sinergie nella fornitura all'interno dei singoli distretti;
- *Ottimizzare la domanda di energia* e la flessibilità di fornitura in risposta ad essa (WEF, 2021).

Adottando un approccio olistico, le città avranno così la possibilità di aumentare la loro resilienza rispetto a potenziali crisi future legate al clima e alla salute, con il ricorso a soluzioni che consentiranno alle città di ripensare le infrastrutture urbane in ottica *green* e *smart*, per una maggiore efficienza, resilienza ed equità.

Il ruolo chiave delle città ai fini dei target di decarbonizzazione fissati dall'Unione Europea è evidenziato parimenti nel 2030 Climate Target Plan, in cui la Commissione ha previsto di ridurre le emissioni nette di gas a effetto serra nell'UE di almeno il 55% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990 per poi arrivare alla neutralità climatica nel 2050, e nello European Green Deal, in attuazione degli obiettivi dell'Agenda 2030 for Sustainable Development (EC, 2020a; EC, 2019; UN, 2015).

In particolare, anche a seguito della crisi seguita alla pandemia di COVID-19, nell'ultimo biennio è emersa drammaticamente l'importanza degli edifici nella vita quotidiana dei cittadini europei, e al contempo si sono palesati la loro obsolescenza e le criticità, al punto che è apparso ancor più necessario definire una policy specifica che ne promuova la ristrutturazione profonda e su vasta scala. Nella "Renovation Wave", la Commissione Europea pone l'accento sull'opportunità di mitigazione climatica che risiede nel parco immobiliare europeo, caratterizzato da una diffusa obsolescenza, con più di 220 milioni di unità immobiliari (pari all'85% del totale) costruite prima del 2001, e l'85-95% degli edifici odierni che non è efficiente sotto il profilo energetico ma sarà ancora in uso nel 2050. Agli edifici, nel complesso, è imputabile circa il 40% del consumo totale di energia dell'UE e il 36% delle emissioni di gas a effetto serra associate a questo consumo (EC, 2020b).

Per rispettare i target del Piano per il Clima, entro il 2030 l'UE dovrebbe ridurre le emissioni di gas serra degli edifici del 60%, il loro consumo di energia finale del 14% e il consumo energetico per riscaldamento e raffrescamento del 18%. È pertanto urgente che l'UE si concentri su come rendere i nostri edifici più efficienti sotto il profilo energetico, a minore intensità di carbonio durante tutto il loro ciclo di vita e più sostenibili. Obiettivi centrali della "Renovation Wave" sono dunque di raddoppiare il tasso annuo di riqualificazione energetica degli edifici - residenziali e non - entro il 2030 e stimolare ad intraprendere ristrutturazioni energetiche profonde. Questi obiettivi richiederanno una mobilitazione di forze a tutti i livelli, che sfocerà nella ristrutturazione di 35 milioni di unità immobiliari entro il 2030 (EC, 2020b).

Grazie a tale “ondata di ristrutturazioni”, entro il 2030 potrebbero essere creati 160.000 posti di lavoro *green* in più nel settore edile dell'UE: l'Europa si trova quindi di fronte a un'opportunità unica per fare della ristrutturazione degli edifici un'operazione benefica sia per il clima che per la ripresa. NextGenerationEU, lo strumento della Commissione Europea definito a supporto della ripresa dalla crisi pandemica, metterà a disposizione, insieme al quadro finanziario pluriennale dell'UE, un volume inedito di risorse che potranno essere utilizzate anche per avviare la ristrutturazione al servizio della ripresa, della resilienza e di una maggiore inclusione sociale (EC, 2020b).

Si sottolinea così il ruolo chiave che le città possono svolgere nella grande sfida della mitigazione del cambiamento climatico, se sapranno andare incontro - in combinazione - ad una necessaria e complessa trasformazione della società. A tal fine, le città dovranno essere supportate da adeguati investimenti per una transizione verso un'economia globale a basse emissioni di carbonio.

Come già richiamato, nonostante le città coprano globalmente solo il 3% della superficie terrestre, il loro impatto in termini di produzione di emissioni di GHG è pari ad oltre il 70% del totale. Ciò che preoccupa, in particolare, è il trend di rapida espansione delle aree urbane, che potrebbe progressivamente determinare un incremento consistente delle emissioni climalteranti: la crescita delle città è veloce, e si stima che in Europa al 2050 quasi l'85% degli Europei vivrà in città (EC, 2020b). Per questa ragione, la sfida della mitigazione climatica deve essere affrontata dalle città e dai cittadini.

La rapida crescita della popolazione urbana spinge inoltre verso l'alto la domanda di materiali da costruzione per nuovi edifici, ampliamenti, ristrutturazioni e infrastrutture: ciò genera emissioni di CO₂ significative che risulteranno “incorporate” nei materiali da costruzione, al contrario del carbonio derivante dall'uso di energia, che può essere ridotto grazie all'efficientamento energetico degli edifici e delle reti di distribuzione (Bionova & One Click LCA, 2018).

In questa prospettiva, e all'interno del più ampio obiettivo di modernizzazione e decarbonizzazione dell'economia dell'Unione Europea, un'ambiziosa iniziativa, che esemplifica l'importanza strategica dell'azione da condurre per e con i cittadini per raggiungere la neutralità climatica della città, è rappresentata dal Programma della Commissione Europea “Proposed mission: 100 Climate-neutral cities by 2030 - by and for the citizens”, lanciato nel 2020. Di questo programma si illustrano di seguito gli aspetti strategici, che aiutano a comprendere la portata del ruolo delle città *green* nel cambiamento in ottica di decarbonizzazione complessiva dell'economia e dell'ambiente costruito che l'Europa sta contribuendo a guidare a livello globale.

2.2. La Missione “100 Climate-neutral cities by 2030 - by and for the citizens” della Commissione Europea

Finalizzato a supportare, promuovere e mostrare cento città europee nella loro trasformazione sistemica verso la neutralità climatica, rendendole degli hub di innovazione che possano ispirare altre città (EC, 2020b), il Programma “100 Climate-neutral cities by 2030 - by and for the citizens” della Commissione Europea consiste in una “Missione”, un processo nel quale le città stesse esprimeranno il loro interesse ad entrare. Verrà poi chiesto loro di eseguire un'autovalutazione del proprio livello di preparazione (Principiante, Esperto o Avanguardia): ciò consentirà una valutazione

del "deficit di politica climatica" della città, rispondendo al quesito "cosa dobbiamo fare di più rispetto a ciò che stiamo facendo attualmente per diventare climaticamente neutri entro il 2030?" (EC, 2020b).

Rispetto agli obiettivi dell'Agenda 2030 for Sustainable Development (UN, 2015), la missione olistica e trasformativa per le città climaticamente neutre così delineata dalla Commissione Europea, e basata sulla partecipazione dei cittadini e sull'inclusione sociale, può contribuire e aiutare l'UE a progredire verso molteplici Sustainable Development Goals (SDG), ed in particolare a due obiettivi *core* (EC, 2020b):

- Goal 11 – Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili
- Goal 13 – Adottare misure urgenti per combattere il cambiamento climatico e le sue conseguenze.

L'obiettivo della Missione è quello di trasformare "100 città" seguendo un approccio olistico: non si tratta chiaramente di un numero massimo né, d'altra parte, il target di decarbonizzazione 2030 potrà essere raggiunto da tutte le città coinvolte, vista la dimensione tanto vasta della sperimentazione, che coinvolge città di diverse dimensioni, in vari contesti, con differenziate competenze ed esperienze di partenza ma con una comune ambizione.

La Missione dimostra concretamente, tuttavia, come le città siano i luoghi nei quali la sfida della mitigazione dei cambiamenti climatici deve essere affrontata, attraverso l'attuazione integrata di strategie di decarbonizzazione per energia, trasporti, edifici e persino industria e agricoltura (EC, 2020b) ed il monitoraggio della loro efficacia con pertinenti indicatori.

Oltre a promuovere l'innovazione, a livello di governance della città, con il coinvolgimento attivo dei cittadini, e attraverso la sfida della digitalizzazione, il Programma della Commissione Europea individua due aree di azione cruciali, che vedremo più avanti corrispondere proprio a due "assi strategici" per la mitigazione del cambiamento climatico in ambito urbano.

La prima è la transizione energetica, una sfida che le città oggi – pur disponendo delle tecnologie idonee – faticano ad implementare, per la necessità di passare prima attraverso una trasformazione sistemica, che dovrà basarsi su un approccio olistico per la promozione, l'innovazione e la diffusione, una matrice di *governance* integrata e multi-livello e una collaborazione profonda e continua tra tutti i portatori di interesse ((EC, 2020b). Indispensabile infatti il coinvolgimento dei cittadini ai fini del raggiungimento del target climatico 2030, e la definizione di "percorsi di decarbonizzazione" (*selected decarbonisation pathway*), che fungano da indicatori per l'avanzamento.

Seconda area cruciale per la Missione delle "100 città" è rappresentata dalla mobilità sostenibile: le città coinvolte dovranno orientare le loro azioni politiche nella direzione segnalata dal Green Deal europeo, che prevede di garantire entro il 2050 un importante apporto dei trasporti alla neutralità climatica. Per fare ciò, dovranno ricorrere alle tecnologie digitali, atte a rendere la mobilità intelligente oltre che sostenibile (EC, 2020b).

Nell'ambizione di raggiungere la riduzione del 90% delle emissioni entro il 2050, il contributo dei trasporti al *Green Deal* europeo verrà guidato da quattro principi:

- Rendere il sistema di trasporto nel suo insieme più sostenibile;
- Rendere disponibili soluzioni alternative sostenibili ai cittadini e alle imprese dell'UE;

- Rispettare il principio "chi inquina paga" in tutte le modalità di trasporto;
- Promuovere la connettività e l'accesso ai trasporti per tutti.

Le quattro aree di azione nelle città coinvolte nella Missione della Commissione Europea saranno quindi le seguenti:

- Aumentare la diffusione di veicoli puliti e carburanti alternativi per il trasporto stradale, marittimo e aereo;
- Aumentare la quota di modalità di trasporto più sostenibili come la ferrovia e le vie navigabili interne e migliorare l'efficienza in tutto il sistema di trasporto;
- Incentivare le giuste scelte dei consumatori e le pratiche a basse emissioni;
- Investire in soluzioni a basse e zero emissioni, comprese le infrastrutture.

2.3. Gli indirizzi di riduzione dei GhG nelle città in Italia

Come definito nel Piano nazionale integrato per l'energia e il clima (PNIEC, 2019), l'Italia condivide l'orientamento comunitario teso a rafforzare l'impegno per la decarbonizzazione dell'economia e intende promuovere un *Green New Deal*, inteso come un patto verde con le imprese e i cittadini, che consideri l'ambiente come motore economico del Paese. L'esplicitazione dei contenuti del *Green New Deal* sta avvenendo progressivamente attraverso diversi provvedimenti, tra cui quelli di recepimento delle Direttive comunitarie attuative del pacchetto energia e clima, ma anche con iniziative ulteriori e sinergiche, come quelle contenute nella Legge di Bilancio 2020. Obiettivi generali nazionali definiti dal PNIEC sono: accelerare il percorso di decarbonizzazione, considerando il 2030 come una tappa intermedia verso una decarbonizzazione profonda del settore energetico entro il 2050 e integrando la variabile ambiente nelle altre politiche pubbliche; favorire l'evoluzione del sistema energetico, in particolare nel settore elettrico, da un assetto centralizzato a uno distribuito basato prevalentemente sulle fonti rinnovabili; accompagnare l'evoluzione del sistema energetico con attività di ricerca e innovazione che, in coerenza con gli orientamenti europei e con le necessità della decarbonizzazione profonda, sviluppino soluzioni idonee a promuovere la sostenibilità, la sicurezza, la continuità e l'economicità di forniture basate in modo crescente su energia rinnovabile in tutti i settori d'uso e favoriscano il riorientamento del sistema produttivo verso processi e prodotti a basso impatto di emissioni di carbonio che trovino opportunità anche nella domanda indotta da altre misure di sostegno (MISE, 2019).

Dopo una forte discesa tra il 2008 e il 2014, le emissioni pro capite di gas clima-alteranti in Italia, sono rimaste sostanzialmente inalterate fino al 2019 (PNRR). In Italia, le emissioni atmosferiche delle unità residenti, che ammontano nel 2018 a 438.1249 migliaia di tonnellate di CO₂ equivalente, sono per tre quarti generate dalle attività produttive e per un quarto dalla componente consumi delle famiglie, e dunque dal comparto abitativo all'interno del tessuto urbano. Elemento predominante dei gas serra in termini di CO₂ equivalente è l'anidride carbonica (82%), mentre il metano è presente al 10% (ISTAT, 2020).

L'Italia, come definito espressamente nell'ambito del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC), intende accelerare la transizione dai combustibili tradizionali alle fonti rinnovabili, promuovendo il graduale abbandono del carbone per la generazione elettrica a favore di un mix elettrico basato su una quota crescente di rinnovabili e, per la parte residua, sul gas. La

concretizzazione di tale transizione esige ed è subordinata alla programmazione e realizzazione degli impianti sostitutivi e delle necessarie infrastrutture (MISE, 2019).

Guardando al di là del comparto energetico, il contributo più significativo a livello nazionale alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti è atteso dal settore trasporti e da quello civile (residenziale e terziario), attraverso la combinazione di misure per l'efficienza energetica e l'impiego, sempre più consistente, delle rinnovabili (MISE, 2019).

Il Piano Nazionale di Ripresa e resilienza (PNRR), approvato nel 2021, contiene e definisce le sei missioni strategiche che rappresentano le aree tematiche strutturali di intervento a livello nazionale: digitalizzazione, innovazione, competitività e cultura; rivoluzione verde e transizione ecologica; infrastrutture per una mobilità sostenibile; istruzione e ricerca; inclusione e coesione; salute. Il Piano, nel rispetto delle linee di indirizzo del *Green Deal Europeo* e dell'Agenda 2030, prevede i seguenti obiettivi generali della rivoluzione verde e transizione ecologica:

- Rendere la filiera agroalimentare sostenibile, preservandone la competitività
- Implementare pienamente il paradigma dell'economia circolare
- Ridurre le emissioni di gas clima-alteranti in linea con gli obiettivi 2030 del Green Deal
- Incrementare la produzione di energia da fonti rinnovabili e sviluppare rete trasmissione
- Promuovere e sviluppare la filiera dell'idrogeno
- Sostenere la transizione verso mezzi di trasporto non inquinanti e le filiere produttive
- Migliorare l'efficienza energetica e la performance antisismica degli edifici
- Assicurare la gestione sostenibile della risorsa idrica lungo l'intero ciclo
- Contrastare il dissesto idrogeologico ed attuare un programma di riforestazione.

Rispetto all'aumento del ricorso alle fonti rinnovabili, in particolare, per quanto riguarda i pannelli fotovoltaici di nuova generazione, l'obiettivo dell'investimento previsto dal PNRR è portare la produzione nazionale dagli attuali 200 MW/anno ad almeno 2 GW/anno nel 2025 e a 3 GW/anno negli anni successivi.

Per il patrimonio edilizio si prevede poi nello specifico un miglioramento dell'efficienza energetica, in particolare per gli edifici pubblici quali le scuole, per le quali si intende realizzare un tasso di ristrutturazione della superficie degli edifici scolastici pari al 20% del patrimonio esistente che, sommato ad un 30% di edifici ad oggi già efficienti e sicuri, permetterebbe di raggiungere la quota del 50% complessivo in breve tempo (Presidenza del Consiglio dei Ministri, 2021).

Del resto, in ottica di *carbon neutrality*, la *deep renovation* degli edifici esistenti ricopre oggi un ruolo cruciale per gli obiettivi di efficienza energetica del Paese: basti pensare che gli edifici rappresentano oltre il 40% dei consumi energetici e che, con riferimento alla classe energetica, la performance degli edifici in Italia è fra gli ultimi posti a livello europeo (Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, 2020).

Infine, importanti prospettive di innovazione per individuare ulteriori opportunità di mitigazione del cambiamento climatico sono aperte dal Programma Nazionale per la Ricerca (PNR) 2021-2027, che annovera tra i propri articolati obiettivi i seguenti:

- individuare azioni e progetti innovativi che portino ad una riduzione delle emissioni e dei fabbisogni energetici;

- sviluppare politiche, piani d'investimento e forme di organizzazione socioeconomica e produttiva che riducano le emissioni;
- raggiungere l'obiettivo del Green Deal europeo della transizione energetica e della decarbonizzazione dei sistemi biofisici, insediativi/edilizi, infrastrutturali, socioeconomici e produttivi;
- adattare i contesti con azioni *green*, *grey* e *blue* nella convergenza di scelte sostenibili e mitigazione;

Obiettivi da raggiungere attraverso la ricerca su molteplici specifiche strategie e soluzioni quali: nuove tecnologie per la decarbonizzazione (produzione di energia da FER, biocombustibili, poligenerazione e sistemi multivettore); lo sviluppo di processi chimici e biologici per la produzione di vettori energetici low- e zero-carbon (ad esempio, idrogeno, metano, metanolo); nuove soluzioni per accumulo energetico, trasporto del calore, generazione e trasporto di fluidi freddi in ambito industriale; decarbonizzazione delle filiere produttive ad alta intensità energetica; recupero di energia e materiali da residui, rifiuti e processi industriali; sviluppo di comunità energetiche in ambito industriale, residenziale e misto e dei PED (*Positive Energy Districts*); sviluppo di tecnologie per la decarbonizzazione dei sistemi di trasporto terrestre, marittimo e aereo e delle infrastrutture portuali, aeroportuali e intermodali; evoluzione del sistema energetico a supporto della *e-mobility* e della decarbonizzazione dei trasporti (MUR, 2020).

2.4. Indirizzi per il raggiungimento della neutralità climatica delle città: tre focus per declinare le strategie sul piano dell'ambiente costruito

Con riferimento alla macro-questione del riscaldamento globale e dei mutamenti climatici, gli indirizzi per affrontare la sfida climatica nell'ambito delle città comprendono, come già richiamato, da una parte le misure di adattamento e innalzamento delle capacità di resilienza ai mutamenti ambientali e dall'altra le strategie di mitigazione dei cambiamenti climatici centrate sulla transizione energetica *green*, sulla mobilità sostenibile, sulla riqualificazione bioclimatica ed energetica del patrimonio costruito, sull'uso efficiente e circolare delle risorse.

Le *green city* offrono un potenziale molto elevato negli sforzi globali di mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici, ancora parzialmente inesplorato (Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, 2020). Tra le opportunità di mitigazione del cambiamento climatico e di raggiungimento della *climate neutrality* che si presentano nell'ambito delle città, si possono identificare tre concetti chiave su cui appare indispensabile focalizzare l'attenzione per massimizzare la riduzione delle emissioni climalteranti, garantendo al contempo un miglioramento delle performance ambientali degli insediamenti urbani e della qualità dell'abitare al loro interno:

- Il processo di *deep building renovation* dello stock abitativo esistente;
- Gli standard *net-zero* e *positive energy* alla scala dell'edificio e del distretto urbano;
- L'attivazione dello *smart environment* nell'ambito urbano.

2.4.1. La *deep energy renovation* degli edifici esistenti

Il processo di *deep energy renovation* applicato a livello di edificio, che conduce al target di drastica riduzione dei consumi energetici e può consentire di raggiungere l'obiettivo delle *zero emissions*, deve essere applicato su vasta scala al fine di conseguire risultati soddisfacenti a livello urbano. La riqualificazione di massa dell'edilizia esistente può contribuire significativamente al raggiungimento degli obiettivi di neutralità climatica delle città, se portata avanti con misure ed azioni che includano sia soluzioni attive (impianti di riscaldamento, raffrescamento, produzione energetica distribuita da fonti rinnovabili, etc.) sia l'apporto indispensabile delle soluzioni passive (da introdurre con il ricorso a strategie progettuali bioclimatiche).

Azioni consistenti di riqualificazione energetica e bioclimatica dello stock abitativo a livello di quartiere o di distretto, infatti, contribuiscono alla riduzione dei consumi energetici e delle correlate emissioni di GHG, attraverso la ridefinizione degli assetti costruiti, anche in termini di uso e occupazione degli edifici, delle caratteristiche e prestazioni degli involucri e degli impianti.

La direttiva sull'efficienza energetica (Direttiva 2012/27/UE) e la direttiva sulla prestazione energetica nell'edilizia (Direttiva 2018/844/UE) definiscono la *deep renovation* come una ristrutturazione profonda ed economicamente vantaggiosa di un edificio che riduce considerevolmente il consumo finale di energia rispetto alla condizione precedente all'intervento. In media si parla di una riduzione pari ad almeno il 60% di energia. In questo modo l'intervento diviene economicamente vantaggioso data la riduzione dei costi energetici durante l'intero ciclo di vita dell'edificio e quindi un rapido ritorno dell'investimento necessario a sostenere l'intervento. Entrambe le Direttive succitate contengono previsioni per incrementare il tasso di riqualificazione del patrimonio edilizio esistente, affrontando la sfida principale per la riduzione degli usi energetici e delle relative emissioni negli edifici, ovvero innalzare il numero, la qualità e l'efficacia degli interventi di *renovation* (CORDIS, 2018).

A livello europeo, la ristrutturazione profonda e di massa degli edifici esistenti potrebbe ridurre del 5-6% circa il consumo totale di energia e del 5% circa le emissioni di biossido di carbonio. Tuttavia, in media, ogni anno viene ristrutturato meno dell'1% del parco immobiliare nazionale, con percentuali che oscillano, negli Stati membri, fra lo 0,4% e l'1,2% (EC, 2020d). Per realizzare gli obiettivi comunitari in materia di clima ed energia, i tassi di ristrutturazione dovrebbero almeno raddoppiare.

A livello nazionale, ancora, il PNIEC (Piano Nazionale integrato per l'energia e il clima) (MISE, 2019) fa riferimento alla necessità di rinnovare il patrimonio edilizio esistente e predispone, ai fini dell'approfondimento sui tassi virtuali di ristrutturazione profonda al 2030, un apposito strumento modellistico. Le stime preliminari per il settore residenziale dei tassi virtuali di ristrutturazione profonda annui per il periodo 2020-2030, necessari a conseguire l'obiettivo 2030 PNIEC, mostrano la necessità di prevedere un'accelerazione del tasso virtuale di ristrutturazione profonda annuo fino a valori intorno allo 0,7%. A supporto di questo incremento, il Decreto-legge 30 aprile 2019, n.34 (D.L. Crescita), ha istituito un contributo in favore dei comuni, nel limite massimo di 500 mln€ per l'anno 2019 sul Fondo Sviluppo e Coesione (FSC) per interventi relativi a investimenti nel campo dell'efficientamento energetico e dello sviluppo territoriale sostenibile.

2.4.2. Gli standard *net-zero energy* e *positive energy* a livello di *building* e *district*

Il termine NZEB (*Nearly Zero-Energy Building*) è stato utilizzato per la prima volta nel pacchetto di Direttive Europee EPBD (*Energy Performance Building Directions*) pubblicato nel 2010. Gli stati membri hanno successivamente dovuto impegnarsi nell'introduzione di normative nazionali che promuovessero la realizzazione di edifici energeticamente efficienti.

L'EPBD richiede che tutti i nuovi edifici dal 2021 (e gli edifici pubblici già dal 2019) siano edifici a energia quasi zero (NZEB). Ai sensi dell'articolo 2, per "edificio a energia quasi zero" si intende un edificio con prestazioni energetiche molto elevate, come determinato conformemente all'allegato I. La quantità di energia richiesta quasi zero o molto bassa dovrebbe essere coperta in misura molto significativa da fonti rinnovabili, comprese le fonti prodotte in loco o nelle vicinanze dell'edificio.

Allo standard *Nearly Zero-Energy Building* (NZEB) si è affiancato progressivamente quello del *Net Zero-Energy Building*, che può essere attribuito ad edifici più performanti degli NZEB con un consumo energetico netto pari a zero. Prestazioni energetiche ancora più elevate caratterizzano edifici classificabili secondo lo standard *Positive Energy Building* o *Plus Energy building*, che producono un surplus di energia rispetto a quella consumata.

Con i riferimento ai suddetti standard, poiché le soglie e i range quantitativi non sono stati definiti nella direttiva EPBD, questi requisiti lasciano spazio all'interpretazione e consentono quindi agli Stati membri di definire gli NZEB, nei singoli Paesi, in modo flessibile, tenendo conto delle condizioni climatiche specifiche, di fattori locali legati alla produzione di energia primaria, dei diversi livelli di ambizione, delle varie metodologie di calcolo utilizzate e delle tradizioni costruttive locali. Per questo motivo le definizioni esistenti di NZEB differiscono significativamente da Paese a Paese, pur rappresentando ormai uno standard utile a marcare chiaramente, per ciascun contesto, le prestazioni minime che le nuove costruzioni devono necessariamente garantire.

Maggiori opportunità in ottica di decarbonizzazione derivano invece dallo standard *Positive Energy Building*, centrali nell'ambito del *green city approach*, poiché rappresentano di fatto degli hotspot di produzione di energia da fonte rinnovabile che possono essere messi a sistema nell'ambito urbano, attraverso le *smart grid*, per ridistribuire i surplus energetici ai fini della decarbonizzazione.

Estendendo lo standard di *Positive Energy Building* alla dimensione del quartiere/distretto urbano, si arriva al modello dei *Positive Energy District* (PED): tali porzioni degli insediamenti urbani rappresentano aree efficienti e flessibili dal punto di vista energetico, che producono e gestiscono attivamente un surplus di produzione energetica da fonti rinnovabili su base annuale, condivisibile con altre zone urbane a scala locale o regionale, contribuendo così ad un bilancio urbano tendenzialmente pari a zero di emissioni di gas ad effetto serra.

2.4.3. L'attivazione dello *smart environment* in ambito urbano

La transizione verde è fortemente connessa alle potenzialità della trasformazione digitale in corso, accelerata drammaticamente dalla recente pandemia COVID-19. Rendere le nostre città e comunità climaticamente neutre e intelligenti è un passaggio necessario per realizzare questa duplice trasformazione verde e digitale attesa nell'UE (EC, 2020b). Si tratta fondamentale di attivare lo

smart environment nell'ambito degli edifici e degli spazi di prossimità appartenenti alle nostre città, sfruttando al meglio le tecnologie abilitanti per promuovere innovazione e sostenibilità allo stesso tempo.

Come già richiamato, i modelli comportamentali e di consumo giocano un ruolo importante in relazione all'obiettivo di mitigazione del cambiamento climatico: in tal senso, le tecnologie digitali offrono un'opportunità imperdibile di attivare il coinvolgimento e la partecipazione dei cittadini, degli utenti, dei fruitori, orientandone i comportamenti e poi monitorandoli e mappandoli, facendo uso della sensoristica laddove utile, ed attivando processi di machine e deep learning per ottimizzare progressivamente i sistemi, soprattutto quelli che gestiscono l'energia, al fine di limitare i consumi e le emissioni. Strategica, in questo senso, è infatti la promozione e lo sviluppo di metodi di progettazione, simulazione, predizione, monitoraggio e valutazione supportati dalle tecnologie digitali, che consentano di prevedere e controllare e orientare le performance degli edifici, nell'ambito urbano, verso la decarbonizzazione.

Le stime indicano inoltre che le tecnologie dell'informazione e della comunicazione potrebbero fornire circa 7,8 GtCO₂ (gigatonnellate) di risparmi sulle emissioni, che rappresentano circa il 15% delle emissioni totali nel 2020. Esempi di progetti che potrebbero avere un grande impatto includono stabilità, efficacia e sicurezza delle reti elettriche a basse emissioni di carbonio, oppure lo smontaggio automatizzato e separazione dei rifiuti tramite AI e robotica (EC, 2020b).

Le infrastrutture energetiche intelligenti - generazione di energia, fonti di energia distribuite, cavi, reti di riscaldamento e raffreddamento, contatori intelligenti, ricarica intelligente e tutto ciò che comprende la "rete" – corrisponde a ciò che fa funzionare le città. L'energia è fondamentale per lo sviluppo socio-economico, alla base di tutti gli altri servizi. Senza infrastrutture energetiche, non ci sono elettricità, telecomunicazioni, trattamento delle acque reflue e trasporto elettrico (WEF, 2021).

Infine, la creazione dello *smart environment* in ambito urbano può favorire l'inclusione nell'accesso a beni e servizi, nonché garantire la possibilità di riequilibrare i surplus, non solo energetici, di risorse e prestazioni tramite la condivisione tra più utenti, in ottica di *sharing economy*.

2.5. Quadro degli assi strategici per la riduzione delle emissioni climalteranti nelle città

Partendo dall'impalcato teorico del *Green City Approach*, inteso come sistematica applicazione dei principi della Green Economy alla città e all'architettura (Antonini, Tucci, 2017), e tenendo in considerazione le sfide, le opportunità e i focus precedentemente delineati, è possibile identificare sei "assi strategici" su cui agire prevalentemente per la prevenzione e la riduzione dell'apporto di emissioni climalteranti da parte delle città. L'ambizioso target di abbattimento del 55% delle emissioni di gas a effetto serra entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990, e soprattutto quello del raggiungimento di zero emissioni nette di GHG nel 2050 nell'UE-27, obiettivi sanciti oggi per legge, attraverso la recentissima adozione della prima *European Climate Law* (28 giugno 2021), sono ancora lontani (EEA, 2020). Tuttavia l'intervento sistemico sull'ambiente costruito in ambito urbano guidato dagli "assi strategici" che andremo ad individuare, supporterà organicamente il raggiungimento dei target di neutralità climatica, andando a contribuire al contempo al

disaccoppiamento tra la crescita economica e il consumo di risorse che l'Europa si pone come proprio ineludibile obiettivo.

I sei "assi strategici", introdotti concettualmente nel precedente capitolo, sono i seguenti:

1. *Energy transition*;
2. *Bio-climate responsiveness*;
3. *Functional mixitè and proximity*;
4. *Resources circularity and self-sufficiency*;
5. *Sustainable mobility*;
6. *Urban greening, 'green' CO₂ subtraction; 'gray' CO₂ subtraction and storage*.

Tali assi strategici sono in buona parte direttamente richiamati nel quadro delle sfide, delle opportunità e degli indirizzi di mitigazione del cambiamento climatico di cui alla reportistica esaminata in precedenza. Tuttavia, come già osservato, mentre per gli assi portanti della *Energy transition*, della *Resources circularity and self-sufficiency*, della *Sustainable mobility* e dell'*urban greening, 'green' CO₂ subtraction, 'gray' CO₂ subtraction and storage* la reportistica e le *policy* internazionali mostrano di aver ampiamente compreso e valutato il potenziale in termini di decarbonizzazione, lo stesso non può dirsi per quanto riguarda la *Bio-climate responsiveness*, meno citata e compresa come opportunità strategica di abbattimento passivo dei fabbisogni energetici per il riscaldamento e il raffrescamento degli edifici. Anche l'asse strategico della *Functional mixitè and proximity*, seppur dibattuto, ha un portato di ricadute positive su diversi sistemi all'interno del tessuto urbano il cui valore, certamente difficile da quantificare, non è sempre richiamato.

Fondamentale è inoltre osservare come le dimensioni d'azione per l'implementazione degli assi strategici siano di fatto multiple. La risposta alle sfide sin qui descritte, attraverso tale implementazione, deve avvenire infatti:

- Alla scala dell'*edificio*, a partire dagli interventi che interessano l'assetto spaziale dello stesso, il suo comportamento bioclimatico, intervenendo sull'involucro edilizio come elemento di mediazione dinamica e a proprietà variabili tra lo spazio interno e quello esterno
- Nell'ambito degli *spazi aperti* ed *intermedi* tra gli edifici,
- La dimensione del *distretto* che rappresenta anch'essa una scala molto rilevante per l'analisi del territorio dal punto di vista dell'esperienza che ne fanno i cittadini (Long, 2012);
- La scala *urbana*, con la sua struttura e densità delle aree costruite, i diversi usi del suolo, la presenza delle reti *verdi* e *blu* che possono testimoniare, a diversi gradi, la naturalità al suo interno, e l'intenzione di rinforzare la biodiversità nella città (Long, 2012);
- La scala *sovra-urbana*, che dalla dimensione dell'area metropolitana può arrivare a quella regionale.

Di seguito, per ciascuno dei sei assi strategici, si individuano le principali strategie specifiche da applicare per un'efficace e sistematica prevenzione e riduzione delle emissioni climalteranti.

È importante rilevare, infine, come ai sei assi strategici qui identificati sia possibile, già oggi, ricondurre molteplici esperienze applicate in progetti ed interventi, sperimentali o meno, in cui essi sono attuati attraverso specifiche azioni progettuali e tecnologiche. Pertanto, nel capitolo successivo, i sei assi verranno organicamente declinati in azioni strategiche.

2.5.1. L'asse della *Energy transition*

Il concetto di transizione *green*, già richiamato, vede negli aspetti energetici la principale sfida strategica per la riduzione delle emissioni climalteranti, poiché la quota prevalente (circa il 70%) di emissioni di GHG deriva a livello globale proprio dalla combustione di carburanti da fonte fossile per produzione energetica (UNEP, 2018).

Fino ad oggi gli sforzi del settore delle costruzioni si sono orientati primariamente sulla produzione di energia da fonti rinnovabili (EEA, 2020), e contemporaneamente sull'efficientamento energetico degli involucri edilizi per ridurre i fabbisogni energetici in fase d'uso. Il passaggio dalle fonti fossili a quelle rinnovabili deve infatti essere necessariamente affiancato da strategie di riduzione dei fabbisogni energetici, affinché si possa efficacemente ridurre le emissioni climalteranti del settore energetico, come emerge da larga parte della reportistica a livello comunitario. La transizione energetica verso un sistema intelligente e diffuso di produzione e distribuzione dell'energia, basato prevalentemente sulla generazione locale da fonti rinnovabili, è da intendersi come determinante ai fini del raggiungimento della riduzione delle emissioni fissata dalla Legge Europea sul Clima (EC, 2021).

Entro il 2030, si prevede infatti che la quota di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili nell'UE dovrebbe almeno raddoppiare rispetto ai livelli attuali, passando dal 32% a circa il 65% o più (EC, 2020a). L'espansione della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili offrirà molte opportunità per sfruttare appieno le fonti europee, ad esempio l'energia eolica offshore, ma anche il solare, soprattutto nell'area mediterranea. Il ricorso alle fonti di energia rinnovabili, inoltre sta producendo progressivamente un incremento del grado di decentramento della produzione energetica, dando ai consumatori l'opportunità di essere più partecipi, ai *prosumer* di produrre, usare e condividere l'energia e alle comunità locali, in particolare quelle rurali, di incoraggiare gli investimenti locali in questo tipo di energia; sarà inoltre stimolata la creazione di nuovi posti di lavoro a livello locale.

La diffusione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili offre una grande opportunità per la decarbonizzazione in altri settori come quello del riscaldamento e del raffrescamento negli edifici e nell'industria. La valutazione d'impatto a livello europeo evidenzia che le energie rinnovabili usate per il riscaldamento e il raffrescamento raggiungerebbero una penetrazione di circa il 40% nel 2030. (EC, 2020a). Ulteriori settori su cui è necessario intervenire, oltre alle costruzioni sono l'industria e i trasporti.

Tuttavia, va riconosciuto come la pandemia di COVID-19 abbia interrotto le catene di approvvigionamento globali, comprese quelle per i progetti di energia rinnovabile, che potrebbero ritardare o ostacolare il loro completamento (OECD, 2020; PV Magazine, 2020). Il rischio è che le imprese coinvolte non possano ottenere i finanziamenti previsti e, di conseguenza, l'IEA ha previsto un calo delle aggiunte di capacità di energia rinnovabile nel 2020, a causa delle interruzioni della catena di approvvigionamento, delle misure di blocco, del distanziamento fisico e delle sfide finanziarie dovute alla pandemia (IEA, 2020). Il settore delle rinnovabili necessiterà quindi di un nuovo input, nell'ambito delle misure di ripresa post-pandemica, come previsto dal PNRR (Presidenza del Consiglio dei Ministri, 2021).

In rapporto alla dimensione urbana, la transizione energetica passa tuttavia anche attraverso l'attuazione di processi di *Deep Energy Renovation* del patrimonio costruito esistente, che valorizzino le risorse materiche ed energetiche in esso incorporati e, tramite la riqualificazione profonda degli spazi, dell'involucro e degli impianti, lo conduca verso un livello di emissioni pari a zero.

Tali strategie di efficientamento energetico del patrimonio edilizio devono necessariamente essere associate ad un crescente ricorso alla produzione energetica da fonti rinnovabili, procedendo all'integrazione dei dispositivi per la produzione nell'architettura e nella città. Strategie fondamentali, per valorizzare quindi nell'ambito urbano e alla scala dei singoli distretti, l'energia prodotta localmente da fonti rinnovabili, sono quelle dello stoccaggio e della distribuzione dinamica in rete del surplus generato, attraverso le *smart/dynamic grids*, nonché di gestione e monitoraggio intelligente dell'energia ad esempio con i sistemi di *smart metering*, nella direzione del modello di *Positive Energy districts*.

Questo nuovo modello dovrà essere integrato con una decarbonizzazione dei sistemi di riscaldamento e raffrescamento, nell'ottica della loro elettrificazione e con il ricorso sempre più consistente ai sistemi di *District heating and cooling* (DHC), ovvero alle reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento a servizio di più edifici all'interno di un distretto.

2.5.2. L'asse della *Bio-climate responsiveness*

Un contributo chiave, ai fini della decarbonizzazione, è offerto dall'introduzione di strategie bioclimatiche declinate, all'interno dei distretti urbani, a tre livelli: al livello degli spazi aperti e intermedi tra gli edifici; alla scala dell'organismo edilizio nel suo insieme; al livello dell'involucro edilizio. La progettazione in chiave bioclimatica, ottimizzando il rapporto tra il costruito e i fattori micro-climatici e garantendo l'elevazione della qualità del comfort ambientale, permette di sfruttare in modo passivo gli apporti esterni, in particolare della ventilazione e del soleggiamento, per ridurre i fabbisogni energetici e contemporaneamente migliorare le condizioni abitative, abbattendo le emissioni climalteranti.

Tali strategie bioclimatiche, che si applicano sia negli interventi di retrofit del patrimonio architettonico esistente – con l'aggiunta o la trasformazione di spazi e/o dispositivi specifici - sia nella nuova costruzione, se adottate in modo massivo, non contribuiscono soltanto ad abbattere i consumi energetici per riscaldamento e raffrescamento, limitato così le correlate emissioni di GHG, ma forniscono un importante apporto alla riduzione del *global warming* associato al cambiamento climatico.

I processi di *Mass Energy and Bio-climatic Retrofit* del patrimonio edilizio esistente sono dunque una componente non trascurabile dell'approccio integrato che occorre adottare per condurre i sistemi urbani verso il modello di decarbonizzazione.

Combinare, poi, le strategie di efficientamento energetico con quelle di responsività degli involucri edilizi rispetto ai fattori ambientali microclimatici, verso il modello di *variable properties skin*, ovvero di pelle che abbia la capacità di interagire dinamicamente con i fattori microclimatici modificando il proprio assetto e le proprie funzioni in modo da offrire di volta in volta una prestazione adeguata,

permette di limitare ulteriormente i consumi energetici e massimizzando il comfort ambientale interno, in risposta alla variazione delle condizioni dell'intorno.

2.5.3. L'asse della *Functional mixité and proximity*

L'asse strategico *functional mixité and proximity* vede nel ricorso ad un modello evoluto e dinamico di mix funzionale, inteso anche strumento per innescare il mix sociale e inter-generazionale, una possibilità di ottimizzare l'uso delle risorse materiali (spazi, flussi di risorse materiche) e immateriali (energia) nell'ambito delle città. Nell'ottica della densificazione, la concentrazione di più funzioni alla scala del quartiere e, soprattutto, del distretto, contribuisce così in molteplici modi alla riduzione dei consumi di risorse e delle emissioni climalteranti dovute ai trasporti, grazie agli spostamenti evitati, ma anche grazie alla ridefinizione degli assetti costruiti in termini di uso e modalità/tempi d'occupazione ed uso degli spazi e degli impianti degli edifici.

Del resto la mescolanza di funzioni all'interno di un settore dello spazio urbano, e segnatamente alla scala del *district*, garantendo la presenza di molteplici attività combinate con l'abitare, favorisce anche localmente la creazione di servizi e di posti di lavoro, e nel concretizzare una città in cui tutto è raggiungibile a breve distanza, oltre a limitare gli spostamenti e le connesse emissioni climalteranti, può aiutare a migliorare il benessere degli abitanti (Long, 2012).

Il concetto di città compatta, ed il ruolo strategico della forma urbana ai fini della decarbonizzazione, è del resto riconosciuto a livello internazionale, sebbene ancora non diffusamente implementato, probabilmente per la difficoltà di quantificare i benefici ottenibili migliorando la forma urbana: le emissioni di carbonio continuano a salire in molte città, nonostante il progresso delle tecnologie pulite. Tuttavia, questa strategia si rileva spesso la più economica per poter incidere simultaneamente su tutti i settori che impiegano energia (WEF, 2021).

Per prevenire la futura crescita delle emissioni dovute ad una progettazione urbana orientata all'automobile, le città possono adottare pratiche di trasporto sostenibile e di pianificazione dell'uso del territorio. La strategia prioritaria per l'abbattimento delle emissioni nelle aree metropolitane in rapida crescita consiste proprio nell'affrontare le esigenze abitative attraverso azioni di *infill* urbano invece che di *sprawl* suburbano (WEF, 2021).

In questa ottica, lo sviluppo della *mixité* funzionale all'interno degli ambiti urbani, dando vita a quartieri all'interno dei quali gli spostamenti possano avvenire nell'arco di 15 o 20 minuti (come negli esempi delle città di Parigi e Melbourne) consente a tutti i cittadini di vivere in prossimità dei propri luoghi di lavoro, servizi essenziali e attività ricreative. In questo senso, è possibile individuare un parallelo tra le due scale dell'edificio e della città: proprio come l'efficienza energetica nei singoli edifici aumenta i vantaggi delle tecnologie di elettrificazione del riscaldamento, una forma urbana efficiente ci aiuta a decarbonizzare ciascuno dei sistemi che compongono una città (WEF, 2021).

Gli spazi esterni di prossimità acquisiscono, in questa ottica, una molteplicità di potenziali funzioni: il concetto di *neighbourly* esprime proprio questa dimensione iper-locale nella quale la *mixité* funzionale ed il ricorso alle tecnologie digitali, che facilitano la collaborazione e la partecipazione dei cittadini, consente di mettere a sistema e condivisione risorse, spazi - alloggi, servizi e "third

places” (Oldenburg, 2000) e infrastrutture, contribuendo così alla *resource efficiency* e alla riduzione delle emissioni di gas serra.

2.5.4. L'asse della *Resources circularity and self-sufficiency*

L'obiettivo di rendere l'economia europea efficiente sotto il profilo delle risorse e circolare è strettamente connesso con quello della decarbonizzazione. In tal senso, l'implementazione del principio di circolarità, e di tutte le strategie che ne derivano, rappresenta un approccio ineludibile per poter affrontare da un lato la riduzione degli impatti ambientali legati all'estrazione e alla lavorazione delle materie prime, dall'altro quelli connessi alla gestione dei prodotti e materiali a fine vita.

Il settore delle costruzioni è responsabile di quasi il 50% in peso del consumo di materiali a livello dell'UE, consuma il 40% dell'energia e produce il 35% delle emissioni di gas serra (senza contare le emissioni incorporate) (ENEA et al., 2020). L'adozione di un approccio *Life Cycle* nella gestione delle risorse materiali impiegate nella realizzazione degli interventi edilizi risulta quindi oggi una priorità non più procrastinabile, al fine di implementare concretamente i principi di economia circolare e di contribuire ad evitare che l'impatto in termini di emissioni di GHG dovuto alle nuove costruzioni ma anche agli interventi di riqualificazione degli edifici esistenti cresca drammaticamente nei prossimi anni.

In relazione alle previsioni di rapida crescita delle aree urbane, che condurranno al raddoppiamento dello stock edilizio globale nel 2060, gli impatti in termini di emissioni di carbonio delle nuove costruzioni attesi entro il 2060, se si assume una media di 450 kg CO₂e/m², consisteranno in oltre 100 giga tonnellate di carbonio, un quantitativo pari a oltre tre volte le emissioni di CO₂ totali dovute globalmente alla combustione di carburante fossile (Bionova & One Click LCA, 2018).

Di contro, il report “The Circular Economy - a Powerful Force for Climate Mitigation” (Material Economics, 2020), dimostra come un'economia più circolare può ridurre drasticamente le emissioni dell'industria pesante: in uno scenario ambizioso, fino a 296 milioni di tonnellate di CO₂ all'anno nell'UE entro il 2050, su 530 Mt in totale – e circa 3,6 miliardi di tonnellate all'anno a livello globale (Material Economics, 2020).

Fare un uso migliore (e circolare) dei materiali già esistenti può quindi portare l'industria dell'UE a metà strada verso l'azzeramento delle emissioni nette. Inoltre il report evidenzia come implementare l'approccio circolare nel settore di produzione dei materiali da costruzione rappresenta un'opportunità economicamente interessante. Le iniziative per un'economia più circolare meritano quindi un posto centrale nella politica climatica e industriale dell'UE (Material Economics, 2020).

Incrementare l'efficienza nell'uso delle risorse materiali in edilizia è una strategia che può fortemente contribuire alla decarbonizzazione. La valorizzazione dei diversi tipi di flussi di rifiuti e il miglioramento dell'efficienza nell'uso dei materiali sono strategie cruciali nella maggior parte dei settori industriali. Mantenere i materiali nel *loop* produttivo invece che degradarli a rifiuti potrebbe portare a un risparmio fino a 178 Mton di CO₂ (soprattutto nel settore della plastica) (Material Economics, 2020).

Ulteriori margini di miglioramento sono rintracciabili nei processi produttivi del settore delle costruzioni, la cui ottimizzazione può portare a prodotti con una minore *material footprint*, grazie ad un migliore uso dei materiali e ad una migliore progettazione. Anche la razionalizzazione dei processi gioca un ruolo importante: si pensi ad esempio al fatto che il 15% dei materiali da costruzione viene sprecato durante la costruzione (ENEA et al., 2020). L'insieme coordinato di misure volte ad incrementare l'efficienza nell'uso dei materiali e la circolarità nella filiera edilizia porterebbe ad una potenziale riduzione di 56 milioni di tonnellate di CO₂ (Material Economics, 2020).

Un ulteriore fronte strategico è rappresentato dall'estensione della durata di vita dei prodotti, applicabile anche agli edifici, rendendoli flessibili ed adattabili a diversi usi nel tempo. Contemporaneamente, una maggiore durabilità e l'intensificazione dell'uso degli edifici potranno contribuire ad una riduzione di ulteriori 64 milioni di tonnellate di CO₂, grazie ad una minor necessità di materiali e prodotti per costruirli e mantenerli (ENEA et al., 2020).

L'implementazione sistematica di queste strategie di uso circolare delle risorse materiali nei processi di trasformazione del patrimonio costruito nelle città sono da considerarsi quindi necessari per raggiungere gli obiettivi climatici europei e globali, data la crescente domanda di materiali e il consistente tenore della CO₂ incorporata nei materiali e prodotti per le costruzioni (in particolare nella plastica, prodotta sulla base di fonti fossili, nei metalli e nel cemento, a causa degli elevati consumi energetici nei processi produttivi).

Appare quindi evidente che la *carbon neutrality* nel settore delle costruzioni non potrà essere raggiunta senza affrontare le emissioni incorporate, concentrate principalmente nei settori ad alta intensità energetica che producono materiali e prodotti intermedi per l'edilizia e le infrastrutture. L'approccio circolare rappresenta uno dei percorsi più promettenti e competitivi – dal punto di vista dei costi - per decarbonizzare questi prodotti, e dovrà necessariamente essere posto al centro delle politiche del settore delle costruzioni (ENEA et al., 2020)

Molteplici sono quindi le specifiche strategie di circolarità che dovranno essere implementate nell'ambiente costruito e specificatamente nell'ambito urbano. A partire dal "ReSOLVE Framework", che delinea le sei azioni chiave - da applicare in ottica multiscale a prodotti, edifici, quartieri, città, regioni o a livello di interi comparti economici - per guidare la transizione verso un'economia circolare (*Regenerate, Share, Optimise, Loop, Virtualise, Exchange*) (Ellen McArthur Foundation et al., 2015), ARUP ha declinato un ricco palinsesto di strategie circolari specifiche per l'architettura (ARUP, 2016), che evidenziano come la transizione verso la circolarità possa condurre ad un sistema costruito rigenerativo e benefico per l'uomo e per l'ambiente, in conformità alla teoria *Cradle to Cradle* (McDonough & Braungart, 2002), offrendo un contributo sinergico sia all'adattamento sia alla mitigazione del cambiamento climatico:

- *Regenerate – Rigenerare e ripristinare il capitale naturale:*
 - Salvaguardare, ripristinare e aumentare la resilienza degli ecosistemi
 - Restituire preziosi nutrienti biologici alla biosfera in sicurezza
- *Share – Massimizzare l'utilizzo delle risorse:*
 - Mettere in comune l'utilizzo dei beni
 - Riutilizzare i beni
- *Optimise – ottimizzare la performance del sistema:*

- Prolungare la vita dei beni
- Ridurre l'uso di risorse
- Implementare la logistica inversa (nell'ambito dell'edilizia, la *decostruzione*)
- *Loop - Mantenere prodotti e materiali in circolo, dando priorità ai cicli interni:*
 - Rigenerare e ricondizionare prodotti e componenti
 - Riciclo dei materiali
- *Virtualise - Sostituire l'uso delle risorse con l'uso virtuale:*
 - Sostituire i prodotti e servizi fisici con servizi virtuali
 - Sostituire luoghi fisici con luoghi virtuali
 - Fornire servizi a distanza
- *Exchange - Selezionare le risorse e la tecnologia con saggezza:*
 - Sostituire le fonti convenzionali non rinnovabili con fonti di energia e materiali rinnovabili
 - Utilizzare input alternativi di materiali
 - Sostituire soluzioni tradizionali con tecnologie avanzate
 - Sostituire modelli incentrati sul prodotto con nuovi modelli incentrati sui servizi.

L'implementazione di questo articolato set di strategie richiede lo sviluppo di nuovi modelli di business e di consumo, innovazione a livello di governance, di infrastrutture e soprattutto di processo e di prodotto, ma anche strumenti quali la simbiosi industriale, che pone l'attenzione sulla cooperazione tra le diverse catene del valore attraverso uno scambio di materia, energia, acqua e/o sottoprodotti tra industrie tradizionalmente separate, che consente di promuovere vantaggi competitivi, con benefici ambientali, economici e sociali per tutto il territorio coinvolto (MATTM, 2017). Un approccio integrato nella direzione dell'economia circolare che, a livello nazionale, è supportato dalla prima rete nazionale di simbiosi industriale (SUN – Symbiosis User Network) promossa dall'ENEA.

Gli approcci qui descritti possono contribuire, inoltre, al raggiungimento di una maggiore indipendenza delle industrie europee dall'importazione di materie prime. L'indicatore "*Self-sufficiency of raw materials for production in the EU*" è infatti tra quelli monitorati dall'EUROSTAT allo scopo di verificare il progressivo incremento dei comportamenti circolari (riduzione dei rifiuti, aumento del tasso di riciclaggio e del ricorso a materie prime seconde in luogo di materie prime vergini) (cfr. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/indicators>).

Infine, occorre precisare che le strategie circolari qui delineate devono essere applicate non soltanto ai materiali da costruzione, laddove il potenziale di decarbonizzazione è molto consistente viste le notevoli quantità in gioco, bensì anche agli altri flussi di risorse che caratterizzano il metabolismo urbano: l'energia, l'acqua, i prodotti alimentari, i rifiuti solidi urbani e gli speciali.

2.5.5. L'asse della *Sustainable mobility*

L'asse strategico *sustainable mobility* ha un peso cruciale per il raggiungimento della neutralità carbonica, se si pensa che in Europa il trasporto su strada è responsabile del 20% delle emissioni di CO₂ complessive (WEF & SYSTEMIQ, 2021). Il Green Deal europeo fissa l'obiettivo della riduzione delle emissioni dovute ai trasporti del 90% entro il 2050 (EC, 2019). Tuttavia, a livello comunitario si

registra che, mentre le emissioni dovute ad altri settori economici sono tendenzialmente diminuite negli ultimi decenni, quelle dovute ai trasporti sono invece cresciute (ICCT, 2021a). Occorre quindi attuare una strategia di decarbonizzazione ambiziosa per il settore dei trasporti, considerando che comunque è probabile che le emissioni dovute alla mobilità continueranno a rappresentare una quota crescente di quelle prodotte in Europa, e pertanto resteranno una sfida cruciale per il raggiungimento della neutralità climatica (ICCT, 2021b).

Nell'ambito urbano, le strategie da implementare per decarbonizzare il settore dei trasporti riguardano lo sviluppo di politiche e investimenti su trasporti pubblici, a basse emissioni e non motorizzati (New Climate Report, 2015), dando priorità a mezzi pubblici, mobilità dolce (biciclette), micro-mobilità elettrica (WEF & SYSTEMIQ, 2021) nonché alla condivisione dei veicoli e alla diffusione dei veicoli elettrici.

Il passaggio chiave, anche nel settore della mobilità, dovrà essere quello della sostituzione dei combustibili fossili con altri carburanti, inclusi i bio-carburanti e l'idrogeno.

A livello mondiale, la strategia prevalentemente attuata oggi è quella del passaggio ai veicoli elettrici, che sta progressivamente accelerando, con uno stock mondiale che ha raggiunto i 5 milioni di veicoli, tra quelli elettrici puri ed ibridi. A livello europeo, questa transizione del sistema della mobilità sta avvenendo in modo differenziato, con la Norvegia, la Germania e il Regno Unito che rappresentano i Paesi con il maggior numero di veicoli elettrici; l'Italia rappresenta un caso peculiare, poiché affianca un numero di veicoli elettrici ancora limitato alla presenza di veicoli alimentati da altri carburanti "alternativi" a quelli fossili (GPL e metano) (Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, 2020).

Ulteriore strategia chiave in cui si declina l'asse strategico della mobilità sostenibile è quella della condivisione dei veicoli, ovvero della *sharing mobility*. Tale strategia vede di fatto la mobilità trasformarsi in servizio, con la possibilità per i cittadini di non dover più ricorrere ad un veicolo di proprietà o necessariamente al trasporto pubblico collettivo per muoversi in ambito urbano, bensì con l'opportunità di ricorrere al "noleggio" di veicoli condivisi in soluzioni "*free-floating*" o "*station based*", attraverso un numero ormai consolidato di operatori in numerose aree urbane coinvolte a livello nazionale (Ciuffini et al., 2020).

Il contributo alla decarbonizzazione delle città che può derivare dalla trasformazione della mobilità urbana in ottica di sostenibilità può dimostrarsi quindi particolarmente consistente, a condizione che esso avvenga in ottica di elettrificazione dei trasporti, in abbinamento con una sempre crescente diffusione delle fonti rinnovabili nel settore della produzione di energia elettrica e in combinazione con la diffusione della *sharing mobility* (Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, 2020), oltre che con un rafforzamento e una transizione all'elettrico per le flotte del trasporto pubblico.

Tuttavia, diverse sono le sfide che si pongono in questo ambito, per le varie implicazioni sociali ed economiche e le complessità tecnologiche che la transizione *green* applicata ai trasporti comporta, e che dovranno essere affrontate per fronteggiare la necessaria riduzione delle emissioni del settore.

2.5.6. L'asse dello *Urban greening*, '*green*' CO₂ subtraction, '*gray*' CO₂ subtraction and storage

L'ultimo asse strategico comprende in primo luogo le strategie di *urban greening* che valorizzano la componente vegetazionale all'interno del tessuto urbano, contribuendo a rafforzarla nel suo ruolo di *Green Ecosystem Service*, con la duplice finalità di contribuire alla decarbonizzazione e all'aumento della resilienza degli insediamenti urbani. Grazie alla sua capacità di sottrazione di CO₂ tramite i processi di fotosintesi, il verde, alle varie scale e nelle sue diverse componenti, contribuisce infatti in modo determinante a caratterizzare la *green city*, favorendo la decarbonizzazione e al contempo generando benefici per la qualità della vita e la salute degli abitanti delle città, grazie ad impatti rilevanti e trasversali sulla qualità dell'aria, sul capitale naturale, sui rischi idrogeologici e sulle isole di calore (Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, 2020).

Gli spazi verdi urbani hanno infatti un importante potenziale di *carbon sequestration*, differenziato in base alle specie vegetali e alle caratteristiche della loro distribuzione negli spazi aperti, che può essere sfruttato per rimuovere la CO₂ dall'atmosfera, soprattutto se essi vengono messi a sistema e densificati, sfruttando anche le superfici esterne degli involucri edilizi per ospitare la vegetazione.

La strategia del bilancio verde (*green budgeting*), che molte città stanno introducendo, permette inoltre di pianificare la riduzione delle emissioni di CO₂ prevedendo i risparmi sui costi diretti e i co-benefici associati, per una più efficace allocazione delle risorse. Tale approccio è promosso dal *Green Deal* europeo e dall'OCSE per migliorare l'allineamento delle finanze pubbliche con gli obiettivi ambientali. (EC, 2020b)

Le strategie *green* per la sottrazione della CO₂ in ambito urbano, basate sulle infrastrutture verdi, possono essere integrate con l'implementazione delle strategie complementari *grey*, che aiutino ad aumentare la capacità di sottrazione e stoccaggio del carbonio dall'atmosfera. Queste ultime fanno riferimento a tecnologie per la cattura e il sequestro della CO₂ (Carbon capture and storage - CCS) e per la cattura, l'utilizzo e lo stoccaggio del carbonio (Carbon capture, utilisation and storage - CCUS), che prelevano carbonio da grandi fonti puntiformi (come gli impianti di produzione di energia o le industrie che utilizzano combustibili fossili o biomassa come combustibile) oppure la sequestrano direttamente dall'atmosfera, per poi stoccarla/usarla in loco oppure comprimerla e trasportarla altrove per impiegarla in varie applicazioni oppure stoccarla in formazioni geologiche profonde per uno stoccaggio permanente.

Le suddette tecnologie, pur essendo *end-of-pipe*, hanno una loro rilevanza strategica a livello globale: le strutture CCUS già oggi hanno la capacità di catturare a livello globale più di 40 MtCO₂ ogni anno (IEA, 2021). Il loro ruolo, di complemento prima di tutto alle strategie e tecnologie di prevenzione delle emissioni e in secondo luogo alle strategie di sequestro tramite le infrastrutture *green*, è riconosciuto, seppure indirettamente, dall'articolo 6 dell'Accordo di Parigi, che prevede approcci cooperativi volontari tra i diversi Paesi, all'interno dei quali i depositi di carbonio creati tramite CCS e CCUS possono essere intesi come una risorsa per lo scambio di quote di CO₂ (Tamme, & Scowcroft, 2020). In prospettiva, si può prevedere che queste strategie potranno svolgere un ruolo importante in futuro, nel fronteggiare andamenti del trend di diminuzione delle emissioni non in linea con le aspettative e i target che la comunità internazionale si è posta, ma dovranno essere

oggetto di ulteriori approfondimenti da parte del mondo della ricerca, che ne risolvano gli aspetti attualmente dibattuti.

References

- Antonini, E., Tucci, F. (eds.) (2017), *Architettura, Città e Territorio verso la Green Economy. La costruzione di un Manifesto della Green Economy per l'Architettura e la Città del Futuro | Architecture, City and Territory towards a Green Economy. Building a Manifesto of the Green Economy for the Architecture and the City of the Future*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Arup (2016), "Circular Economy in the Built Environment", available at: <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/circular-economy-in-the-built-environment>.
- Bionova, One Click LCA (2018), "The Embodied Carbon Review Embodied carbon reduction in 100+ regulations & rating systems globally", Bionova Ltd, available at: https://www.oneclicklca.com/wp-content/uploads/2018/12/Embodied_Carbon_Review_2018.pdf.
- Ciuffini, M., Asperti, S., Gentili, V., Orsini, R., Refrigeri, L. (2020) "4° Rapporto nazionale sulla Sharing Mobility", Osservatorio Nazionale Sharing Mobility della Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, available at: <http://osservatoriosharingmobility.it/wp-content/uploads/2020/12/IV-RAPPORTO-SHARING-MOBILITY.pdf>.
- CORDIS (2018), "Results Pack on Deep Renovation A thematic collection of EU-funded research and innovation results", available at: <https://op.europa.eu/it/publication-detail/-/publication/7726dd32-f6b1-11e8-9982-01aa75ed71a1/>.
- EC (European Commission) (2012), Direttiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 ottobre 2012 sull'efficienza energetica.
- EC (European Commission) (2018), Direttiva 2018/844 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 maggio 2018 che modifica la Direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica.
- EC (European Commission) (2019), Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, "Il Green Deal Europeo", COM(2019) 640 final, Bruxelles.
- EC (European Commission) (2020a), "Un traguardo climatico 2030 più ambizioso per l'Europa. Investire in un futuro a impatto climatico zero nell'interesse dei cittadini - Piano per l'obiettivo climatico 2030", COM(2020) 562 final, Bruxelles.
- EC (European Commission) (2020b), "Proposed Mission: 100 Climate-neutral Cities by 2030 – by and for the Citizens. Report of the Mission Board for climate-neutral and smart cities", Luxembourg, Publications Office of the European Union.
- EC (European Commission) (2020c), Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, "Un'ondata di ristrutturazione per l'Europa: inverdire gli edifici, creare posti di lavoro e migliorare la vita", COM(2020) 662 final, Bruxelles.
- EC (European Commission) - Dipartimento Energia (2020d), "Efficienza Energetica nell'edilizia", Bruxelles.
- EEA (2020a), *Trends and projections in Europe 2020 Tracking progress towards Europe's climate and energy targets- Report No 13/2020*, Publications Office of the European Union, available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-2020>.
- Ellen MacArthur Foundation, McKinsey Center for Business and Environment, SUN (2015), "Growth Within: A circular economy vision for a competitive Europe", available at: https://www.mckinsey.de/sites/mck_files/files/growth_within_report_circular_economy_in_europe.pdf.
- ENEA, INEC, ACR+, European Environmental Bureau, ECOPRENEUR (2020), "European Circular Economy Stakeholder Platform (ECESP) Coordination Group - Leadership Group on Construction, Orientation paper", available at: <https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/leadership-group-construction.pdf>.

- Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile (2020), "Italy Outlook 2019: Verso la decarbonizzazione *dell'economia*", Italia, available at: https://www.fondazionevilupposostenibile.org/wp-content/uploads/dlm_uploads/italyoutlook2019_Verso-la-decarbonizzazione-delleconomia.pdf.
- ICCT (International Council on Clean Transportation) (2021a), "Transport could burn up the EU's entire carbon budget", available at: <https://theicct.org/blog/staff/eu-carbon-budget-apr2021>.
- ICCT (International Council on Clean Transportation) (2021b), "The role of the European Union's vehicle CO2 standards in achieving the European Green Deal", available at: <https://theicct.org/sites/default/files/publications/EU-vehicle-standards-green-deal-mar21.pdf>.
- IEA (2020), "The Covid-19 crisis is hurting but not halting global growth in renewable power capacity", <https://www.iea.org/news/the-covid-19-crisis-is-hurting-but-not-halting-global-growth-in-renewable-power-capacity>
- IEA (2021), "About CCUS", IEA, Paris, available at: <https://www.iea.org/reports/about-ccus>.
- ISTAT (2020), "Rapporto SDGs 2020. Informazioni statistiche per l'Agenda 2030 in Italia", available at: https://www.istat.it/it/files//2020/05/SDGs_2020.pdf
- Long, N., Rousseau, F., Vye, D. (2012) "A multi-scale, morphological interpretation of the sustainable city" in Pacetti, M., (dir) *The Sustainable City VII: Urban Regeneration and Sustainability*, WIT Press, UK
- Material Economics (2020), "The Circular Economy - a Powerful Force for Climate Mitigation", available at: <https://materialeconomics.com/publications/the-circular-economy>
- MATM (2017), "Verso un modello di economia circolare per l'Italia", available at: https://www.labparlamento.it/wp-content/uploads/2017/12/Verso-un-modello-di-Economia-Circolare_MinAmbiente.pdf.
- McDonough, W., Braungart, M. (2002), *Cradle to cradle: remaking the way we make things*, North Point Press, New York (trad. it.: *Dalla culla alla culla. Come conciliare tutela dell'ambiente, equità sociale e sviluppo*, Blu Edizioni, Torino, 2003).
- MISE (2019), "Piano Nazionale integrato per l'energia e il clima – PNIEC", available at: https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf.
- MUR (2020), "Programma nazionale per la ricerca 2021-2027", available at: <https://www.mur.gov.it/sites/default/files/2021-01/Pnr2021-27.pdf>.
- OECD (2020), "COVID – 19 and the low-carbon transition. Impacts and possible policy responses", OECD Publishing, Paris, available at: <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/covid-19-and-the-low-carbon-transition-impacts-and-possible-policy-responses-749738fc/>.
- Oldenburg, R. (2000), *Celebrating the Third Place: Inspiring Stories About the "Great Good Places" at the Heart of Our Communities*, Marlowe & Company, Cambridge.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri (2021), "Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) - #NextGenerationItalia", Roma, available at: <https://www.governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf>.
- PV Magazine (2020), "BNEF lowers 2020 global PV outlook due to coronavirus concerns", available at: <https://pv-magazine-usa.com/2020/03/16/bnef-lowers-2020-global-pv-outlook-due-to-coronavirus-concerns/>
- Tamme, E., & Scowcroft, J. (2020), "The Role of CCS in the Paris Agreement and its Article 6. April", <https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2020/05/Article-6-and-CCS-GCCSI-April-2020-final.pdf>
- The New Climate Economy (2015), "Seizing the Global Opportunity: Partnerships For Better Growth And A Better Climate. The 2015 New Climate Economy Report", Washington D.C., USA, The Global Commission on the Economy and Climate, available at: http://newclimateeconomy.report/2015/wp-content/uploads/sites/3/2014/08/NCE-2015_Exec_summary_web.pdf.
- UN (2015), "Trasformare il nostro mondo: l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile", A/RES/70/1, available at: <https://unric.org/it/agenda-2030/>
- UNEP (United Nations Environment Programme) (2018), "Emissions gap report 2018", available at: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/26895/EGR2018_FullReport_EN.pdf?sequence=1&isAllowed=y

WEF (World Economic Forum), McKinsey & Company (2020), “Forging Ahead: A Materials Roadmap for the Zero-Carbon Car”, available at: <https://www.weforum.org/reports/forging-ahead-a-materials-roadmap-for-the-zero-carbon-car>

WEF (World Economic Forum) (2021), “Net Zero Carbon Cities An Integrated Approach”, available at: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Net_Zero_Carbon_Cities_An_Integrated_Approach_2021.pdf.

WEF (World Economic Forum), SYSTEMIQ (2021), “Paving the way: Eu Policy Action for Automotive Circularity”, http://www3.weforum.org/docs/WEF_Circular_Cars_Initiative_Paving_the_Way_2021.pdf

3. Azioni strategiche per *Zero Emission, Positive Energy* e *Carbon-Neutrality* nelle città al 2030/2050

Le città sono alle prese con il cambiamento climatico che rappresenta la sfida più urgente per l'umanità in quanto può compromettere la sicurezza alimentare e idrica, influire sulla salute, porre a rischio il benessere economico e sociale e minare gli ecosistemi. La situazione è resa ancora più difficile dall'aumento dell'urbanizzazione e del pendolarismo con i connessi aspetti di congestionamento e inquinamento atmosferico e di crescenti diseguaglianze economiche.

Diventa improcrastinabile ridurre le emissioni di gas a effetto serra, che contribuiscono a cambiare l'atmosfera globale, e garantire che le città siano resilienti agli impatti del cambiamento climatico stesso. Inoltre, per la sostenibilità urbana è necessario realizzare altri obiettivi importanti come la protezione della biodiversità, la riduzione dell'inquinamento e la ricerca dell'equità e della giustizia sociale.

La sostenibilità è un problema complesso erichiede soluzioni multiple, quali la riduzione dei consumi elettrici e dell'impatto delle attività umane sugli ecosistemi, il potenziamento delle infrastrutture circolari e digitali, la riqualificazione dell'ambiente costruito

Tali azioni possono essere talvolta in conflitto tra di loro in quanto non sono sommabili ma possono sia generare importanti sinergie sia influenzarsi negativamente peggiorando le *performance* ambientali; per questo è necessario prestare attenzione all'insieme combinato delle misure di adattamento e mitigazione da mettere in atto e avere una strategia unitaria per lo sviluppo sostenibile così da assicurare la massima coerenza possibile nell'impostazione e nell'attuazione dei diversi interventi.

Questo approccio consente una visione integrata e sistemica dell'area di osservazione che aiuta a definire scenari di intervento, caratterizzati da sostenibilità ambientale e circolarità dei processi, con l'obiettivo di pervenire alla neutralità carbonica migliorando la qualità ecosistemica, le prestazioni ambientali e l'adattività bioclimatica in ottica *green* con una gestione ampia e profondamente interagente dei sistemi: energia, aria, acqua, verde e rifiuti.

In vista della trasformazione sistemica, data la complessità dei parametri in gioco e la loro variabilità rispetto ai sistemi produttivi di riferimento, si impone necessariamente un trasparente sistema di monitoraggio circa gli avanzamenti e i relativi tempi di attuazione, la valutazione del perseguimento degli obiettivi e gli eventuali scostamenti nonché l'incentivazione di sistemi digitali di automazione, domotica e *building management* per tenere sotto controllo i consumi energetici e i comportamenti prestazionali degli spazi abitati con un'azione determinante che può provenire da un aumento del livello di partecipazione dei cittadini in tutte le fasi di sviluppo degli interventi e in quella di gestione.

L'intervento sul patrimonio immobiliare esistente, in termini di rigenerazione, riqualificazione, tutela, valorizzazione, resta in ogni caso la priorità e il primo strategico passo concreto da compiere in modo pieno e profondo, il che rende necessario definire programmi di valutazione, certificazione e riqualificazione energetica degli edifici pubblici e di quelli privati, in particolare degli aggregati edilizi che hanno la massa critica sufficiente per interventi di *deep renovation*, supportando il migliore utilizzo delle risorse disponibili di incentivi presenti - legati *in primis* al Piano Nazionale per la Ripresa e la Resilienza - e futuri, prospettando lo stato di intervento sul patrimonio esistente, non come un dato frammentario, occasionale, d'emergenza ma piuttosto come una condizione di mobilitazione necessaria, stabile e costante nel tempo.

3.1. Azioni strategiche di *Energy transition*

Gli edifici utilizzano un'enorme quantità di energia durante il loro funzionamento che rappresenta il 39,6% del consumo energetico nell'Unione Europea, più di qualsiasi altro settore, maggiore anche di quello dei trasporti (30,5%) e dell'industria (25,8%). La quota relativa agli edifici residenziali è del 26,1%. La stragrande maggioranza dell'energia utilizzata negli edifici è dovuta agli impianti di condizionamento termico degli ambienti, per riscaldamento e raffrescamento (85%). Dei 265 milioni di edifici europei, 240 milioni (90%) sono abitazioni (EC, 2020). Tutta la filiera del settore delle costruzioni contribuisce in maniera sostanziale all'inquinamento atmosferico e al cambiamento climatico.

L'emergenza globale causata dal virus Covid-19, nel giro di pochi mesi, ha trasformato il mondo intero. La diffusione pandemica del virus ha convinto molti governi a introdurre misure eccezionali per contenerne la diffusione, portando a chiusura temporanea di molte attività lavorative, commerciali, limitazioni alle socialità e ampie restrizioni ai viaggi. Una conseguenza importante di questa emergenza è l'impatto sulla qualità dell'aria, che è notevolmente migliorata. I dati raccolti dall'Agenzia spaziale europea (ESA) rivelano un interessante calo dell'inquinamento atmosferico in Italia, in particolare delle concentrazioni di biossido di azoto (NO₂) (ESA, 2020). Uno studio di Harvard ha scoperto che l'esposizione a lungo termine all'inquinamento atmosferico può aumentare significativamente il rischio di morte per Covid-19 (Harvard University, 2020). Gli sforzi per ridurre l'inquinamento *post* emergenza Covid-19 sono quindi essenziali per diminuire la vulnerabilità della popolazione, anche al virus.

La transizione energetica consiste nel passare da un'economia basata sui combustibili fossili a un'economia basata su fonti energetiche rinnovabili con zero emissioni nette di carbonio, tra le diverse disponibili sulla Terra, quali la solare, l'eolica, l'idroelettrica, la geotermica, quella delle onde e delle maree, disponibili in abbondanza. E' infatti ormai inequivocabilmente chiaro che se il mondo vuole incamminarsi sulla via della decarbonizzazione dell'atmosfera deve abbandonare quanto prima i combustibili fossili e passare all'approvvigionamento da fonti rinnovabili. Non c'è più tempo per aspettare l'esaurimento del petrolio, e per avere qualche *chance* di riuscire nell'impresa, bisogna puntare su tutte quei sistemi che possono alimentare la speranza di un futuro profondamente diverso, compresi quelli di rimozione dell'anidride carbonica dall'aria e dall'atmosfera.

Nel nuovo edificio della Scuola Internazionale di Copenhagen, nel distretto di Nordhavn, ad esempio, sono stati installati 12.000 moduli fotovoltaici colorati che coprono una superficie complessiva di 6.048 mq in grado di fornire energia per assicurare più della metà del fabbisogno energetico della scuola. Alla scala dell'intero distretto l'energia è generata in loco mediante pannelli fotovoltaici e solari e turbine eoliche. Per l'illuminazione di tutto il distretto sono stati utilizzati esclusivamente impianti Led, la cui intensità è collegata a sensori di movimento.

L'ambizione alla transizione energetica non si determina solo attraverso il passaggio dai combustibili fossili alle fonti energetiche rinnovabili; ci sono molti altri elementi da tener presente, come il *decentramento*, la *digitalizzazione*, la *elettrificazione* e la *resilienza*. Il *decentramento* si riferisce alla modifica del sistema energetico al fine di eliminare la dipendenza da pochi grandi impianti centralizzati e garantire l'approvvigionamento energetico da centrali più piccole. Nel caso delle fonti rinnovabili, ciò è importante per garantire la sicurezza dell'approvvigionamento e aumentare la resilienza. Tutti gli aspetti del sistema energetico, quali generazione, trasmissione e domanda finale, necessitano di essere integrati con le tecnologie dello *smart environment* che hanno tutte, direttamente o indirettamente, a che fare col concetto di *digitalizzazione*. Per ridurre la dipendenza dai combustibili fossili si rende indispensabile incrementare l'utilizzo di fonti rinnovabili supportate da tecnologie digitali, così come ha previsto il Piano Clima FitFor55 della Commissione Europea.

Questi cambiamenti all'interno del sistema energetico avranno un impatto significativo sulla sua *resilienza*. In questo caso, resilienza rappresenta la capacità di adattarsi agli obiettivi della transizione energetica e agli impatti derivanti dal cambiamento climatico, ma anche a tutta una serie di nuove minacce al sistema energetico che potrebbero sorgere nel breve termine così come nel futuro, con probabilità ancora maggiore se non cambierà significativamente qualcosa. Le fonti rinnovabili dipenderanno maggiormente da fattori incontrollabili come il tempo, mentre una crescente digitalizzazione porterà alla necessità di un innalzamento della sicurezza informatica. All'interno della transizione energetica è importante integrare agilità e flessibilità per garantire che il sistema energetico possa resistere ai rischi che dovrà affrontare.

Per realizzare la transizione energetica saranno necessarie nuove tecnologie per sostituire l'energia convenzionale. Molti settori dipendono fortemente dai combustibili fossili per soddisfare il loro fabbisogno energetico. Tuttavia, ci sono molte soluzioni per portare questi settori verso l'utilizzo di energia senza carbonio. L'ambizione è limitare il cambiamento climatico in quanto ciò è dannoso sia per la vita che per l'economia. L'Unione Europea punta ad un sistema economico che non emetta più emissioni di carbonio e ciò sarà attuato dal *Green Deal*.

I principi-cardine che possono svolgere un ruolo nella transizione energetica sono:

- il risparmio energetico, ossia il cambiamento più semplice ed efficace che si possa fare in quanto qualsiasi energia che non viene consumata è anche energia che non bisogna produrre;
- l'efficienza energetica, il suo miglioramento comporta meno energia per soddisfare la stessa domanda;
- le tecnologie rinnovabili in sostituzione di combustibili fossili per fornire elettricità o energia in altre forme.

L'Unione Europea ha cercato di migliorare le prestazioni degli edifici e di limitare il consumo energetico attraverso la Direttiva sul rendimento energetico nell'edilizia (EPBD) mirando alla drastica riduzione delle emissioni di gas serra degli edifici dell'80% entro il 2050, attraverso una fase di definizione dei requisiti minimi che porteranno all'ampia diffusione degli edifici a energia quasi zero (NZEB) (BPIE, 2021).

Il miglioramento delle prestazioni energetiche e la riduzione del loro impatto ambientale nei nuovi edifici e in quelli esistenti possono essere raggiunti con un semplice approccio in due fasi: ridurre la domanda di energia ed gestire l'energia in modo ottimale (Voss, 2011). Ridurre il consumo energetico dell'edificio è realizzabile progettando adeguatamente l'edificio in termini di orientamento e rapporto tra superfici opache e trasparenti, secondo il clima e il microclima locali, migliorando le prestazioni termiche dell'involucro; grazie all'uso della ventilazione naturale è possibile ridurre la dipendenza dai sistemi meccanici, inoltre il guadagno solare passivo limita la perdita di calore perimetrale e massimizza i guadagni nei mesi invernali, infine l'uso della luce naturale riduce il fabbisogno di illuminazione elettrica.

È chiaro che l'efficienza energetica da sola non basta. D'altro canto, è anche necessario considerare che gli edifici devono fornire all'utenza un ambiente interno confortevole e salubre. Anche a causa dell'allerta globale Covid-19 più che mai è cresciuta la consapevolezza di quanto sia importante vivere in ambienti confortevoli e salubri. È stato stimato che i cittadini europei trascorrono circa il 90% del loro tempo in ambienti interni sia pubblici che privati, come case, luoghi di lavoro, scuole, mezzi di trasporto, palestre (Mitova et al, 2020). Quindi, la qualità dell'aria interna ha un grande impatto sulla salute e sulla qualità della vita. Per molte persone i rischi per la salute derivanti dall'esposizione all'inquinamento dell'aria interna possono essere maggiori di quelli legati a quello esterno.

Ad ogni modo, efficienza energetica, impatto ambientale e *comfort* termico di solito si influenzano a vicenda, talvolta in modo opposto, ma devono essere tutti inclusi in una visione di sostenibilità. Grazie ai progressi tecnologici è oggi possibile misurare e controllare tutti questi parametri: le abitazioni vengono trasformate dalle tecnologie della domotica e si prevede che questi approcci diventeranno più diffusi in futuro. Nell'Eco

distretto di Aspern Seestadt (Vienna) gli edifici sono integrati e collegati in una *grid* per scambiarsi informazioni su consumi e richieste energetiche. Analoga misura è adottata nel District of La Fleuriaye (Nantes, Francia) dove tutti gli edifici sono dotati di misuratori energetici digitali che consentono una immediata lettura dei consumi da parte degli utenti e ne favoriscono il controllo.

Un settore che ancora dipende fortemente dai combustibili fossili è il riscaldamento/raffrescamento. Esistono diversi metodi per generare questa energia senza carbonio. Tra quelli più noti e consolidati, vi è quello dell'ampia gamma del solare termico, che utilizza le radiazioni del sole per il riscaldamento dell'acqua all'interno di sistemi tecnologici ormai molto noti. Per i mesi invernali, quando non c'è abbastanza sole, in modo altrettanto noto e consolidato si può usare il riscaldamento elettrico o le pompe di calore, che il calore dall'esterno o dal sottosuolo per riscaldare gli edifici a una determinata temperatura di base. Il riscaldamento elettrico può fare il resto semplicemente trasformando l'elettricità in calore. Questi metodi richiedono l'uso dell'elettricità, che presuppone la sua generazione da fonti energetiche rinnovabili (CIEP, 2017).

Nell'industria dell'UE la maggior parte del consumo energetico proviene da processi di riscaldamento che richiedono la combustione di carburante. Come si sostituiscono questi processi di riscaldamento? Per i processi a bassa temperatura si possono usare il riscaldamento elettrico e le pompe di calore, come è stato nominato prima. Per processi a temperatura più elevata possono essere utilizzati combustibili alternativi come l'idrogeno o il biogas.

Il teleriscaldamento consente l'utilizzo del calore di scarto dell'industria. I processi industriali spesso richiedono il riscaldamento dei materiali ad alte temperature, diverse centinaia di gradi centigradi o più. È possibile utilizzare questo calore in modo produttivo. Il calore industriale è solitamente prodotto sotto forma di gas caldi, che possono essere passati attraverso uno scambiatore di calore e/o una pompa di calore per riscaldare l'acqua, che può quindi essere utilizzata per il teleriscaldamento nei quartieri o nelle città vicine. Il teleriscaldamento distribuisce il calore attraverso un sistema di tubi isolati per soddisfare la domanda di riscaldamento residenziale e commerciale. Questa acqua riscaldata può essere utilizzata per il riscaldamento degli ambienti o per il riscaldamento dell'acqua. Poiché i processi industriali funzionano tutto l'anno ciò potrebbe fornire aiuti per la conservazione dell'energia e fornire una fonte rinnovabile di calore disponibile per le case durante l'intero periodo.

È quanto è stato realizzato a Nieuwe Dokken (Ghent, Belgio) dove un terzo del fabbisogno termico viene fornito sulla base dei rifiuti organici e delle acque reflue mentre il calore rimanente proviene da un'azienda vicina. Questa tecnologia si chiama *Zawent* (Zero AfvalWater met Energie en Nutrienten Terugwinning). L'acqua nera e i rifiuti di cucina contengono elevate quantità di energia e sostanze nutritive, che è possibile recuperare grazie a un reattore a biogas. I microrganismi convertono le molecole organiche in molecole di gas, questo crea biogas che viene bruciato localmente per riscaldare le abitazioni. Durante i fine settimana è possibile passare a un'installazione di *backup* a gas naturale, se necessario. Il calore viene pompato dal seminterrato all'edificio e a tutte le abitazioni, dove viene trasferito tramite una fornitura di calore impostata al riscaldamento a pavimento e al sistema di acqua calda sanitaria. Ogni utente imposta la temperatura desiderata con uno o più termostati.

Bilanciando le esigenze dei diversi settori, delle infrastrutture edilizie, della tipologia insediativa, dei trasporti e della mobilità è possibile contribuire attivamente alla resilienza e all'equilibrio del sistema energetico gestendo le sue interazioni (United Nations Environment Programme, 2020). Tra i principali strumenti figurano la gestione della domanda, l'accoppiamento settoriale e lo stoccaggio. Risulta necessario gestire le interazioni tra il distretto urbano/quartiere e il sistema energetico regionale in modo da consentire la neutralità del carbonio e il 100% di energia rinnovabile nel consumo locale e un ulteriore surplus di energia rinnovabile nel corso dell'anno (IRENA, 2017).

I sistemi energetici distrettuali forniscono riscaldamento o raffreddamento da un impianto centrale o da un complesso di fonti che distribuiscono energia a molti edifici, spesso a un quartiere tramite una rete di tubi sotterranei. Senza singole caldaie o refrigeratori gli edifici collegati a un sistema energetico distrettuale beneficiano di una maggiore efficienza energetica, flessibilità dei combustibili grazie alle economie di scala e allo spazio produttivo aggiuntivo negli edifici. La migliore efficienza e il basso contenuto di carbonio nei sistemi energetici distrettuali costituiscono una parte fondamentale delle strategie per il cambiamento climatico e le energie rinnovabili in molte città (IRENA, 2019).

L'energia distrettuale è una soluzione energetica collaudata, che affonda le sue radici in epoche molto lontane, fino a quelle dove avveniva il riscaldamento di serre e bagni termali dell'antica Roma. Un numero crescente di città ha adottato questo tipo di soluzione con impianti inizialmente alimentati dalla generazione di calore a carbone e petrolio, e progressivamente convertiti in sistemi basati sulla combinazione di calore e altre forme di energia, di biomasse e altre forme di generazione rinnovabile, alla ricerca di maggiore efficienza e sostenibilità. Oggi, in alcune città europee, in primis quelle scandinave, nord-europee, mittel-europee, francofone, quasi tutto il riscaldamento necessario viene fornito attraverso reti energetiche distrettuali a basse emissioni di carbonio. La rete di teleriscaldamento è una delle soluzioni più diffuse nelle azioni di rigenerazione urbana in funzione dell'abbattimento di CO₂ e in ogni contesto si tende a utilizzare il mix energetico rinnovabile maggiormente disponibile (geotermia, solare, fotovoltaico, eolico, ecc.). Si sottolineano, tra le tante ormai in essere, le esperienze della rete di City-Zen (Amsterdam), di Southwest Ecodistrict (Washington DC) e, per gli sviluppi futuri, della rete di Eikenott Ecodistrict (Gland, Svizzera).

Più recentemente, anche la domanda di teleraffreddamento è in aumento, insieme all'aumento dell'urbanizzazione nei climi più caldi. Il teleraffreddamento funziona secondo un principio simile al teleriscaldamento, ma fornisce acqua refrigerata agli edifici per sostituire le unità di condizionamento tradizionali meno efficienti. Si segnala al riguardo la rete di teleraffreddamento Climespace di Parigi che utilizza refrigeratori elettrici determinando una riduzione del 35% di elettricità utilizzata e un miglioramento del 50% dell'efficienza energetica primaria e il 65% in meno di acqua utilizzata con una riduzione delle emissioni del 50% di CO₂.

I più recenti sistemi energetici distrettuali forniscono servizi di riscaldamento e raffrescamento utilizzando moderne tecnologie come la cogenerazione, le pompe di calore, l'accumulo termico, il recupero del calore "di scarto" da processi industriali, geotermia, digestione anaerobica ed energia rinnovabile decentralizzata. Nel complesso i sistemi energetici distrettuali sono essenziali per supportare un passaggio trasformativo verso un'energia efficiente, a basse emissioni di carbonio, resiliente e a costi inferiori come l'energia elettrica, il trattamento delle acque reflue, i servizi igienico-sanitari, gestione e trasporto dei rifiuti (C2ES, 2017).

Le energie rinnovabili, in particolare l'energia solare ed eolica, contribuiranno in futuro alla quota maggiore di elettricità. Nell'Eco-district La Marine (Parigi) è attuato un *energy mix* molto spinto, con l'annullamento della produzione di energia da combustibili fossili e un'enorme implementazione di fonti rinnovabili, prevalentemente solare integrato con geotermia. Tutto il distretto è stato sottoposto ad attente simulazioni per ottimizzare il comportamento delle fonti rinnovabili. Rispetto allo sviluppo convenzionale del resto della città l'obiettivo è di ridurre le emissioni di carbonio dell'80%. Tutti gli edifici nell'eco-distretto, oltre a essere dotati di sistemi solari fotovoltaici e termici integrati prevalentemente nelle coperture, hanno un livello altissimo di prestazione energetica con tendenza al modello dello *zero energy* e, in alcuni casi, del *positive energy*.

La produzione di energia rinnovabile comporta tuttavia il superamento di alcuni limiti intrinseci dovuti al disallineamento tra consumo e generazione in quanto la domanda di elettricità può sempre avvenire mentre la sua produzione dipende dalle condizioni meteorologiche. La seconda sfida riguarda la disponibilità geografica. La maggior parte dell'elettricità rinnovabile può essere generata solo in un luogo specifico. Si ha

bisogno del trasporto di elettricità per spostare l'elettricità dalla produzione al consumo. La migliore soluzione disponibile attualmente è lo stoccaggio dell'energia.

Le fonti di generazione rinnovabili, quali energia idroelettrica, eolica, solare e biomassa, diventeranno tipiche dopo la transizione energetica. L'energia idroelettrica è una cosiddetta fonte di energia di carico di base e può essere sempre generata. L'energia eolica, invece, dipende dalla disponibilità di vento. Ciò rende la produzione di elettricità di un parco eolico una fonte di energia variabile. Lo stesso vale per l'energia solare, il sole splende solo durante il giorno e ci sono più giornate di sole in estate che in inverno. In Europa, i paesi meridionali produrranno un'energia più elevata dai loro pannelli solari di quelli nordici. Infine, per quanto riguarda la biomassa si ha bisogno della disponibilità di terreni per poterla produrre.

L'energia rinnovabile è quindi prodotta a livello locale e consente una riduzione ottimale delle emissioni di gas serra; tuttavia, la sua produzione è fortemente dipendente dalle condizioni locali. Poiché non si può controllare la produzione di elettricità fino al momento della sua generazione si ha bisogno di altre soluzioni per collegare l'offerta alla domanda, ad esempio agendo sulla flessibilità della domanda di elettricità, sullo stoccaggio di energia, sui sistemi di smart grid dinamici, capaci di adattarsi e variare a seconda della domanda e delle esigenze durante il giorno, le stagioni, l'anno.

A questo fine sono disponibili molti tipi di batterie, come quelle agli ioni di litio. In una batteria l'elettricità viene immagazzinata in forma chimica e successivamente riconvertita in elettricità. Infine, è possibile avere una forma di stoccaggio meccanico mediante l'uso di un sistema idroelettrico di pompaggio per l'accumulo di energia potenziale in un bacino naturale o artificiale utile per l'immagazzinamento a lungo termine con l'utilizzo nel periodo invernale degli eccessi di produzione estivi.

Tra i mezzi di stoccaggio vi è inoltre la biomassa che può essere immagazzinata e utilizzata per la produzione di elettricità quando necessario. Inoltre, lo stoccaggio di energia può avvenire tramite l'operazione di ricarica di notte dei veicoli elettrici, quando tra l'altro i prezzi dell'elettricità sono più bassi, utilizzando l'energia prodotta in eccesso nei picchi di produzione. Questo tipo di stoccaggio, noto come *vehicle to grid* (V2G) è estremamente vantaggioso per le utility, riduce la necessità di generazione aggiuntiva durante le ore di punta e di ingenti investimenti in un sistema di stoccaggio della batteria su larga scala e infine può anche contribuire alla stabilità della rete in un sistema di energia altamente rinnovabile (EC, 2018).

3.2. Azioni strategiche di *Bio-climate responsiveness*

La progettazione bioclimatica ha come obiettivo la valorizzazione dell'ambiente e il miglioramento delle condizioni di vita a scala urbana e di edificio. L'azione combinata del cambiamento climatico e dell'urbanizzazione determina il rapido surriscaldamento urbano che reclama soluzioni di *comfort* termico.

L'architettura caratterizzata da *bio-climate responsiveness* prende in considerazione la stagionalità, la direzione del sole (percorso e posizione solare), l'ombra naturale fornita dalla topografia circostante, i fattori ambientali (come vento, precipitazioni, umidità) e i dati climatici (temperatura, modelli meteorologici storici, ecc.) avvalendosi anche della modellazione energetica e della fluidodinamica computazionale per progettare abitazioni e spazi confortevoli ed efficienti dal punto di vista energetico.

L'ubicazione dell'area di progetto definisce la disponibilità delle risorse climatiche. Il progetto su parti di città e sui singoli edifici determina in che modo queste risorse climatiche influenzano il bilancio energetico. Le informazioni riguardano: sole, terra, vento, acqua e cielo.

Per l'edificio la pianificazione della sua posizione è stabilita rispetto al sole e alle direzioni cardinali. L'obiettivo è massimizzare la quantità di sole che riscalda l'ambiente in inverno (con conseguente minor consumo di

energia per il riscaldamento), oltre che ridurre la quantità di sole che riscalda in estate (con conseguente minor consumo di energia per il raffreddamento).

Fattori che influenzano l'intensità del calore urbano sono riconducibili ad aspetti urbani (come densità di popolazione, mix di uso del suolo, densità stradale e percentuale di spazi aperti verdi e connessi) e caratteristiche del paesaggio (come spazio, orientamento e posizionamento edifici, spazi verdi e marciapiedi) in quanto condizionano la quantità di luce solare assorbita dalle superfici urbane e l'efficacia con cui il vento si muove negli spazi urbani (C40, 2106).

In generale, le soluzioni passive sono applicabili in quasi tutti i climi. Le città possono affrontare i cambiamenti climatici e il fenomeno di isola di calore adottando un mix di soluzioni tecniche passive atte a dare una risposta bioclimatica mitigando la temperatura e ad aumentare la loro capacità adattiva:

- aumento della capacità delle superfici urbane di riflettere, piuttosto che assorbire la radiazione solare (superfici riflettenti);
- aumento della quantità di copertura vegetate e arborea (*green infrastructure*);
- aumento della quantità di superfici d'acqua (*blu infrastructure*);
- progettazione di spazi urbani per ridurre al minimo l'accumulo e la ritenzione di calore;
- integrazione di sistemi di riscaldamento o raffrescamento passivo negli edifici e attenzione nella progettazione dell'involucro (progetto passivo dell'edificio).

Lo scenario tipico di sviluppo del *Bio-climate responsiveness* è quello realizzato a Southwest Ecodistrict (Washington DC) che si basa su strategie di contesto ambientale e valorizza il patrimonio immobiliare di nuova costruzione o preesistente con processi di riabilitazione, riutilizzo e riqualificazione degli edifici. Sono incorporate strategie attive e passive su scala distrettuale e su scala dell'edificio per ridurre l'uso di energia e acqua, creare energia da fonti rinnovabili, migliorare la gestione delle acque piovane, aumentare la connettività e migliorare le condizioni di *comfort* termo-igrometrico interno agli edifici attraverso tetti verdi e orti urbani in copertura per ridurre il *run-off* e massimizzare la funzione ecologica e pareti verdi negli elementi esterni degli edifici per raffreddare le strutture, diminuire i costi energetici, ridurre l'effetto isola di calore e migliorare strade e piazze.

Cool surface

Il concetto di creare strutture più fredde utilizzando la capacità di una superficie di riflettere la luce solare e di emettere in modo efficiente calore assorbito è stato applicato sugli edifici da sempre. Ogni superficie urbana opaca (ad esempio, coperture, pareti, pavimentazioni esterne) riflette una certa luce solare e assorbe il resto, trasformandolo in calore. Parte di questo calore contribuisce all'effetto di isola di calore. Riflettere la radiazione solare può ridurre la quantità di guadagno di calore solare nelle città. L'efficacia dei cosiddetti "*cool material*" è misurata dalla frazione di radiazione solare che riflette rispetto a quella che assorbe e converte in calore (riflettanza solare). Le superfici fredde sono anche misurate in base all'efficienza e alla rapidità con cui perdono calore (emissione termica) (ESMAP, 2020).

L'uso dei materiali urbani può mitigare o peggiorare l'effetto dei flussi energetici presenti in un'area urbana contribuendo a contenere o ad aumentare l'effetto di isola di calore urbana. Le pavimentazioni esterne riflettenti possono ridurre la temperatura dell'aria ma dovrebbero essere collocate con attenzione in aree urbane dense dove, per effetto delle riflessioni, possono incrementare l'accumulo di calore degli edifici. Le coperture e le pareti altamente riflettenti sono più efficaci nei climi più caldi ma possono anche fornire risparmi energetici netti in climi freddi.

Permeabilità delle superfici

L'impermeabilizzazione rappresenta la principale causa di degrado in Europa, comporta un rischio accresciuto di inondazioni, contribuisce ai cambiamenti climatici, minaccia la biodiversità, provoca la perdita

di terreni agricoli fertili e aree naturali e seminaturali, contribuisce, insieme alla diffusione urbana, alla progressiva e sistematica distruzione del paesaggio, soprattutto rurale, e alla perdita delle capacità di regolazione dei cicli naturali e di mitigazione degli effetti termici locali (EEA, 2021).

L'alta impermeabilizzazione della città edificata ha un impatto considerevole sul microclima urbano, sul *comfort indoor* e *outdoor* e sulla sicurezza idraulica delle aree urbane. La temperatura d'estate va da 2° a 6° in più rispetto alle aree limitrofe non urbanizzate (ISPRA).

La necessità di promuovere, dove possibile, azioni di *de-sealing* e di *de-paving* deriva dalla considerazione che i suoli permeabili in ambito urbano sono una realtà del tutto residuale e che l'impermeabilizzazione non è sempre dettata da una vera necessità, a differenza della situazione presente nei distretti ecologici come Clichy Batignolles (Parigi) dove le strade impermeabili costituiscono solo il 12% della superficie totale.

Restituire spazi permeabili significa aumentare complessivamente la resilienza della città ai cambiamenti climatici. Con tetti e pareti verdi e *de-paving* si ha un miglioramento complessivo dei servizi ecosistemici del suolo, ovvero una riduzione del *run-off* in caso di pioggia intensa, il filtraggio e la decontaminazione delle acque meteoriche, l'assorbimento e il sequestro di carbonio ma anche un miglioramento delle condizioni di *comfort* bioclimatico, di salubrità e vivibilità degli spazi urbani (Cool Coalition, KCEP, SEforALL, CEA Consulting, 2021).

Esistono nelle aree urbane ampi spazi asfaltati utilizzati solo in alcuni giorni della settimana e/o solo in alcune ore del giorno. Se questi spazi venissero ripensati e riprogettati, sottraendo asfalto a favore di superfici permeabili e vegetate, potrebbero concorrere a rendere la città più accogliente e a misura d'uomo. I suoli urbani potrebbero così raccogliere e filtrare le acque piovane, contribuire a ridurre le polveri sottili e l'inquinamento e contrastare il fenomeno dell'isola di calore.

Gli spazi più adatti in cui promuovere azioni di sottrazione dell'asfalto sono i parcheggi, le piazze e lungo le strade delle aree urbane realizzate con scarsa attenzione alla qualità e alle prestazioni ambientali dello spazio pubblico (aree artigianali e industriali, aree residenziali). In questi contesti si potranno individuare porzioni di aree asfaltate che, rese nuovamente permeabili, andranno a ricreare piccoli giardini vegetati, anche fruibili dalle persone, e/o scoli filtranti a bordo strada.

Le superfici permeabili, con sistemazioni a verde o con soluzioni filtranti, consentono il raffrescamento urbano passivo. Esse comprendono coperture e pareti vegetate, nonché tecnologie di pavimentazione.

Le coperture possono essere intensive, se includono piccoli alberi e arbusti, ed estensive, se hanno un sottile strato di vegetazione. Le pareti verdi sono costituite da piante generalmente fissate alla parete o a volte autoportanti. Le pavimentazioni consentono il passaggio dell'acqua piovana che viene immagazzinata in appositi serbatoi e rilasciata successivamente.

Queste superfici si raffreddano tramite evapotraspirazione che abbassa la temperatura dell'aria e aumenta il contenuto di umidità dell'aria e svolgono un'azione di contenimento delle emissioni GHG. Coperture e pareti verdi sono ampiamente applicabili in tutti i climi, anche se funzionano meglio laddove vi sia un accesso adeguato all'acqua. Le pavimentazioni permeabili sono la miglior soluzione dove si desidera sia la gestione delle acque piovane che il raffrescamento urbano.

Nell'incremento di copertura degli alberi è preferibile selezionare specie autoctone che si adattano meglio allo specifico clima. Altre soluzioni passive, come la riduzione del calore di scarto, la pianificazione urbana sensibile al calore e il miglioramento dell'efficienza energetica, sono vantaggiose in tutti gli edifici e in tutti i climi.

Schermature artificiali e verdi

Si tratta di dispositivi di ombreggiatura spesso usati negli spazi pubblici o per la riqualificazione di involucri attraverso l'allestimento di *green wall* come a Hunziker Areal (Zurigo), la cui funzione è di mitigare il microclima urbano. In particolare le schermature verdi, rispetto ad altri materiali, hanno il vantaggio di mantenere la temperatura superficiale al di sotto della temperatura dell'aria costituendo un soffitto fresco. Esse controllano efficacemente la radiazione solare diretta e parzialmente la radiazione diffusa e riflessa in relazione alla tipologia di schermatura determinando la qualità dell'ombra in termini di quantità di radiazione trasmessa nella parte sottostante. Queste protezioni difendono uno spazio urbano dalle radiazioni solari ed eventualmente dalla pioggia rappresentando un filtro tra la radiazione solare e la zona occupata dalle persone, modificando i flussi energetici. Le schermature removibili si adattano alle esigenze climatiche stagionali, funzionali e di fruibilità del luogo.

Involucro degli edifici e dispositivi di ombreggiamento

L'involucro svolge un'importante azione termoregolante. Le facciate a sud dovrebbero utilizzare superfici trasparenti appropriate al loro orientamento con vetri ad alta prestazione a doppia o tripla lastra con un rivestimento Low-E che riduce al minimo la quantità di calore trasmessa nello spazio nei mesi più caldi mantenendo il calore all'interno durante i mesi invernali più freddi. L'involucro vetrato più esposto alla radiazione solare dovrà essere progettato con schermature solari. Questi dispositivi sono efficaci nel ridurre gli apporti termici negli edifici perché intercettano e dissipano la maggior parte del calore prima che raggiunga la superficie dell'edificio (Chetia S, Maithel S., 2020).

L'alta efficienza dell'involucro edilizio, che ottimizza la disponibilità di luce naturale e controlla i carichi solari e l'uso di materiali basso emissivi migliorando il *comfort* igrometrico dell'ambiente interno, caratterizza tutti gli interventi di rigenerazione urbana improntati alla logica della sostenibilità (Tucci, 2014). Gli edifici presentano un orientamento ottimale e mirano a cogliere tutte le opportunità di contesto per essere definiti *Passivhaus* portando la qualità urbana all'interno degli alloggi con un *comfort* ambientale in estate e in inverno grazie alla buona gestione dei contributi solari e un efficace sistema di ventilazione per raffreddare le abitazioni mediante la ventilazione notturna.

Nel distretto Vauban (Friburgo, Germania), che rappresenta uno degli interventi europei più riusciti, le case producono più energia di quella consumata dagli abitanti. Hanno uno spesso strato di isolamento termico esternamente rivestito con doghe di legno e utilizzano un sistema costruttivo in telai ed elementi di tamponatura di legno e tutti i materiali di costruzione utilizzati sono naturali mentre quelli interni sono a basso impatto ecologico, comunque facilmente recuperabili. I balconi sono costruzioni metalliche montate come elementi indipendenti davanti alle facciate sud in modo tale da non creare ponti termici, sono smontabili e riciclabili.

Un innovativo sistema di schermatura è utilizzato nell'edificio Spark One, simbolo del Milano Santa Giulia (Milano), che recupera un'area industriale dismessa in previsione delle Olimpiadi invernali Milano-Cortina del 2026, dove la facciata è caratterizzata da una particolare trama di elementi verticali in grado di offrire protezione dall'irraggiamento solare assicurando un corretto livello di diffusione luminosa ottenuto mediante analisi parametriche per ottimizzare il sistema.

Sistemi bioclimatici passivi

Gli edifici possono possedere elementi che svolgono un ruolo importante nel microclima dello spazio fornendo protezione dalle variabili climatiche. Tale strumentazione va dai sistemi di ventilazione naturale e di raffrescamento passivo al controllo dell'irraggiamento solare, dalle strategie di miglioramento dell'illuminazione naturale a quelle di riscaldamento passivo, fino alla regolazione naturale dell'umidità.

Nelle regioni con estati calde, soluzioni come gallerie, colonnati, portici, all'interno del piano terra degli edifici possono aiutare a migliorare le condizioni di *comfort* termico fornendo protezione dall'eccessiva esposizione

alla radiazione solare. In climi freddi e piovosi tale caratteristica può essere importante anche per fornire protezione dalla pioggia o dal vento (PEEB, 2020).

I *buffer space* sono una componente chiave di molti progetti solari passivi. Quelli rivolti a sud e ovest possono essere progettati per fungere da serre solari, fornendo sia un guadagno di calore solare passivo che uno spazio occupato funzionale. Le serre solari funzionano come collettori solari passivi, intrappolando i guadagni solari.

Essi, se non occupati, come facciate doppie o muri Trombe, sono dispositivi che si aggiungono all'involucro con aperture controllabili tra l'esterno e gli spazi interni. Le aperture sono regolabili sia per ventilare l'intercapedine, sia per trasferire aria tra l'interno e l'esterno. Le facciate doppie possono anche essere progettate per indurre l'effetto camino e ventilare passivamente lo spazio occupato.

I *buffer space* durante l'inverno, aggiungendo uno spazio tampone all'involucro, rallentano la velocità di dispersione del calore tra l'esterno e lo spazio interno. In estate possono essere convertibili in uno spazio completamente esterno per favorire la ventilazione e il raffreddamento dello spazio occupato adiacente.

Con avanzati sistemi bioclimatici passivi, quali serre, logge solari e *buffer space*, sono stati progettati gli edifici del City-Zen Amsterdam, integrati a sistemi di schermatura solare in funzione dell'orientamento e dell'esposizione. Sono diffusi su tutto l'intervento e a tutte le scale a partire dagli involucri degli edifici e dalla dotazione di spazi intermedi flessibili e adattivi tra gli edifici e gli spazi esterni.

Ventilazione naturale

Consentire ai flussi di vento naturale di muoversi attraverso le aree urbane è un'importante strategia di raffreddamento. Edifici o gruppi di edifici che impediscono il flusso del vento contribuiscono a ridurre la velocità del vento e riducono la capacità di un quartiere di rimuovere il calore e l'aria inquinata.

Un interessante gioco di ventilazione naturale è stato progettato a Milano Santa Giulia (Milano) dove in relazione agli elementi costruiti vengono catturati i venti provenienti da sud-ovest creando diverse zone di temperatura (soleggiate e all'ombra) in modo da attivare un movimento naturale d'aria all'interno degli spazi.

I corridoi eolici massimizzano il movimento di aria fresca da fonti di raffreddamento naturali (tipicamente acqua, grandi parchi o infrastrutture verdi) verso i punti caldi urbani attraverso l'avvezione. Il flusso del vento può essere migliorato da:

- allineamento dei corridoi eolici con il vento prevalente;
- connessione degli spazi aperti;
- preferenza agli spazi aperti vicino ai corpi idrici;
- sistemazione degli edifici per incanalare il vento;
- aumento delle battute d'arresto dell'edificio per portare più luce e aria;
- riduzione ove possibile dello spazio della parete monolitica;
- incentivare i profili di altezza degli edifici a gradini.

Un edificio può essere raffreddato mediante camini di ventilazione che trasportano l'aria più fredda dalle aperture in basso nell'edificio verso la parte superiore dello stesso. La velocità di movimento dell'aria è funzione della distanza verticale tra le entrate e le uscite, della loro dimensione e della differenza di temperatura.

Fattore idrico

L'acqua può avere un impatto significativo sul microclima degli spazi pubblici e aumentare la resilienza delle aree urbane rispetto alle piogge intense. Dai canali alle cascate, agli stagni o alle fontane, ai film d'acqua, c'è una vasta gamma di modi per integrare l'acqua nell'ambiente urbano tra cui, ad esempio, i giardini della

pioggia (*rain garden*), tipologie di giardini a bordo strada (di forma circolare o lineare) che disegnano aiuole depresse in grado di intercettare acqua piovana proveniente da tetti, strade, parcheggi, piazze.

L'acqua è solitamente più fresca delle superfici dure circostanti e quindi tende a ridurre la temperatura radiante e a migliorare il *comfort*. L'evaporazione dell'acqua consente al calore, che normalmente diventerebbe calore sensibile della superficie, di essere rimosso e utilizzato nel trasferimento di calore latente dell'acqua.

L'influenza delle superfici d'acqua sul microclima urbano risiede nel fatto che la temperatura e l'umidità dell'aria sono influenzate dall'evaporazione. Inoltre, l'acqua è caratterizzata da un'elevata capacità termica e una bassa riflettanza solare che porta all'elevato assorbimento della radiazione solare senza un cambiamento significativo della temperatura a causa dell'inerzia termica e dell'evaporazione con un impatto positivo nei mesi estivi per i climi caldi.

In merito alla gestione del suolo e delle risorse idriche si segnalano i progetti di *green blue infrastructure* eseguiti nel District of La Fleuriaye (Nantes, Francia) un'area di 80 ettari a spazi naturali e circa 11.000 specie vegetali, con la realizzazione di *rain garden* e sistemi di stoccaggio delle acque provenienti dalle coperture, parcheggi e dalle *bioswale* e il ripristino dello stagno di Renaudières recuperando il suo carattere ambientale e naturalistico.

3.3. Azioni strategiche di *Functional mixité and proximity*

Mettere sotto osservazione le aree urbane consente di valutare in modo ravvicinato i caratteri dell'impianto urbanistico e del disegno urbano ma anche i modi di organizzazione spaziale, sociale ed economica che vi si dispiegano. Nel secolo scorso la separazione tra funzioni (industria, residenza, terziario, spazi verdi) era assunta come un moderno principio di organizzazione della città. Infatti, dividere la città in zone omogenee mettendo le aree in sequenza logica una con l'altra sembrava essere il modo migliore per rendere al meglio ogni specifica funzione.

Oggi sembra emergere invece un interesse crescente per quei progetti in cui lo spazio della città, del quartiere e dell'abitazione è uno spazio composito e multifunzione. Quali sono i caratteri, le implicazioni e le potenzialità?

Il progetto contemporaneo ha il suo punto di forza nella composizione di caratteristiche diverse, compresenti in percentuali variabili in relazione alle specificità dei singoli contesti che possono essere mixati in infiniti modi. Il termine *mixité* rimanda, quindi, ad una strategia progettuale volta alla creazione di una rete di relazioni e legami trasversali tra aspetti funzionali, sociali e morfologici che fanno riferimento ad ambiti interrelazionati e integrabili (Lucan, 2012).

La *mixité* funzionale è un concetto intuitivo che consiste nel mescolare le attività. Oggi viene raccomandato di integrare e ripartire abitazioni, uffici, negozi, centri culturali e associazioni per favorire la diversificazione funzionale degli ambiti. Questo concetto può essere applicato a diverse scale anche ad un solo edificio; tuttavia, la scala urbana costituisce il suo ambito proprio poiché a tale scala si traggono i maggiori benefici e si ha maggior possibilità di intervento. A scala urbana, infatti, si può agire sulla densità, sull'uso del suolo, sulla distribuzione delle funzioni, sulla perequazione dei valori edificatori e indirettamente sul valore o sul costo del costruito.

La *mixité* sociale si presenta come una ripartizione più equilibrata della popolazione. Formalmente essa può essere definita come la coesistenza nel medesimo spazio di gruppi sociali con caratteristiche differenti per cultura, età, origine o nazionalità.

La *mixité* morfologica si configura con un mix di forme urbane.

La *mixité*, nelle sue varie declinazioni (compositiva, morfologica, di funzioni insediate, costruttiva e materica), incarna quindi una ricerca di equilibrio. Si delinea un metodo di composizione *open*, che fa uso della commistione, della variazione e della declinazione della differenza senza rinunciare all'unitarietà del progetto.

La *mixité* incide sulle dinamiche della città e sul modo di vivere e appropriarsi dello spazio da parte dei cittadini, evita il vuoto tipico degli ambiti commerciali o industriali dopo gli orari di lavoro così come il vuoto delle città dormitorio durante la giornata lavorativa, favorendo una vitalità continua dei luoghi ed un maggior senso di sicurezza. Le funzioni sono differenziate e distribuite sia nello sviluppo al suolo (orizzontale) sia nello sviluppo in altezza, creando una sovrapposizione di funzioni distinte (Gehl, Koch 2006).

La possibilità di accedere ad una maggiore varietà di funzioni introduce il vantaggio di prossimità che si traduce in forme di utilità di tipo sociale, economico e ambientale. I soggetti con maggior potere di acquisto tendono a concentrarsi nelle posizioni più vantaggiose, contribuendo allo sviluppo di dinamiche urbane di miglioramento, mentre nelle parti periferiche o meno vantaggiose si concentrano soggetti non competitivi sul mercato.

Lo sviluppo della *mixité* funzionale determina invece un policentrismo diffuso basato sulla sovrapposizione differenziata degli ambiti funzionali; ciò riduce le differenze tra le aree periferiche e quelle centrali, consentendo una distribuzione più omogenea delle posizioni vantaggiose ad un maggior numero di soggetti avvantaggiati che possono accedere a una varietà di funzioni. La coesistenza di spazi dedicati all'abitazione, alle attività e ai servizi di vicinato favorisce un impiego equilibrato dello spazio edificato ed evita – come si è visto - la creazione di aree monofunzionali. Gli insediamenti a uso misto possono essere inoltre uno strumento efficace per ridurre al minimo le esigenze di trasporto.

La componente residenziale è essenziale per rendere vivi i territori, per riempire attraverso le relazioni umane un posto e renderlo luogo nel senso definito da Marc Augé, cui è necessario aggiungere il commercio per garantire un continuo scambio di merci, prodotti e servizi. Fondamentale poi, nella vita di una città e dei suoi cittadini, è l'organizzazione del tempo libero. Uno spazio ben progettato offre ai suoi abitanti una ricca offerta culturale e creativa, che possa stimolare le persone a vivere ancor più nel profondo un luogo (Augé, 1993).

A queste categorie bisogna aggiungere le infrastrutture che rappresentano lo schema connettivo di un progetto, garantendo collegamenti, accessibilità e interazione tra le diverse componenti che rappresentano di per sé una parte del contesto urbano. Infine, e non meno importante, è la componente naturalistica, il paesaggio che l'uomo ha riportato all'interno dello scenario urbano.

Uno spazio multifunzionale favorisce l'accoglienza di differenti funzioni e rende possibile la presenza, anche alternata, di attrezzature per lo svolgimento di diverse attività durante tutto l'arco del giorno, perciò deve essere attrezzato e bene illuminato per dare alle persone sempre un accettabile grado di sicurezza. Questo spazio, inoltre, accoglie frequentatori che lo rendono vitale in ogni momento del giorno e dell'anno e contribuiscono ad attivare ulteriori flussi e presenze di altre persone ed attività. In tal senso, spazi come i mercati e le piazze urbane possono essere attrezzati con pergole, pensiline, strutture per l'ombra e la seduta per essere utilizzati da più utenti e per diverse attività durante l'arco della settimana e della giornata, così da accogliere eventi, anche temporanei, lasciare spazio all'esibizione degli artisti (cantanti, scultori, ballerini, ecc.) e al passeggio delle persone.

Una vita di quartiere ricca di relazioni ed equilibrata è agevolata dal *mix* intergenerazionale e dalla coesione sociale. La diversificazione degli alloggi in base a dimensione, tipologia spaziale e standard permette di accogliere un pubblico più ampio (studenti, persone sole, famiglie, prepensionati, pensionati, persone con mobilità ridotta ecc.). Una particolare attenzione deve essere riservata a soluzioni in grado di favorire la convivenza di culture diverse, ad esempio: strutture di accoglienza per l'età prescolastica (asili, locali di

accoglienza extra-scolastica), spazi destinati a essere luogo di scambio fra gli abitanti (centri di quartiere, bar, spazi di incontro, biblioteche, laboratori di animazione) o possibili attività di svago (spazi culturali, orti famigliari, impianti sportivi) (Druot, Vassal, Lacaton, 2007).

La *mixité* funzionale dell'offerta di alloggi a Clichy-Batignolles (Parigi) si traduce in una vasta gamma di soluzioni adattabili e flessibili per soddisfare diversi bisogni, in particolare delle persone che hanno più difficoltà a trovare un alloggio: anziani, studenti, giovani lavoratori, famiglie numerose e persone con basso reddito. Il 50% dei 3.400 appartamenti è dedicato al *social housing*, il 20% ha un prezzo controllato e il 30% è a prezzi di mercato. Tuttavia, con 140.000 metri quadrati di spazio per uffici, Clichy-Batignolles diventerà un importante centro per il settore terziario della città.

La multifunzionalità ha interessato anche l'agricoltura urbana, intesa come la capacità di produrre beni e servizi, che assolve non solo alla funzione produttiva, ma risponde anche a esigenze ambientali, sociali e territoriali, ed è proprio alle attività agricole che è stata riconosciuta la capacità di ottenere beni e servizi non solo per l'autoconsumo ma anche per lo scambio sul mercato (Santo, Palmer, Kim, 2016).

L'idea di città produttiva sostiene, tra le altre cose, che è possibile organizzare e gestire lo spazio urbano in modo che gli spazi aperti, attraverso una visione multifunzionale, possano avere diverse funzioni, ad esempio la produzione di cibo su scala locale al fine di essere inclusi nelle dinamiche economiche e nelle politiche pubbliche della città (de Zeeuw, Drechsel, 2015).

L'agricoltura urbana può fungere da strategia efficace per ridurre la catena di approvvigionamento di beni alimentari per il consumo urbano e facilitare l'aumento del consumo di alimenti sani e di prodotti in modo sostenibile. Lo sviluppo di strategie per facilitare le iniziative agricole urbane può facilitare la partecipazione e l'apprezzamento per le scelte alimentari sostenibili all'interno della città e ringiovanire i lotti abbandonati (Viljoen, Bohn, Howe, 2005).

La città può sostenere l'agricoltura urbana, ad esempio, promuovendo direttamente iniziative di agricoltura urbana attraverso *partnership* senza scopo di lucro. In effetti, l'agricoltura urbana è un'importante strategia di inclusione sociale dei diversi gruppi con minori possibilità di inserimento, come la popolazione a basso reddito, gli immigrati e i rifugiati.

La *mixité* funzionale rappresenta la soluzione a cui tendono gli interventi di trasformazione urbana che considerano ambiti residenziali periferici e mono-funzionali, carenti di attività, mal serviti dai mezzi pubblici e di interesse nullo per chiunque non sia residente. Le strategie funzionalmente miste vengono proposte non solo negli interventi di espansione ma in tutti quegli ambiti di riqualificazione e *infilling*, che possono essere periferie o vuoti urbani (Deboulet, Lelévrier, 2014).

3.4. Azioni strategiche di *Resources circularity and self-sufficiency*

Un'economia circolare è un'economia in cui non vengono consumate le risorse della Terra e dove la stessa fonte di energia è usata e riutilizzata molte volte come può essere l'energia che viene dal sole. Questi benefici non sono ancora interiorizzati nell'economia. L'estrazione e la trasformazione delle risorse sono all'origine della metà delle emissioni totali di gas a effetto serra e di oltre il 90 % della perdita di biodiversità e dello stress idrico; il consumo di risorse aumenterà ulteriormente entro il 2050, data fissata dalla UE per il raggiungimento della neutralità climatica. Dall'economia circolare si attende un grande contributo per pervenire a un progressivo modello di crescita rigenerativo che restituisca al pianeta più di quanto si prenda e che miri ad aumentare l'efficienza nell'uso delle risorse e a ridurre l'impatto sull'ambiente sviluppando il benessere degli individui (EIT Climate KIC, 2020).

I modelli innovativi prevedono il rafforzamento della base industriale e la creazione di nuovi posti di lavoro e saranno basati su una relazione più stretta con i clienti, una personalizzazione dei prodotti e un nuovo rapporto collaborativo fra produttori e consumatori, supportati dalle tecnologie digitali, come l'Internet delle cose, i *big data*, la *blockchain* e l'intelligenza artificiale, che accelereranno non solo la circolarità ma anche la dematerializzazione della nostra economia, consentendo all'Europa di ridurre la dipendenza dalle materie prime (Ellen MacArthur Foundation, McKinsey Center for Business and Environment, SUN, 2015).

I cittadini potranno fruire di prodotti sostenibili di elevata qualità e maggiore durabilità che potranno essere riutilizzati, riparati e riciclati per assicurare loro una nuova vita, dando sempre più agli acquirenti la possibilità di operare scelte informate, associate a *product as service* e soluzioni digitali che consentiranno di migliorare la qualità di vita.

La circolarità determinerà risparmi di materie prime in tutte le catene di valore e nei processi produttivi generando valore aggiunto e nuove opportunità economiche attraverso l'integrazione delle pratiche di economia circolare, l'istituzione di un sistema di comunicazione e certificazione mediante la promozione del settore della bioeconomia sostenibile e dell'uso delle tecnologie digitali per la tracciabilità, della mappatura delle risorse e della registrazione del marchio di certificazione UE di verifica delle tecnologie ambientali.

Un quartiere sostenibile è concepito in modo da ridurre il consumo di risorse non rinnovabili (suolo, energia, acqua, biodiversità) e da minimizzare il suo impatto ambientale. In concreto si tratta di adottare soluzioni architettoniche bioclimatiche e tecnologie performanti (impianti, equipaggiamenti e apparecchi), valorizzando inoltre le energie rinnovabili (solare, legna, geotermia, biomassa) e l'impiego di materiali rispettosi dell'ambiente. Questi interventi includono pure le analisi sull'intero ciclo di vita degli edifici, oltre al monitoraggio delle prestazioni, senza dimenticare la sensibilizzazione degli utenti su queste tematiche (Arup, 2016).

L'integrazione dei principi dell'economia circolare in tutte le fasi del ciclo di un edificio può funzionare per soddisfare le esigenze urbane di spazio costruito. I principali vantaggi urbani di un percorso di sviluppo dell'economia circolare includono la possibilità di ridurre la necessità di nuove costruzioni, di migliorare l'uso del suolo urbano, di diminuire i costi di costruzione e operativi e di aumentare l'efficienza delle risorse, rafforzando nel contempo l'economia locale. Un edificio può essere utilizzato per oltre un secolo, il che significa che il modo in cui le città affrontano oggi le loro esigenze abitative urbane definirà lo sviluppo urbano per i decenni a venire. Le innovazioni nei settori dell'edilizia e di quella abitativa possono, se applicate con un approccio di economia circolare, fornire adeguate soluzioni (GBC Italia, 2019).

La pianificazione dello spazio costruito costituisce un momento chiave per gettare le basi per futuri flussi circolari di materiali e per l'autosufficienza delle risorse. Integrando i principi dell'economia circolare nelle prime fasi del processo di sviluppo urbano i pianificatori possono garantire che la struttura fisica della città e le sue infrastrutture favoriscano il riutilizzo, la raccolta e la redistribuzione di risorse quali acqua, sostanze organiche, sottoprodotti industriali, costruzioni, elementi riciclabili e casalinghi.

Amsterdam è una delle città che si è posta l'obiettivo di avere entro il 2050 una gestione completamente circolare, il che significa che vi sarà circolarità su tutte le sue risorse: energia, acqua, materiali, cibo, e scarti/rifiuti a loro associati. La città sarà pulita, con azzeramento di fumi nocivi o tossici e con calcolata riduzione della perdita di aspettativa di vita legata alle polveri sottili. Grazie a un sistema circolare di nutrienti la città e la sua regione puntano a diventare particolarmente efficaci anche nella produzione di cibo e acqua pulita, compreso un sistematico *urban farming* che sta cominciando fin d'ora a essere realizzato in spazi liberi esterni, sui tetti degli edifici e in edifici sfitti o in disuso sotto forma di *vertical farming*, anche a servizio del bisogno di spazi verdi all'aperto e di biodiversità. È un programma inoltre una politica di arricchimento di impollinatori essenziali, come api e bombi.

3.4.1 Resources circularity e suolo

Il suolo è un ecosistema essenziale per l'esistenza umana e delle specie animali e vegetali, rappresenta un elemento centrale del paesaggio e svolge un ruolo fondamentale come habitat. L'integrità dei processi naturali è fortemente compromessa dagli effetti delle attività dell'uomo. Nel tempo si è avuto un crescente impatto sull'ambiente naturale in conseguenza della crescita della popolazione, dell'urbanizzazione e dello sviluppo economico e tecnologico.

La crescita della popolazione e l'industrializzazione hanno accresciuto la domanda di prodotti agricoli, di energia e di altre risorse naturali. Le innovazioni tecnologiche hanno consentito di far fronte alla crescente domanda di risorse naturali grazie a una più efficiente utilizzazione della terra e delle risorse energetiche, degradando l'ambiente. Da ciò consegue l'importanza di proteggere il suolo e di promuoverne la sua salute tenendo conto della perdita di biodiversità e della capacità di fornire i servizi ecosistemici nonché del fatto che si tratta di una risorsa non rinnovabile.

I processi di trasformazione del territorio vengono evidenziati dal consumo di suolo dovuto all'occupazione di una superficie agricola o naturale con una copertura artificiale utilizzando materiali quali asfalto e calcestruzzo tali da eliminare o ridurre la permeabilità. Questo fenomeno è connesso alle dinamiche insediative e infrastrutturali ed è prevalentemente dovuto alla costruzione di nuovi edifici, fabbricati o insediamenti, all'espansione e alla densificazione delle città.

Nel 2020, nonostante il blocco delle attività produttive dovuto alla pandemia, il consumo di suolo è stato in linea con quello rilevato in passato e ha riguardato un incremento di 56,7 kmq, più di 15 ettari al giorno, equivalenti a quasi 2 mq di suolo ogni secondo (ISPRA, 2021). Tale crescita è in parte compensata dal ripristino di aree naturali pari a 5 kmq (in genere recupero di aree di cantiere o superfici già classificate come consumo di suolo reversibile) ma si deve considerare che 8,2 kmq sono passati da suolo consumato reversibile a suolo consumato permanente.

Le nuove coperture artificiali non hanno risparmiato le aree protette e le aree vincolate per la tutela paesaggistica e hanno riguardato in particolare la Lombardia, il Veneto, le pianure del Nord, lungo la costa adriatica, le coste siciliane e della Puglia meridionale e le aree metropolitane di Roma, Napoli, Bari e Bologna. Le aree impermeabilizzate sono arrivate al 7,11% (7,02% nel 2015, 6,67% nel 2006, la media EU è del 4,2% (ISPRA, 2021).

Anche l'Europa ha fatto registrare in questo ambito qualche distrazione ma la situazione nazionale è imbarazzante, addirittura manca ancora una legge quadro per la tutela dell'ambiente, del territorio e del paesaggio italiano e le Regioni presentano, come commenta l'ISPRA, "un panorama complessivamente piuttosto eterogeneo" dove, la stessa "definizione di consumo di suolo non è coerente con quella europea e nazionale o, comunque, sono presenti deroghe o eccezioni significative relative a tipologie di interventi e di trasformazioni del territorio che non vengono inclusi nel computo ma che sono in realtà causa evidente di consumo di suolo".

Le caratteristiche morfologiche e idrogeologiche del territorio ne evidenziano la fragilità con ampie aree di pericolosità per frane e alluvioni, zone a rischio sismico, aree soggette al fuoco "amico" e la presenza di siti contaminati, piccoli fiumi spesso a carattere torrentizio, la fascia costiera, le pendenze delle zone altimetriche. Questa situazione presta il fianco ai cambiamenti climatici i cui effetti possono essere disastrosi. Costituiscono esempi gli eventi di recente avvenuti nel Nord-Ovest della Germania, nel Sud del Belgio e dell'Olanda, dove un'inondazione ha prodotto ingenti danni e vittime ed è considerato il disastro più grave degli ultimi 50 anni, o gli incendi in Oregon al confine con la California con migliaia di evacuati e temperature ben oltre 50°C.

3.4.2. Resources circularity e prodotti alimentari

La superficie agricola subisce continue contrazioni a causa della sottrazione del suolo in larga parte irreversibile e, di pari passo, si registra una perdita delle produzioni agricole sotto l'aspetto quantitativo e anche qualitativo e del valore della produzione in funzione della quantità di fertilizzanti e fitofarmaci, che tra l'altro producono un impatto ambientale e perdita di biodiversità per la prevalenza delle monocolture.

Il cibo genera il più grande *input* materiale delle famiglie e ha un rilevante impatto. Peraltro, si stima che il 20% del totale dei prodotti alimentari vada perso. Sebbene una parte dei rifiuti alimentari sia inevitabile e inadatta al consumo umano, come i rifiuti di preparazione e altri componenti non commestibili, esiste una quantità apprezzabile di rifiuti organici residui che sono commestibili e possono essere reindirizzati (ASVIS, 2020).

Un'applicazione digitale può fornire alle famiglie l'opportunità di elencare i loro prodotti alimentari in eccedenza, consentendo ad altre famiglie di acquistare o raccogliere questi articoli, come nel caso dell'app OLIO sviluppata in Inghilterra, ovvero donandoli in favore di organizzazioni che provvedono a preparare pasti per persone che non riescono a provvedervi.

Diventa fondamentale in ogni caso ridurre questi sprechi e aumentare la sostenibilità della distribuzione e del consumo dei prodotti alimentari, in particolare per quanto riguarda gli imballaggi e gli oggetti per il servizio da tavola e le posate monouso con prodotti riutilizzabili. Il principio da seguire è che tutto il cibo consumato dalle famiglie deve essere prodotto in modo sostenibile, sano e locale, per ridurre al minimo gli impatti ambientali negativi.

Nel garantire la continuità ecosistemica e tutelare la risorsa suolo duole osservare campi di coltivazione fotovoltaica che diventano sempre più numerosi ed estesi con un danno enorme al paesaggio che con grande "lungimiranza" anni fa sono stati incentivati e che ora grazie alla caduta dei costi di produzione dei pannelli solari sono sostenuti dai ricavi derivanti dalla vendita di energia. Sottrarre suolo produttivo agricolo sia pure a vantaggio di una fonte rinnovabile non è proprio un grande affare per la collettività.

L'agricoltura urbana può fungere da strategia efficace per accorciare la catena di approvvigionamento di beni alimentari per il consumo urbano e facilitare l'aumento del consumo di alimenti sani e prodotti in modo sostenibile. Lo sviluppo di strategie per facilitare le iniziative agricole urbane può aumentare la partecipazione e l'apprezzamento per le scelte alimentari sostenibili all'interno della città e ringiovanire i lotti abbandonati (Commissione Europea, 2020).

3.4.3. Resources circularity, acqua ed energia

La disponibilità di acqua, sia in termini di qualità che di volume, interessa settori che vanno dalla produzione di energia all'agricoltura, alla sanità, ai consumi domestici, quindi è necessario ridurre gli sprechi e migliorare l'efficienza idrica, riutilizzare l'acqua nelle abitazioni, in agricoltura e nei processi industriali e recuperare e gestire i nutrienti delle acque reflue e dei fanghi di depurazione (McMahon, Price, 2011).

Ridurre il consumo di energia e acqua negli edifici è importante per migliorare l'uso delle risorse, ridurre i costi operativi e migliorare l'accessibilità. A Nieuwe Dokken (Ghent, Belgio) è stato realizzato il seguente sistema di recupero delle acque reflue. Le acque nere dei WC sottovuoto e dei rifiuti delle cucine vengono raccolte tramite un sistema di aspirazione. Si tratta di un sistema di trasporto basato sull'aria che raccoglie le acque reflue, e grazie al quale gli odori nell'aria vengono purificati con un filtro a carboni attivi (una *toilette* sottovuoto utilizza pochissima acqua di scarico rispetto a una standard grazie all'utilizzo di circa un litro e mezzo di acqua per scarico, facendo risparmiare all'intero distretto fino a 15 milioni di litri d'acqua l'anno). L'acqua nera e i rifiuti di cucina contengono elevate quantità di energia e sostanze nutritive, recuperabili

grazie a un reattore a biogas. Le acque ripulite rientrano in circolo dedicato e vengono utilizzate per gli scarichi o per irrigare giardini o per il lavaggio delle auto.

Si sta sempre più acquisendo la consapevolezza che la manutenzione predittiva e tempestiva previene il deterioramento e mantiene i materiali e i componenti in corretto uso. Per il nuovo patrimonio edilizio e per la riqualificazione degli edifici esistenti intraprendere azioni appropriate in fase di progettazione può agevolare la manutenzione e garantire che gli edifici siano efficienti dal punto di vista energetico e idrico, garantendo un buon funzionamento. Ciò può essere reso possibile attraverso modelli di *business* in cui è incentivata la manutenzione e mediante tecnologie digitali intelligenti (ARUP, 2019).

Un importante recupero di acqua si può avere attraverso la gestione del deflusso di acqua piovana in ambito urbano prima che raggiunga rapidamente le reti di scolo senza essere filtrata e trattenuta dal suolo. Una gestione sostenibile delle acque meteoriche prevede:

- il ripristino di aree permeabili (*de-sealing*);
- il contenimento dei flussi superficiali per limitare il rischio di inondazione;
- il ripristino della funzione di filtraggio naturale dei suoli per ridurre l'inquinamento delle acque e favorire la ricarica della falda acquifera per filtrazione.

Con questo sistema l'acqua raggiunge il sottosuolo o le condotte più lentamente in quanto attraversa vari strati drenanti prima di tornare nel sottosuolo o di arrivare all'impianto fognario, rallentando il flusso idrico e contrastando fenomeni di allagamento.

La capacità di trattenere e immagazzinare acqua è una dei più importanti servizi ecosistemici di regolazione forniti dai suoli perché da questo dipendono la mitigazione di inondazioni, la regolazione del clima, l'approvvigionamento idrico, la riserva, lo stoccaggio e la fornitura di nutrienti, il mantenimento della biodiversità.

Il cuore del progetto di Aspern Seestadt (Vienna), il Lakeside Park, un lago di 50.000 mq balneabile con una grande area a verde che contribuisce attivamente alla sottrazione di CO₂ dall'atmosfera, rappresenta un esempio di gestione dell'acqua perché funge anche da dispositivo tecnologico ambientale in quanto regola le acque piovane provenienti dalle coperture degli edifici e dalle sedi viarie fornendo flussi idrici in periodi di scarse piogge senza mai essere integrato da acqua potabile.

3.4.4. Resources circularity, rigenerazione e riconversione degli edifici e dei distretti

Gli edifici possono essere adattati e riconfigurati per servire un nuovo scopo. Ad esempio, gli edifici commerciali o pubblici possono essere convertiti in spazi nuovi, tra cui abitazioni, spazi per i produttori e uffici per funzionare in modo più efficiente. La ristrutturazione del parco immobiliare esistente può migliorare l'efficienza con cui gli edifici vengono utilizzati e gestiti. Essa richiede generalmente meno risorse rispetto alla sostituzione di vecchi edifici con nuovi ed è quindi particolarmente importante nelle città consolidate dove l'urbanizzazione ha raggiunto il picco e la maggior parte del parco immobiliare è già stata costruita.

A questo fine emblematico è l'Eco-Distretto Caserme De Bonne (Grenoble) il cui nucleo centrale è rappresentato dalla riutilizzazione di infrastrutture militari costituite di tre caserme e della relativa area di pertinenza per un totale di 8,5 ettari sita in un'appetibile zona nel centro di Grenoble dove il Comune ha realizzato un intero quartiere green per migliorare la vivibilità degli abitanti a cui questo spazio era precluso immettendo negozi, ristoranti, uffici, edilizia residenziale, spazi pubblici, infrastrutture e servizi. Il progetto ha mantenuto il cortile principale e i tre edifici che lo sovrastano riqualificandoli sul piano della sostenibilità e del risparmio energetico ottenendo un ambiente di alta qualità, dinamico, piacevole e attraente. Scopo del

progetto è stato quello di favorire la diversità spaziale e funzionale dei luoghi e promuovere un mix socio-economico, culturale e generazionale per stimolare l'inclusione e lo spirito di convivenza.

La riqualificazione degli edifici è in ogni caso una misura molto importante ai fini della decarbonizzazione visto che la maggior parte del patrimonio immobiliare europeo è vecchio e inefficiente. Di rilievo è pertanto l'indicazione del FitFor55 che prevede per il settore pubblico di ciascun Stato di rinnovare il 3% dei suoi edifici ogni anno per pilotare il processo di rigenerazione e ridurre il consumo di energia.

La sensibilizzazione verso i temi ambientali è ormai imprescindibile nel definire gli spazi dell'abitare contemporanei e contestualmente le necessità di risparmio energetico inducono a un ripensamento delle strategie impiantistiche e delle stratigrafie degli involucri.

I vuoti urbani (aree disponibili per obsolescenza o cambio di destinazione d'uso) rappresentano il margine di trasformazione di ambiti consolidati; a piccola scala, possono corrispondere a parcheggi, aree indistinte, verde non attrezzato, rappresentando una pausa, una barriera nel tessuto urbano. Le potenzialità di tali ambiti sono date dalla possibilità di inserirsi in un tessuto già consolidato volto a riappropriarsi dello spazio e massimizzarne le suscettività di sviluppo. Ambiti dismessi o scollegati dal tessuto urbano circostante vengono a integrarsi, arricchendo l'esistente (Reale, 2008).

Un tessuto urbano già fitto e denso, con occupazione del suolo totale, risulta rigido alle trasformazioni, a meno di una progettazione flessibile che consenta agevolmente il cambio d'uso. La trasformazione dei quartieri moderni degradati può avvenire attraverso il loro adattamento alle mutate esigenze dell'abitare contemporaneo articolando tipologie e spazi nuovi in contesti dotati di quell'intensità e complessità tipiche dei contesti urbani stratificati.

Nelle misure di riorganizzazione dei tessuti urbanizzati estensivi e di "ibridazione" delle aree monofunzionali risulta possibile intervenire determinandone la trasformazione con l'inserimento di destinazioni d'uso compatibili e complementari, compresi spazi per usi collettivi e una più diffusa offerta di servizi. Particolare attenzione va dedicata anche agli spazi intermedi – corti, cortili, giardini condominiali, terrazzi condivisi, logge, ecc. – per migliorare la qualità dell'abitare, interno ed esterno all'abitazione, e la socialità di vicinato.

Nei programmi di rigenerazione urbana la realizzazione di interventi di riqualificazione – o di nuova costruzione – di housing sociale deve garantire, insieme al soddisfacimento della domanda di alloggi, benessere abitativo e integrazione sociale, con supporti alla costruzione di comunità di residenti anche con la progettazione di spazi collettivi condivisi e aperti, e con la promozione di mix funzionale e dotazione di servizi e spazi intermedi (Masbouni, 2005).

3.4.5. Resources circularity e materiali da costruzione

Il comparto edilizio ha un impatto significativo su molti settori dell'economia e comporta il 35% di emissioni di gas serra che potrebbero essere ridotte dell'80% migliorando l'efficienza dei materiali usati. La strategia di attacco riguarda la sostenibilità dei prodotti da costruzione tra cui i requisiti in materia di materiali riciclati promuovendo in logica di circolarità la durabilità dei beni edificati e predisponendo registri digitali per gli edifici. Occorre, inoltre, riconsiderare gli obiettivi di recupero dei materiali già fissati per i rifiuti da costruzione e demolizione prestando particolare attenzione ai materiali isolanti e all'uso sicuro, sostenibile e circolare del materiale da scavo (terreno, pietra e ghiaia). Tutte le attività di costruzione e demolizione all'interno della città devono adottare materiali, tecnologie e *design* circolari per chiudere, direttamente e indirettamente, i cicli di materiali.

In una città circolare ideale tutti i materiali consumati dal settore delle costruzioni proverranno da fonti rinnovabili e/o riutilizzate/riciclate con un impatto ambientale minimo e saranno monitorati durante tutto il

loro ciclo di vita per consentire un efficace processo di circolazione dei materiali. Attualmente solo il 10% dei materiali da costruzione proviene da fonti secondarie mentre il restante 90% da materie prime. Esiste pertanto un'opportunità per il settore delle costruzioni di aumentare la quota complessiva di materiali consumati da fonti secondarie per ridurre l'impronta ambientale complessiva del settore (GBC Italia, 2019).

In questo senso si sono adoperati a Tassafaronga Village (Oakland, USA) dove tutti i materiali sono stati considerati per il riutilizzo, il riciclaggio, il recupero, il trasporto e gli impatti sulla salute. L'88% dei detriti di demolizione è stato smistato e deviato dalla discarica, compreso il calcestruzzo che è stato frantumato e utilizzato come sottofondo stradale. Il 93% dei componenti (in peso) di un ex pastificio - acciaio strutturale, intelaiature e rivestimenti e la maggior parte dei muri esterni - sono stati sottoposti a demolizione selettiva e riciclati. Il pavimento in legno della struttura è stato immagazzinato per essere utilizzato in più progetti locali successivi. I piccoli ponti privati all'interno delle aree paesaggistiche sono stati realizzati con legname riutilizzato, alternato ad aree di pavimentazione in granito frantumato permeabile.

Un'altra azione importante è il monitoraggio dei materiali da costruzione durante tutto il loro ciclo di vita per consentire un efficace processo decisionale di fine vita e per aumentare la circolazione dei materiali. Una buona pratica è il passaporto dei materiali adottato nel progetto Madaster in Olanda che identifica quali materiali sono stati utilizzati in un edificio e in quali quantità. Inoltre, esso contiene informazioni sulla qualità dei materiali, l'ubicazione e il valore finanziario e circolare. Tale piattaforma digitale può fungere da biblioteca pubblica *online* di materiali nell'ambiente costruito per facilitare una maggiore conoscenza dei materiali utilizzati nel settore edile e incentivare un maggiore riutilizzo dei materiali secondari.

Infine, le città possono influenzare la domanda di progettazione circolare e le pratiche di costruzione attraverso l'inserimento di criteri circolari nelle di gare di appalto dei lavori. Non esiste un approccio uniforme all'adozione di criteri circolari nei progetti di edilizia pubblici, ogni città ha propri obiettivi e priorità e ogni progetto presenta opportunità uniche per chiudere i cicli dei materiali e ridurre l'impatto ambientale del settore.

Gli appalti circolari sono sempre più adottati dalle città di tutta Europa, come nel caso di Copenaghen che ha richiesto l'uso di mattoni riutilizzati nella ristrutturazione di una scuola. I mattoni, provenienti dalla demolizione degli ospedali locali, hanno permesso di ridurre il costo totale del ciclo vita e di tagliare le emissioni di CO₂ di 70 tonnellate. Berlino ha invece prescritto l'uso del calcestruzzo riciclato nella costruzione di un nuovo edificio universitario per superare i pregiudizi e stimolare la domanda di calcestruzzo riciclato in edilizia. La gara ha evitato il consumo di 880 m² di materiali vergini, oltre ad aver ridotto del 66% il fabbisogno energetico.

3.4.6. Resources circularity e gestione dei rifiuti e degli scarti

Un requisito indispensabile per la riduzione dei rifiuti è la prevenzione della loro formazione e la corretta gestione, che include l'aumento del contenuto riciclato. A questo fine è indispensabile la raccolta differenziata e la collaborazione dei cittadini, delle imprese e di tutti i portatori di interesse della catena di valore. Si rende pertanto necessario armonizzare i sistemi di raccolta differenziata e facilitare l'operazione uniformando i colori dei contenitori e dei simboli per i principali tipi di rifiuti, e a supporto dell'iniziativa svolgere campagne di informazione e di sensibilizzazione (ISPRA, 2019). Inoltre, il costo di ogni prodotto dovrebbe essere comprensivo del suo smaltimento ridisegnando l'attuale sistema di tassazione e le etichette dei prodotti dovrebbero contenere precise indicazioni sulla corretta differenziazione dei vari componenti.

Esistono diversi sistemi di gestione dei rifiuti a vari livelli tecnologici, tutti dovrebbero essere efficienti e soprattutto efficaci in quanto è il sistema di gestione che detta i tempi di tutta l'operazione di raccolta e della stessa differenziazione dei rifiuti. Fra i più evoluti è quello realizzato a Clichy-Batignolles (Parigi) dove i rifiuti

vengono raccolti tramite tubi pneumatici sotterranei che li conferiscono a un centro di smistamento. Quello che può essere recuperato viene riciclato e in minima parte viene destinato a un inceneritore. Grazie a questo sistema non sono necessari camion per la raccolta dei rifiuti ed è possibile ottenere numerosi vantaggi per l'ambiente, si stima una riduzione del 42% delle emissioni di gas serra e una riduzione del 98% delle emissioni di monossido di carbonio, dell'86% di ossidi di azoto e una riduzione del 90% delle emissioni di particolato rispetto a un sistema tradizionale di raccolta dei rifiuti.

Affinché si sviluppi il riciclo dei prodotti è in ogni caso necessaria l'introduzione di obblighi concernenti il contenuto del riciclo e avere un mercato efficiente per le materie prime secondarie con l'indicazione delle prestazioni e la segnalazione della presenza di eventuali limiti. La città di Austin (Texas, USA), che si è posta come obiettivo di raggiungere zero rifiuti entro il 2040 e di generare valore dai materiali di scarto, ha predisposto una piattaforma di scambio *online* ad accesso aperto (Austin Materials Marketplace) per facilitare la crescita del mercato dei materiali secondari all'interno della città abbinando i flussi di materiale residuo alla domanda. La maggiore accessibilità alle informazioni sulle materie prime secondarie può aumentare l'uso di questi materiali nei progetti di costruzione.

La normativa UE è attenta ad individuare sostanze problematiche per la salute, tuttavia si tratta di un settore in cui la preoccupazione non è mai abbastanza e, in linea con i progressi scientifici e tecnici e la tecnologia digitale ora disponibile, si può pervenire ad un tracciamento e mappatura in materia di sostanze chimiche, prodotti e rifiuti pericolosi rafforzando le sinergie con l'economia circolare.

Una valida strategia per aumentare il riutilizzo dei beni di consumo è la creazione di centri di riutilizzo (*Circular shopping centre*) fornendo spazi per la vendita/locazione di articoli riutilizzabili, oltre a ospitare attività circolari supplementari, come la riparazione (*ReUse Hub*), i laboratori (*upcycling*) e i programmi didattici. Questi *Hub* non solo forniscono luoghi attraenti e accessibili ai cittadini per depositare oggetti indesiderati, ma veicolano modelli, stili di vita e di consumo più circolari che tendono a estendere il più a lungo possibile il valore dei prodotti e dei materiali.

3.5. Azioni strategiche di *Sustainable mobility*

In Italia la mobilità ha alcuni elementi peculiari rispetto agli altri paesi europei. Innanzitutto, un uso dell'automobile più diffuso, una rete debole di piste ciclabili e pedonali urbane, anche a causa della morfologia di molte città, di consolidate abitudini e di un ritardo nell'attuazione di adeguati strumenti di governo. Il settore dei trasporti è responsabile al 2020 del 30,5% del totale delle emissioni e circa il 40% è dovuto alla mobilità urbana (EC, 2020).

In generale, la maggior parte dei trasporti funziona con carburanti fossili ma si sta comunque assistendo a un aumento del numero di veicoli elettrici per le strade di molte città europee. Di ultima generazione sono i veicoli elettrici commerciali e professionali che possono assolvere numerose funzioni tra cui anche la raccolta dei rifiuti. Tuttavia, l'introduzione di veicoli elettrici è attualmente costosa e richiede di cambiare l'infrastruttura di rifornimento per le automobili. Fra i veicoli elettrici si possono includere i veicoli *range extender* o gli ibridi *plug-in*.

Al riguardo, si segnala che all'interno del *Green Deal* la Commissione Europea, con il Piano Clima FitFor55 ha stabilito che dal 2035 le nuove auto immatricolate dovranno essere a emissioni zero e questo dà un ulteriore impulso all'elettrico e allo sviluppo di nuove tecnologie. Inoltre, dovranno essere installati sulle principali strade punti di ricarica e di rifornimento: ogni 60 km per colonnine elettriche e ogni 150 km per l'idrogeno. Si tratta di una decisione dagli effetti non immediati ma destinata a stravolgere il settore automobilistico. A partire dal 2023 la Commissione propone anche di cambiare la tassazione sui carburanti in base al contenuto energetico e non sui volumi per incoraggiare l'uso di combustibili più ecologici e verranno eliminate esenzioni

obsolete e aliquote ridotte che incoraggiano l'uso di combustibili fossili. Sempre nel settore dei trasporti vengono incoraggiati l'utilizzo di carburanti sostenibili nell'aviazione e nel trasporto marittimo. Queste misure devono essere approvate dai governi dei Paesi UE e del Parlamento europeo (EC, 2021).

Per lunghe distanze e per il trasporto di merci attualmente molti paesi stanno sostenendo iniziative volte ad aumentare la quota di biocarburanti nella benzina per renderla più sostenibile. Tuttavia, a lungo termine saranno necessari carburanti alternativi a zero emissioni di carbonio per sostituire la benzina o il diesel.

Ci sono diverse alternative per i combustibili a zero emissioni di carbonio che possono essere utilizzate. Il combustibile più pulito è l'idrogeno. La sua combustione non produce alcuna emissione di carbonio. L'idrogeno può essere prodotto dividendo l'acqua in ossigeno e idrogeno. L'elettricità necessaria a tal fine può provenire da fonti energetiche rinnovabili. L'idrogeno può quindi essere bruciato in sicurezza per produrre energia e l'unico prodotto è l'acqua. Tuttavia, il combustibile a idrogeno è ancora in fase di sviluppo (H2IT, 2019).

Un'altra possibilità è quella di utilizzare gas sintetico, che viene generato nelle fabbriche piuttosto che essere estratto dal terreno. Il gas sintetico può essere un combustibile neutro dal punto di vista del carbonio se viene creato attraverso la lavorazione dell'anidride carbonica estratta dall'aria.

Infine, vi sono i biocarburanti: si tratta di combustibili generati dalla lavorazione di prodotti coltivati naturalmente, come il legno, o il mais. Sussistono, tuttavia, problemi con i biocarburanti in quanto producono ancora una grande quantità di anidride carbonica nella lavorazione. Inoltre, per coltivare il prodotto è necessario utilizzare terreni agricoli che così vengono sottratti alla produzione del cibo.

Insomma per la mobilità sostenibile l'opzione più forte sembra essere il motore elettrico a patto naturalmente che l'elettricità immagazzinata sia generata da fonti rinnovabili. Un ruolo positivo può essere svolto dalle città adeguando il sistema dei trasporti e delle infrastrutture della distribuzione dei servizi che permettano di ridurre l'impatto sull'ambiente, rendendo al contempo gli spostamenti più efficienti. La mobilità elettrica si sta affermando in molte città attraverso il rinnovo del patrimonio del trasporto pubblico e l'installazione di colonnine per la ricarica delle auto private così come si stanno consolidando le iniziative di *sharing*, dalle auto, agli scooter, alle bici, ai monopattini- volte a ridurre il tasso di motorizzazione privata delle città (SuM4All, 2021). L'eco-quartiere La Marine (Parigi) è prevalentemente pedonale: l'80% delle strade interne è riservato al traffico leggero, alla mobilità tramviaria pubblica su ferro, e lo spazio pubblico per i parcheggi delle auto è ridotto allo stretto necessario. Questa scelta rafforza fortemente la qualità della vita nel quartiere e costituisce uno degli assi portanti per concorrere all'obiettivo di tagliare drasticamente le emissioni di CO₂.

La mobilità è il risultato della domanda di spostamento da parte dei residenti che si traduce anche in una grande quantità di parcheggi. Una importante fonte di risparmio è costituita dall'ottimizzazione della mobilità locale. Gli *asset* per ripensare la mobilità delle città del futuro sono: ridurre la necessità di spostamenti e scoraggiare il trasporto privato, limitando lo spazio destinato ai parcheggi, tassando gli autoveicoli in base alla differenziazione ambientale, sviluppando le infrastrutture per i veicoli elettrici e incentivi per il trasporto a basse emissioni. L'aspetto di rilievo di questo processo è costituito dalla riduzione della domanda globale di trasporto personale massimizzando l'accessibilità ai servizi e garantendo un buon mix di zone di vita e di lavoro.

Le città compatte riducono la domanda di mobilità all'interno delle città e creano ambienti urbani più socievoli, equi ed economici e hanno un più contenuto impatto ambientale perché offrono distanze di viaggio ridotte e aumentano la fattibilità per il trasporto pubblico e gli spostamenti attivi, riducendo la dipendenza dalla mobilità pubblica e dall'auto per le esigenze elementari, preservano inoltre le aree verdi e rurali, importanti per il sequestro del carbonio.

Il disegno degli spazi e delle funzioni delle infrastrutture della mobilità deve essere ripensato per consentire una mobilità che sia attiva e collettiva. Se una città offre un buon trasporto pubblico, percorsi ciclabili e pedonabili ciò può portare a una riduzione dell'uso di auto private e delle relative emissioni di gas serra. E' necessaria quindi una nuova concezione urbanistica e una pianificazione coordinata con la mobilità.

La città deve avere uno sviluppo equilibrato in tutti i quartieri in cui si articola. Il quartiere deve essere denso e con mix funzionale, in cui l'accesso ai trasporti pubblici renda vantaggiosa la mobilità sostenibile. Per integrare queste diverse funzioni particolare attenzione va riservata alla mobilità dolce e alla realizzazione di una rete dedicata di percorsi a piedi e in bicicletta che consentono di raggiungere la metropolitana, *hub* di trasporto su gomma, scuole, strutture sportive e culturali, nonché spazi pubblici. La bicicletta diventa il mezzo ideale per il percorso casa-lavoro o scuola e prendono piede mezzi di trasporto alternativi per le brevi distanze quali pattini, monopattini o *skateboard*. La riduzione delle percorrenze favorisce la pedonalizzazione, la vivibilità e la godibilità dello spazio urbano ampliando il loro ambito di azione e relazione (Deboulet, Lelévrier, 2014). Buoni collegamenti di trasporto locale e una maggiore tutela riservata a pedoni e ciclisti sono fondamentali affinché una città funzioni in modo sostenibile.

A Parigi, da alcuni anni un modello di mobilità lenta ha radicalmente orientato l'agenda politica della città, si è iniziato a costruire una ciclabile in ogni strada dell'area urbana. Una "Parigi 100% ciclabile al 2024" è una città di prossimità, a misura di persona, in cui pedoni e ciclisti potranno muoversi ovunque in sicurezza, e vuole esserlo eliminando lo spazio destinato a parcheggi. A questo si aggiunge il più recente obiettivo della "città in 15 minuti", dove per tutti gli abitanti sia possibile raggiungere i principali servizi di base in meno di 15 minuti, a piedi o in bicicletta. (Moreno, 2020)

A Barcellona, invece, l'obiettivo è restituire lo spazio della mobilità e della sosta ai residenti pedonalizzando piccole porzioni diffuse della città. L'idea, sulla scia delle sperimentazioni avviate già negli anni ottanta, è quella di sfruttare la caratteristica trama urbana della capitale catalana per formare delle *Superillas*, ovvero un insieme di nove isolati – un quadrato di 400x400 metri – le cui strade interne vengono chiuse al traffico, se non per i residenti a una velocità di 10 km orari. L'obiettivo è molteplice: aumentare le aree verdi della città, favorire l'attività motoria, ridurre l'inquinamento e riscoprire il rapporto e i servizi di prossimità. Ad oggi ne sono stati completati meno di una decina ma l'obiettivo è realizzarne molti di più.

Molte città hanno adottato piani per il trasporto locale, dove gli obiettivi ambientali, sociali e i traguardi economici sono congiuntamente perseguiti, sono state promosse misure per promuovere la mobilità sostenibile, in particolare quella dolce e privilegiata la bicicletta e i percorsi a piedi. In ogni caso la pianificazione dei trasporti e l'uso del suolo è integrata. Un buon esempio è il Piano Urbano della Mobilità Sostenibile presentato da Vienna (Virag D., et al 2021).

Si sintetizzano di seguito, per punti, le principali categorie di azioni strategiche elaborate dal Gruppo di Lavoro 4 "Mobilità urbana sostenibile" (Anna Donati, Giandomenico Meduri, Giovanna Rossi) del Gruppo Internazionale degli Esperti (coordinato da Fabrizio Tucci) del Green City Network promosso dalla Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile:

1. Limitazione della circolazione delle auto private in città e promozione della circolazione tramite mezzi pubblici:

- disincentivare, nei piani urbani per la mobilità sostenibile, l'uso dell'auto privata per gli spostamenti in città, limitando le aree di sosta e ricorrendo a controlli anche informatizzati, estendere le limitazioni alla circolazione in determinate zone e gli accessi e le soste a pagamento;
- aumentare le aree pedonalizzate, le Zone a Traffico Limitato e quelle con accesso consentito solo a biciclette e mezzi pubblici;
- promuovere iniziative per valorizzare l'utilizzo di strade e piazze chiuse al traffico come luoghi di incontro, di aggregazione e di convivialità;

- rafforzare e innovare le flotta dei mezzi pubblici a basse emissioni, puntando decisamente sull'aumento dei mezzi pubblici elettrici, nonché su accessi, sedi e corsie riservate.
2. *Incremento delle reti di percorsi ciclabili e pedonali tramite infrastrutture lineari esistenti e nuove:*
- predisposizione di piani urbani della mobilità ciclistica;
 - incrementare e migliorare la rete ciclopedonale;
 - sviluppare le connessioni e i nodi di scambio intermodali fra la rete ciclopedonale e quella del trasporto pubblico locale, con attenzione ai collegamenti con i punti di interesse e di ritrovo pubblico;
 - sviluppare di attività complementari quali i ciclo-parcheggi, il *bike sharing*, i *bike hotel*, la localizzazione su mappa delle ciclofficine, il servizio S.O.S.-bici, e la creazione dei *bike grill*;
 - realizzare campagne di promozione della mobilità in bicicletta;
 - incentivare l'acquisto di *e-bike* e di *cargo bike* a pedalata assistita.
3. *Promozione della sharing mobility in un'ottica di avanzamento tecnologico anche con sistemi ITC ed ITS:*
- promuovere servizi *car sharing*, *free floating* e *station-based*, servizi di *scooter sharing* e di *bikesharing elettrico*, servizi di *car-pooling* aziendale e di *vansharing*;
 - realizzare piattaforme ITS integrata per la raccolta e condivisione dei dati relativi alla mobilità, per i servizi digitali di pianificazione degli spostamenti integrando i servizi di sharing con il trasporto pubblico locale;
 - realizzare piattaforme per l'integrazione commerciale tra servizi di mobilità, con interoperabilità dei rispettivi sistemi di pagamento;
4. *Incentivazione dell'uso di auto elettriche, ibride e biometano:*
- incentivare all'acquisto di auto elettriche, ibride e a biometano e agevolarne la circolazione e la sosta;
 - sviluppare infrastrutture e reti interoperabili per la ricarica elettrica delle auto e la produzione e la distribuzione del biometano, anche in forma liquida.

3.6. Azioni strategiche di *Green and Gray CO2 subtraction and storage solutions*

Fra le misure di rigenerazione urbana a valenza multipla le soluzioni basate sulla natura in qualità della capacità di assorbire inquinanti sono un mezzo sempre più popolare per affrontare le sfide della sostenibilità. In quest'ottica si muove il Piano Clima FitFor55 della Commissione Europea che mira a migliorare la qualità, la quantità e la resilienza delle superfici verdi con il rimboschimento delle foreste europee di 3 miliardi di alberi da piantare entro il 2030 e saranno fissati a ciascun Stato membro obiettivi specifici nazionali di espansione dei depositi naturali di carbonio.

Le piante sono gli unici esseri viventi che producono ossigeno a differenza degli animali che lo utilizzano senza reintegrarlo ed emettendo CO₂. Gli scienziati ritengono che un singolo albero può assorbire anidride carbonica a una velocità di 21,8 kg/anno e rilasciare abbastanza ossigeno nell'atmosfera per sostenere 2 esseri umani ma non i loro veicoli e attività (Salomoni, 2017).

L'idea di usare la natura per migliorare la sostenibilità urbana attraverso la creazione di *green infrastructure*, parchi e giardini, aree verdi, ripristino di fiumi e di ecosistemi è sempre più vitale per affrontare queste sfide in modo efficace e adattivo. Il Martin Luther King Park (Parigi) è una delle aree (10 ettari di parco insieme ai 6.500 mq di verde privato e ai 16.000 mq di tetti verdi) pensata come parte di un'infrastruttura naturale, una rete a sostegno della biodiversità e della resilienza della città, di contrasto al fenomeno di isola di calore. Il parco è gestito utilizzando un approccio sostenibile, altamente differenziato, adattato a ogni specifico tipo di vegetazione, vi sono quasi 500 specie di piante e funge da vero e proprio "condizionatore" urbano grazie all'ombra degli alberi e al naturale fenomeno di evapotraspirazione generato dalle specie arboree.

Gli alberi, infatti, con le loro chiome e il loro ombreggiamento, costituiscono la più efficace arma a disposizione delle città per favorire il raffrescamento diffuso ed evitare l'assorbimento del calore durante il giorno e il suo rilascio in atmosfera durante la notte. In questo modo parchi, giardini, filari ma anche alberi in vaso agiscono contro le principali cause dei cambiamenti climatici, generando al tempo stesso qualità e vivibilità degli spazi pubblici delle città (EEA, 2021).

Il potere mitigante delle specie vegetali rispetto agli inquinanti è tuttavia differenziato in relazione alle singole caratteristiche di cui sono dotate, che possono configurarsi in attitudini allo svolgimento di specifiche azioni:

- riduzione degli inquinanti presenti in atmosfera attraverso il meccanismo della fotosintesi, i composti inquinanti sono eliminati tramite assorbimento e successiva metabolizzazione;
- cattura delle polveri sottili (PM10, PM5, PM2,5) grazie alla presenza di peli, rugosità e cere della superficie fogliare che funzionano come un filtro biologico;
- fitorimediazione, consistente nell'estrazione dal suolo dei composti inquinanti per accumularli nelle radici e nelle foglie (fitoestrazione) o nella biodegradazione dei contaminanti organici dei terreni sfruttando la sinergia con i microrganismi presenti intorno e all'interno delle loro radici (fitorizodegradazione), che determina la cosiddetta "fitostabilizzazione";
- fitodepurazione, consistente nella cattura e stabilizzazione/demolizione degli inquinanti delle acque.

Queste soluzioni hanno il vantaggio di fornire contemporaneamente benefici ambientali, sociali ed economici e di contribuire a costruire la resilienza. Si tratta di azioni ispirate, sostenute o copiate dalla natura. L'uso e la valorizzazione di queste soluzioni sono affidati per lo più a meccanismi di sviluppo di cui sono noti gli effetti, ma sempre più spesso vengono esplorate situazioni nuove imitando il modo in cui gli organismi e le comunità non umane affrontano eventi estremi.

Le soluzioni basate sulla natura utilizzano le caratteristiche e i complessi processi di sistema della natura, come la sua capacità di immagazzinare carbonio e regolare il flusso d'acqua al fine di ottenere i risultati desiderati, come la riduzione del rischio di disastri, il miglioramento del benessere umano e la crescita verde socialmente inclusiva. Queste soluzioni basate sulla natura sono idealmente efficienti, dal punto di vista energetico e sotto il profilo delle risorse, e resilienti al cambiamento. Tali conoscenze permettono di svelare come funziona la natura, a vantaggio di tutte le persone e trasformando queste sfide in azioni per una crescita sostenibile e verde, il cui successo è però subordinato al grado di adattamento alle condizioni locali.

La strategia su cui implementare i diversi interventi è la seguente:

- tenere i rischi climatici lontani dagli insediamenti umani;
- ridurre la vulnerabilità dell'area esposta creando un ambiente in grado di convivere con i pericoli;
- garantire una risposta efficace ai rischi climatici;
- garantire un recupero efficace dagli impatti di un pericolo.

Naturalmente i meccanismi e le strutture di recupero devono essere approntati prima che si presenti un potenziale pericolo.

Per ridurre la pressione sulla città possono essere necessari nuovi sistemi idrici e fognari in sostituzione di quelli vecchi costruiti per una popolazione molto più piccola e si può pensare anche a soluzioni urbane verdi come parchi, alberi di strada, stagni, tetti verdi, giardini urbani e domestici.

L'esposizione ai pericoli può essere arginata attraverso la creazione di aree o parchi di protezione della natura e inibito lo sviluppo di abitazioni in aree a rischio mentre si può ridurre l'esposizione alle inondazioni riducendo l'erosione attraverso un nutrimento della spiaggia, ripristinando o gestendo le formazioni vegetali lungo i litorali o migliorando la gestione delle acque nelle periferie delle aree urbane. In caso di frane si può stabilizzare il pendio piantando nuovi alberi per mantenere il terreno in posizione.

Per quanto riguarda la riduzione della vulnerabilità alle alluvioni esempi sono la creazione di zone cuscinetto, la promozione di tetti verdi, agricoltura urbana o vicoli di inverdimento, l'aumento dell'estensione delle superfici permeabili, la creazione di stagni di ritenzione. Al riguardo, uno stagno può non solo contribuire alla gestione delle acque piovane ed accrescere la biodiversità ma può fornire benefici sociali divenendo un'opportunità per attività ricreative, sociali e sportive.

Per quanto attiene la vulnerabilità al calore si può far ricorso invece all'uso di piante resistenti alla siccità e/o realizzare un migliore isolamento termico attraverso, ad esempio, pareti verdi. Un altro importante elemento di riduzione della vulnerabilità è la diminuzione della dipendenza da un solo sistema urbano, come sistemi di riscaldamento, trasporto o drenaggio.

Circa le misure di preparazione per affrontare alcuni eventi quelle più ricorrenti sono i sistemi di allarme rapido e i preparativi per il rifugio temporaneo che possono essere forniti dalle aree verdi. Un altro esempio è la preparazione di meccanismi o strutture che forniscono raffreddamento, quali i sistemi di piantagione mobili o le fontane che possono essere utilizzate durante le ondate di calore. Per prepararsi al recupero si può far ricorso a elementi infrastrutturali verdi che possono essere facilmente recuperati o sostituiti dopo gli impatti climatici. Inoltre, è necessario prepararsi per l'assistenza *post*-catastrofe attraverso l'individuazione di aree verdi da utilizzare per alloggi temporanei durante la ricostruzione. Nel contesto della ripresa il sostegno all'inverdimento delle trame private rappresenta una misura polivalente con un impatto positivo sulla salute e sulla psicologia. Altre misure di preparazione sono le campagne di sensibilizzazione e orientamento su cosa fare dopo determinati eventi climatici opportunamente pubblicizzate (EEA, 2017).

Bisogna anche considerare gli impatti negativi che possono essere creati da soluzioni basate sulla natura e come affrontarli. Inoltre, per fare valutazioni si ha bisogno di indicatori scientifici e pertinenti. La natura e la tipologia dei dati sono legati all'oggetto della valutazione. La portabilità di un dato da un luogo all'altro a volte è possibile. Spesso, tuttavia, non è utile attribuire lo stesso risultato in diversi contesti. In particolare, i benefici culturali non sono esportabili. Se non è possibile adottare gli stessi risultati si possono però generalizzare i metodi di valutazione in contesti diversi. Un altro fattore da considerare è l'adozione da parte dei ricercatori di schemi e metodi accessibili anche ai non addetti ai lavori affinché non rappresentino un motivo limitante alla sfida della sostenibilità.

Esistono, come si è visto, mezzi naturali per rimuovere i gas serra dall'atmosfera. Questi includono il sequestro del carbonio attraverso la fotosintesi, l'accumulo di materia organica nel suolo, l'assorbimento di carbonio negli ecosistemi acquatici e processi geologici lenti, come l'erosione delle rocce. Tuttavia, esistono anche numerose tecnologie esistenti ed emergenti per la rimozione dell'anidride carbonica (CDR) o tecnologie a emissione negativa (NET) per rimuovere la CO₂ dall'atmosfera. Alcune tecnologie a emissione negativa fissano la CO₂ ambientale attraverso il passaggio a composti stabili. Altri producono un flusso di CO₂ gassosa o liquida ad alta concentrazione che può essere immagazzinata o utilizzata per i prodotti. Alcuni sono già in uso, molti hanno il potenziale per essere ampliati, mentre altri sembrano attualmente solo teorici (Kuittinen, et al, 2021).

La soluzione del Carbon Capture and Storage (CCS) fa riferimento alla cattura meccanica delle emissioni di CO₂ dalle fonti dei settori industriale ed energetico, come la produzione di cemento e acciaio, che avviene generalmente per mezzo di un filtro assorbente prima che le emissioni lascino i camini degli impianti industriali. La CO₂ liquida è quindi pompata in falde acquifere sotterranee per lo stoccaggio a lungo termine. Sviluppato originariamente dall'industria petrolifera per recuperare le riserve residue di petrolio, pompando gas pressurizzato in pozzi vuoti, il CCS non è al momento economicamente conveniente e i vari impianti sperimentali e operativi vivono grazie a incentivi statali. Se utilizzato come tecnica di recupero di petrolio, il CCS potrebbe promuovere un ulteriore sfruttamento del petrolio. La capacità delle tecnologie CCS di sequestrare in modo permanente il carbonio è ampiamente dibattuta. Il carbonio catturato potrebbe essere rilasciato in atmosfera per molte ragioni: costruzione difettosa degli impianti, terremoti o altri movimenti

sotterranei. A queste concentrazioni, la CO₂ è molto tossica per la vita animale e vegetale (Selosse, Ricci, 2017).

Una variante del CCS è il CCUS (Carbon capture, utilisation and storage). L'idea alla base del CCUS è che la CO₂ catturata, sia dai processi industriali sia direttamente dall'atmosfera, possa essere utilizzata come materia prima per la produzione industriale, in teoria stoccando la CO₂ in manufatti. Un esempio di CCUS è produrre materiali di qualità e a basso costo da impiegare in edilizia e nella cantieristica stradale come sottofondi o manti stradali o materiali da costruzione a base biologica, come il legno, che hanno un'importante funzione nello stoccaggio di carbonio e che può essere estesa oltre il ciclo di vita dell'edificio grazie alla facilità di essere riutilizzato senza perdere il contenuto di carbonio. Altri esempi sono l'accrescimento delle alghe, la cui massa biologica è impiegata poi per la produzione di biocarburanti, o il processo di mineralizzazione della CO₂ per reazione con matrici contenenti metalli alcalino-terrosi al fine di produrre carbonati praticamente insolubili in acqua e quindi chimicamente stabili. Questo processo, detto di carbonatazione, può essere realizzato impiegando sia minerali puri sia di scarto, nonché residui solidi alcalini derivanti da lavorazioni industriali di tecnologia varia.

La CO₂ così catturata può portare all'ottenimento di materiale inerte utile nel settore delle costruzioni o può essere utilizzata come reagente per la produzione di polimeri, in particolare policarbonato con proprietà tecnologiche innovative rispetto al materiale esistente, o anche per le tecnologie di stoccaggio dell'energia che successivamente trasforma la CO₂ in metanolo, un composto liquido e di facile gestione e trasporto che trova largo impiego come semilavorato dell'industria chimica e direttamente come combustibile.

Una varietà di materie plastiche può essere prodotta dalla biomassa o dalla CO₂ catturata che può essere utilizzata per produrre policarbonati, poliuretano e bioplastiche in genere.

Il CCUS ha un impatto simile a quello delle tecniche CCS, ma con un maggior rischio per le emissioni di CO₂, nei processi e dai prodotti finali. Il CCUS può anche avere un equilibrio energetico (e di emissioni) discutibile qualora venga considerata l'energia totale necessaria per il trasporto e lo stesso processo, nonché le considerazioni su *end-of-life*. In definitiva ci può essere un bilancio netto a favore delle emissioni di gas-serra piuttosto che di sequestro.

Per contribuire a mitigare l'impatto del settore dei trasporti è allo studio (ENI) una tecnologia che consente di catturare una parte della CO₂ generata dal motore direttamente sul veicolo immagazzinandola in forma liquida o compressa prima di poterla scaricare presso la stazione di servizio durante le normali operazioni di rifornimento.

References

- Alshayeb M. and Chang J. (2018), "Variations of PV Panel Performance Installed over a Vegetated Roof and a Conventional Black Roof", *Energies* Vol. 11, no. 5 available at: <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/5/1110>
- Antonini, E., Tucci, F. (eds.) (2017), *Architettura, Città e Territorio verso la Green Economy. La costruzione di un Manifesto della Green Economy per l'Architettura e la Città del Futuro | Architecture, City and Territory towards a Green Economy. Building a Manifesto of the Green Economy for the Architecture and the City of the Future*, Edizioni Ambiente, Milano.
- ARUP (2015), "The future of energy", available at: <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/the-future-of-energy-2035>
- Arup (2016), "Circular Economy in the Built Environment", available at: <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/circular-economy-in-the-built-environment>

- ARUP (2016), "Word energy council. Prospective input into the World Energy Council Scenarios: "Innovation Urban Energy" available at: <https://www.arup.com/-/media/arup/files/publications/p/wec-innovating-urban-energy-v3.pdf>
- ARUP (2019), "The City Water Resilience Approach", available at: https://www.arup.com/-/media/arup/files/publications/c/cwra_city_water_resilience_approach.pdf
- ASVIS (alleanza italiana, per lo sviluppo sostenibile) (2020), "Cibo, Città, Sostenibilità. Un tema strategico per l'Agenda 2030", available at: https://asvis.it/public/asvis2/files/Approfondimenti/PositionPaperGdL_Goal_2FINAL.pdf
- Augé M. (1993), *Nonluoghi. Introduzione a una antropologia della surmodernità*, Elèuthera editrice, Milano.
- Bassi S, Carvahlo M, Doda B, Fankhauser S (2017) *Decarbonising the European Union credibly, effectively and acceptably*, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and Centre for Climate Change Economics and Policy, London, available at: <http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2017/11/Decarbonising-the-European-Union-credibly-affordably-and-acceptably.pdf>
- Bionova, One Click LCA (2018), "The Embodied Carbon Review Embodied carbon reduction in 100+ regulations & rating systems globally", Bionova Ltd, available at: https://www.oneclicklca.com/wp-content/uploads/2018/12/Embodied_Carbon_Review_2018.pdf.
- Bogenstätter U. (2000), "Prediction and Optimization of Life-Cycle Costs in Early Design," *Building Research & Information* 28:5-6 (2000): 376–86.
- C2ES (2017), "Microgrids: what every city should know", available at: <https://www.c2es.org/site/assets/uploads/2017/06/microgrids-what-every-city-should-know.pdf>
- C40 (2016), "Cool city, London", available at: https://c40-production-images.s3.amazonaws.com/good_practice_briefings/images/4_C40_GPG_CCN.original.pdf?1456788797
- Chi Xu et al (2020)., "Future of the Human Climate Niche", *Proceedings of the National Academy of Sciences* Vol. 117, no. 21.
- Chetia S, Maithel S. (2020), "Building Envelope, ENS and Cooler Homes", https://www.beepindia.org/wp-content/uploads/2020/05/SEEM_GKSPL.pdf.
- CIEP (2017), *The transition of the residential heating system. The transition of the residential heating system*, Tom Johnson, Hague, Netherlands, available at: https://www.clingendaelenergy.com/inc/upload/files/CIEP_paper_2017-01_web.pdf
- Ciuffini, M., Asperti, S., Gentili, V., Orsini, R., Refrigeri, L. (2020) "4° Rapporto nazionale sulla Sharing Mobility", Osservatorio Nazionale Sharing Mobility della Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, available at: <http://osservatoriosharingmobility.it/wp-content/uploads/2020/12/IV-RAPPORTO-SHARING-MOBILITY.pdf>.
- Cochran J., Bird L., Heeter J., Arent D. J. (2012), "Integrating Variable Renewable Energy in Electric Power Markets", U.S. Department of Energy, Available at: <https://www.nrel.gov/docs/fy12osti/53732.pdf>
- Commissione Europea (2020), "Una strategia Dal produttore al consumatore per un sistema alimentare equo, sano e rispettoso dell'ambiente", Bruxelles, 20.5.2020 COM(2020) 381 final, available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0381&from=EN>
- Cool Coalition, KCEP, SEforALL, CEA Consulting (2021), "Not passing on passive cooling: how philanthropy can help accelerate passive cooling solutions and their climate benefits", available at: <https://coolcoalition.org/not-passing-on-passive-cooling-how-philanthropy-can-help-accelerate-passive-cooling-solutions-and-their-climate-benefits/>
- De Matteis M., NORSA A. (2011), "Strategie di rigenerazione urbana e progetti sullo spazio aperto per i quartieri pubblici". *L'Ufficio Tecnico* n° 6, Maggioli Editore, Milano
- de Zeeuw, H., Drechsel, P. (eds) (2015). *Cities and Agriculture: Developing Resilient Food Systems*, Earthscan, New York
- Deboulet A., Lelévrier C. (2014) (a cura di). *Rénovations urbaines en Europe*, Presses universitaires de Rennes, Rennes
- Di Biagi, P. (2009) (a cura di), *Città pubbliche – Linee guida per la riqualificazione urbana*, Bruno Mondadori, Milano.
- Druot F., Vassal J. Lacaton A. (2007), *Plus: la vivienda colectiva, territorio de excepcion*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona.

- EASAC (European Academies Science Advisory Council) (2019), *Decarbonisation of transport: options and challenges*, Schaefer Druck und Verlag GmbH, Teutschenthal, available at: https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Decarbonisation_of_Transport/EASAC_Decarbonisation_of_Transport_FINAL_March_2019.pdf
- EC (2018), "Batteries a major opportunity for a sustainable society", Commissione Europea, Luxembourg, available at: https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/documents/ki0417441enn.en_.pdf
- EC (2019), "Comunicazione della commissione al parlamento europeo, al consiglio, al comitato economico e sociale europeo e al comitato delle regioni Il Green Deal europeo", Commissione Europea, Bruxelles, available at: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0006.02/DOC_1&format=PDF
- EC (2021), "Legislative train schedule. Fit for 55 Package under the European Green Deal", EC, Bruxelles, available at: <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-a-european-green-deal/package-fit-for-55>
- EEA (European Environment Agency), FOEN (Swiss Federal Office for the Environment) (2016), "Urban Sprawl in Europe", EEA Report No. 11, Luxembourg, available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/urban-sprawl-in-europe>
- EEA (2017), "Green infrastructure and flood management. Promoting cost-efficient flood risk reduction via green infrastructure solutions", EEA Report nr. 14, available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/green-infrastructure-and-flood-management>
- EEA (European Environment Agency) (2021), "[Nature-based solutions in Europe: Policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction](https://www.eea.europa.eu/publications/nature-based-solutions-in-europe)", available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/nature-based-solutions-in-europe>
- EEA (European Environment Agency) (2021), "Urban sustainability in Europe – opportunities for challenging times", available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/urban-sustainability-in-europe>
- EIT Climate KIC (2020), "Annual report 2019", available at: <https://www.climate-kic.org/wp-content/uploads/2020/04/EIT-Climate-KIC-Annual-Report-2019-web.pdf>
- Ellen MacArthur Foundation, McKinsey Center for Business and Environment, SUN (2015), "Growth Within: A circular economy vision for a competitive Europe", available at: https://www.mckinsey.de/sites/mck_files/files/growth_within_report_circular_economy_in_europe.pdf.
- ENEA, INEC, ACR+, European Environmental Bureau, ECOPRENEUR (2020), "European Circular Economy Stakeholder Platform (ECESP) Coordination Group - Leadership Group on Construction, Orientation paper", available at: <https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/leadership-group-construction.pdf>.
- ESMAP (2020), *Primer for Cool Cities: Reducing Excessive Urban Heat – With a Focus on Passive Measures*. Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP); Knowledge series 03, World Bank Group, Washington, D.C, available at: <http://documents.worldbank.org/curated/en/605601595393390081/Primer-for-Cool-Cities-Reducing-Excessive-Urban-Heat-With-a-Focus-on-Passive-Measures>
- Evans M., Roshchanka V., Graham P. (2017), "An International Survey of Building Energy Codes and Their Implementation," *Journal of Cleaner Production* 158 (August 2017): 382–89
- Ferrini F., et al. (2020) "Role of Vegetation as a Mitigating Factor in the Urban Context", *Sustainability* Vol. 12, n°10.
- Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile (2020), "Italy Outlook 2019: Verso la decarbonizzazione dell'economia", Italia, available at: https://www.fondazionevilupposostenibile.org/wp-content/uploads/dlm_uploads/italyoutlook2019_Verso-la-decarbonizzazione-delleconomia.pdf.
- Ford B., Hewitt M. (1996), "Cooling without Air Conditioning – Lessons from India," *Architectural Research Quarterly* Vol. 1, no. 4
- Gabrielli, P., et al. (2020), "The Role of Carbon Capture and Utilization, Carbon Capture and Storage, and Biomass to Enable a NetZero-CO2 Emissions Chemical Industry", *Industrial & Engineering Chemistry Research* Vol. 59 n°15
- GBC Italia (Green Building Council Italia) (2019), "Economia circolare in edilizia", available at: https://gbcitalia.org/documents/20182/565254/GBC+Italia_Position+Paper+EC_04.pdf

- GBC Italia (Green Building Council Italia) (2020), “Linee guida per la progettazione circolare di edifici”, available at: https://www.gbccitalia.org/documents/20182/565254/GBC+Italia_Linee+Guida+Economia+Circolare.pdf
- GCCA (Global Cool Cities Alliance) (2012), “A Practical Guide to Cool Roofs and Cool Pavements”, available at: https://www.c40knowledgehub.org/s/article/A-Practical-Guide-to-Cool-Roofs-and-Cool-Pavements?language=en_US
- Gehl J., Koch J. (2006), *Life between buildings: using public space*. The danish architectural press, Copenhagen
- Keena et al. (2020), “Transitioning to a Circular Built Future in the Global South with Low-Carbon Bio-Based Renewable Materials.” *Forest Policy and Economics* Vol 110, January 2020, 101872 available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389934118303708>
- Kovacic I., Zoller V. (2015), “Building Life Cycle Optimization Tools for Early Design Phases,” *Energy* Vol.92: N°409–19
- Kuittinen, M., Zernicke, C., Slabik, S., & Hafner, A. (2021). “How can carbon be stored in the built environment? A review of potential options”, *Architectural science review*, available at: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00038628.2021.1896471>
- H2IT Associazione Italiana idrogeno e celle c combustibile (2019), “Piano nazionale mobilità idrogeno Italia”, available at: https://www.h2it.it/wp-content/uploads/2019/12/Piano-Nazionale_Mobilita-Idrogeno_integrale_2019_FINALE.pdf
- Harvard University (2020) “COVID-19 PM2.5. A national study on long-term exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States”, available at: <https://projects.iq.harvard.edu/covid-pm>
- Heikkinen P, Kaufmann H, Winter S, Larsen K (2010) “TES EnergyFaçade—prefabricated timber-based building system for improving the energy efficiency of the building envelope”, available at: <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1355420/287313.pdf>
- Huston, S. (2018), *Smart Urban Regeneration: Visions, Institutions and Mechanisms for Real Estate*, Routledge, London
- ICCT (International Council on Clean Transportation) (2021a), “Transport could burn up the EU’s entire carbon budget”, available at: <https://theicct.org/blog/staff/eu-carbon-budget-apr2021>
- ICCT (International Council on Clean Transportation) (2021b), “The role of the European Union’s vehicle CO2 standards in achieving the European Green Deal”, available at: <https://theicct.org/sites/default/files/publications/EU-vehicle-standards-green-deal-mar21.pdf>
- IEA (2017), “Energy Technology Perspectives 2017”, available at: <https://www.iea.org/reports/energytechnologyperspectives-2017>.
- IEA (2018), “The Future of Cooling”, available at: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-cooling>
- IEA (2021), Global EV outlook 2021, available at: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ed5f4484-f556-4110-8c5c-4ede8bcba637/GlobalEVOutlook2021.pdf>
- IPCC (2018). “Global warming of 1.5 °C”, available at: <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- IRENA (2017), “E Electricity Storage and Renewables: Costs and Markets to 2030”, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. available at: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Oct/IRENA_Electricity_Storage_Costs_2017.pdf
- IRENA (2019), “Solutions to integrate high shares of variable renewable energy (Report to the G20 Energy Transitions Working Group (ETWG))”, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. available at: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jun/IRENA_G20_grid_integration_2019.pdf
- IRENA (2019), “Renewable Power Generation Costs in 2018”, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. available at: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA_Renewable-Power-Generations-Costs-in-2018.pdf
- ISPRA (2019), “Rapporto rifiuti urbani”, available at: https://www.isprambiente.gov.it/files2019/pubblicazioni/rapporti/RapportoRifiutiUrbani_VersioneIntegraleN313_2019.pdf

- ISPRA (2021), “Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici”, available at: <https://www.isprambiente.gov.it/it/events/presentazione-del-rapporto-consumo-di-suolo-dinamiche-territoriali-e-servizi-ecosistemici-edizione-2021>
- ITDP (Institute for Transportation & Development Policy) (2017), “Three revolutions in urban transportation”, available at: <https://www.itdp.org/publication/3rs-in-urban-transport/>
- Lovell, S. T. and D. M. Johnston D. M. (2009), “Designing landscapes for performance based on emerging principles in landscape ecology”, *Ecology and Society* 14(1): 44
- Lucan J. (2012), *Où va la ville aujourd’hui? Formes urbaines et mixités*, Éditions de la Villette, Paris
- Maithe S. et al., “Developing Cost-Effective and Low-Carbon Options to Meet India’s Space Cooling Demand in Urban Residential Buildings Through 2050”, India Energy Transportation Platform, June 2020
- Masbouni A. (2005) (a cura di), *Régénérer les grands ensemble*, Éditions De la Villette et DGUHC, Paris
- MATTM (2017), “Verso un modello di economia circolare per l’Italia”, available at: https://www.labparlamento.it/wp-content/uploads/2017/12/Verso-un-modello-di-Economia-Circolare_MinAmbiente.pdf.
- McDonald R. et al. (2016), “Planting Healthy Air”, *The Nature Conservancy*, available at: https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/20160825_PHA_Report_Final.pdf.
- McMahon J.E., Price S.K., (2011), *Water and Energy Interactions*, Lawrence Berkley National Laboratory, Berkeley, CA
- McKinsey and Company (2016), “Accelerating the energy transition: cost or opportunity?”, McKinsey & Company, Amsterdam, Netherlands, available at: <http://www.nvde.nl/wp-content/uploads/2016/09/Accelerating-the-energy-transition-McKinsey.pdf>
- Melotto B., Pierini O. S. (2012), *Housing primer: le forme della residenza nella città contemporanea*. Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna.
- MISE (2019), “Piano Nazionale integrato per l’energia e il clima – PNIEC”, available at: https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf
- Moreno C. (2020), *Dorit de citè, Humensis*, Paris
- NOAA (National Centers for Environmental Information) (2020), “State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2019”, available at: <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201913>
- Park J. et al.(2020), “Heat and Learning,” *American Economic Journal: Economic Policy* Vol. 12, no. 2.
- PEEB (Programme for Energy Efficiency in Building) (2020), “Better Design for Cool Buildings”, available at: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/publications/better-design-for-cool-buildings-how-improved-building-design-can-reduce-the-massive-need-for-space-cooling-in-hot-climates>
- Porta S. (2002) , *Dancing streets : scena pubblica urbana e vita sociale*, UNICOPLI, Milano.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri (2021), “Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) - #NextGenerationItalia”, Roma, available at: <https://www.governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf>.
- Rambert F., Colombet M., Carboni C. (2015) (a cura di). *Un bâtiment, combien de vies? La transformation comme acte de création*, Silvana Editore, Milano.
- Reale L. (2008), *Densità, città, residenza. Tecniche di densificazione e strategie anti-sprawl*, Gangemi Editore, Roma
- REN21 (2019), “Renewables 2019 Global Status Report”, REN21, Paris, available at: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf
- Roberts D. (2020), “Sustainable Building: The Hottest New Material Is, Uh, Wood,” January 15, 2020, <https://www.vox.com/energy-and-environment/2020/1/15/21058051/climate-change-building-materials-masstiber-crosslaminated-clt>
- Santo R, Palmer A., Kim B. (2016), “Vacant Lots to Vibrant Plots: A Review of the Benefits and Limitations of Urban Agriculture”, Johns Hopkins Center for a Livable Future available at: <https://clf.jhsph.edu/sites/default/files/2019-01/vacant-lots-to-vibrant-plots.pdf>

- Salomoni M. T. (2017), "Gli alberi e la città", REBUS (Renovation of public buildings and urban spaces) available at: https://territorio.regione.emilia-romagna.it/urbanistica/pubblicazioni/rebus_07-salomoni.pdf/@download/file/REBUS_07_Salomoni.pdf
- Selosse S., Ricci O., (2017), "Carbon capture and storage: Lessons from a storage potential and localization analysis", *Applied Energy*, Vol. 188. available at: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.11.117>
- SuM4All (Sustainable Mobility for All) (2021), "Sustainable Mobility: Policy Making for Data Sharing" available at: <https://www.wbcds.org/Programs/Cities-and-Mobility/Transforming-Urban-Mobility/Digitalization-and-Data-in-Urban-Mobility/Policy-to-Enable-Data-Sharing/Resources/Sustainable-mobility-Policy-making-for-data-sharing>
- Takane Y. et al.(2019), "Urban Warming and Future Air-Conditioning Use in an Asian Megacity: Importance of Positive Feedback," *Npj Climate and Atmospheric Science* 2, no. 1 (December 2019): 39
- Tucci, F. (2014), *Involucro, clima, energia. Qualità bioclimatica ed efficienza energetica in architettura nel progetto tecnologico ambientale*, Altralinea Edizioni, Firenze
 Tucci, F. (2018), *Green Building and Dwelling*, Altralinea Edizioni, Firenze
- United Nations Environment Programme (2020), "2020 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector" Nairobi, available at: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/34572>
- Viljoen, A., Bohn, K., Howe, J. (2005), *CPULs: Continuously Productive Urban Landscapes*, Elsevier, Oxford
- Virag D., Wiedenhofer D., Haas W., Haberl H., Kalt G., Krausmann F. (2021), "The stock-flow-service nexus of personal mobility in an urban context: Vienna, Austria" in *Environmental Development* available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211464521000221>
- Voss K, Musall E, Lichtmeß M, (2011) From low energy to net zero energy buildings: status and perspectives, *J Green Build.* Vol 6
- WEF (World Economic Forum), McKinsey & Company (2020), "Forging Ahead: A Materials Roadmap for the Zero-Carbon Car", available at: <https://www.weforum.org/reports/forging-ahead-a-materials-roadmap-for-the-zero-carbon-car>
- WEF (World Economic Forum) (2021), "Net Zero Carbon Cities An Integrated Approach", available at: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Net_Zero_Carbon_Cities_An_Integrated_Approach_2021.pdf.
- WEF (World Economic Forum), SYSTEMIQ (2021), "Paving the way: Eu Policy Action for Automotive Circularity", http://www3.weforum.org/docs/WEF_Circular_Cars_Initiative_Paving_the_Way_2021.pdf



www.greencitynetwork.it
greencitynetwork@susdef.it

