POLITECNICO DI TORINO

DIPARTIMENTO INTERATENEO DI SCIENZE, PROGETTO E POLITICHE PER IL TERRITORIO

Collegio di PIANIFICAZIONE E PROGETTAZIONE

Corso di Laurea Magistrale in Pianificazione Territoriale, Urbanistica e Paesaggistico-Ambientale

Pianificare la città e il territorio

Pianificare la città resiliente.

Analisi per la riduzione delle sensitività idrauliche della città di Torino

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

Relatrice:

Prof.ssa Grazia Brunetta

Candidata:

Co-relatore:
Dott. Stefano Salata

Carlotta Pasqualini
(251156)

Abstract

I contesti urbani in continuo mutamento si trovano oggi ad affrontare un nuovo tema cruciale, la *mitigazione delle vulnerabilità urbane*, condizione che rende l'attività di pianificazione complessa e articolata. Uno dei fattori che più influenza la crescita delle vulnerabilità urbane è il fenomeno in atto del cambiamento climatico, che rapportato alle alte densità del costruito, alla simultanea presenza di fattori morfologici e antropici, regolamentati da strumenti di progettazione urbana tradizionali, restituiscono alla città una struttura non idonea a contrastare i rischi climatici derivanti. La pianificazione territoriale si trova ad affrontare continue sfide in un contesto di forte incertezza ed in continuo mutamento.

I sistemi urbani italiani sono in ritardo sul piano della pianificazione della sostenibilità rispetto alle realtà europee. Le città italiane, di diverse dimensioni, accusano una scarsa capacità di affrontare le sfide climatiche, che rappresentano una grandissima opportunità per le nuove strategie urbanistiche.

Nello specifico, Torino è una città che per morfologia, disposizione, ma soprattutto per programmazione, accusa ritardi e carenze rispetto ai continui cambiamenti e agli eventi sempre più frequenti che le si manifestano. Allo stesso tempo, il tessuto urbano ricco di testimonianze del recente passato industriale, presenta numerose realtà dismesse ed in attesa di una nuova funzione; questi numerosi spazi di "scarto" rappresentano una preziosissima opportunità di rigenerazione urbana. In questo contesto si inserisce la *vulnerabilità idraulica*, elemento intrinseco fortemente significativo per la città di Torino, anche conosciuta coma la città dei quattro fiumi, data la presenza del fiume Po, Stura di Lanzo, Dora Riparia e Sangone, che delimitano ed espongono al rischio determinate aree della città.

Le recenti azioni che la città ha compiuto per cercare di adattarsi ad una condizione climatica in continua evoluzione, aprono ampi margini di discussione e si pongono verso una visione strategica interdisciplinare.

Da qui parte lo sviluppo del progetto di tesi, che indaga il tema della nella pianificazione urbanistica, con particolare riferimento allo studio del rischio idrogeologico in area urbana, per quanto riguarda il fenomeno delle piogge intense, al fine di delineare delle possibili soluzioni per un *metabolismo urbano resiliente*. L'individuazione delle aree sensibili si basa su tre fattori:

- L’impermeabilità del terreno;
- La componente commerciale e quella produttiva, i suoi impianti in uso e quelli dismessi;
- La densità urbana, il peso delle infrastrutture e della componente commerciale.

Alla base dello studio vi è una prima individuazione degli elementi di sensitività urbana, che ha evidenziato quali sono le aree sulle quali è necessario puntare al fine di ottenere una trasformazione adattativa. Per la progettazione di tali aree sono state analizzate una serie di soluzioni dinamiche, con l’obiettivo di rispondere in maniera mirata ed efficace al rischio idrogeologico urbano.

Il tema della resilienza declinato nella pianificazione urbanistica è una problematica a livello internazionale che si è diffuso negli ultimi anni e permane, una grande difficoltà nel definirne una efficace componente operativa negli strumenti della pianificazione e progettazione delle città. La presente tesi si pone come obiettivo l’identificazione delle aree maggiormente esposte al rischio idrogeologico, con particolare attenzione alla componente produttiva e commerciale, al fine di definire un possibile scenario di adattamento da inserire all’interno della revisione del Piano Regolatore Generale del comune di Torino. La resilienza è una componente interna del nuovo PRG della città di Torino che introduce nuovi temi di analisi per supportare le strategie del piano.

The continuous changing urban contexts are today facing a new crucial issue, the mitigation of urban vulnerabilities, a condition that makes planning activity complex and articulated. One of the factors that most influences the growth of urban vulnerabilities is the ongoing phenomenon of climate change, which compared to the high density of buildings, the simultaneous presence of morphological and anthropic factors, regulated by traditional urban design tools, give to the city a structure not suitable for counteracting the climatic risks deriving from it.

Spatial planning is facing continuous challenges in a context of strong uncertainty and constantly changing. Italian urban systems are lagging behind in terms of sustainability planning compared to European realities.

Italian cities, of different sizes, suffer from a lack of ability to face the climatic challenges, which represent a great opportunity for new urban strategies.

In particular, Turin is a city which, due to its morphology, disposition, but above all for planning, accuses delays and shortcomings with respect to the constant changes and increasingly frequent events that occur. At the same time, the urban fabric rich in evidence of the recent industrial past, presents numerous abandoned factories and awaiting a new function; these numerous "waste" spaces present a very precious opportunity for urban regeneration. Hydraulic vulnerability is part of this context, a highly significant element for the city of Turin, also known as the city of the four rivers, the data of the presence of the river Po, Stura di Lanzo, Dora Riparia and Sangone, which delimit and expose to value certain areas of the city.

The recent actions that the city has taken to try to adapt to an ever-changing climatic condition, open wide margins for discussion and face an interdisciplinary strategic vision.

Hence the development of the thesis project, which investigates the theme of urban planning, with particular reference to the study of hydrogeological risk in the urban area, as regards the phenomenon of heavy rains, in order to outline a possible scenario for a metabolism urban resilient.

The identification of sensitive areas is based on three factors:

- The waterproofing of the soil;

- The commercial and production components, its plants in use and those that are no longer in use;

- Urban density, the weight of the infrastructures and the commercial component.

At the base of the study there is a first identification of the elements of urban sensitivity, which highlighted which are the areas on which it is necessary to focus in order to obtain an adaptive transformation. For the design of these areas, a series of dynamic solutions were analysed, with the aim of responding in a targeted and effective way to urban hydrogeological risk. The theme of resilience declined in urban planning is an international

problem that has spread in recent years and remains a great difficulty in defining an effective operational component in the tools of city planning and design. This thesis aims to identify the areas most exposed to hydrogeological risk, with attention to the production and commercial component, in order to define a possible adaptation scenario to be included within the revision of the Turin PRGC. Resilience is an internal component of the new PRG of the city of Turin which introduces new analysis themes to support the strategies of the Plan.

Indice

ABSTRACT **2**

INTRODUZIONE **8**

PARTE I **12**

1.L'APPROCCIO AL TEMA DELLA *RESILIENZA* **13**

1.1. Definizione ed evoluzione storica 17

1.2. L'importanza del tema nella pianificazione 18

2. GLI ELEMENTI PER MISURARE LE VULNERABILITÀ **24**

2.1. Il rischio e il pericolo 24

2.2. L'esposizione 25

2.3. La sensitività e la vulnerabilità 26

PARTE II **28**

3. IL CASO STUDIO – LA CITTÀ DI TORINO **29**

3.1. Torino e le sue sperimentazioni 30

3.2. Le vulnerabilità antropiche 33

3.3. Le vulnerabilità ambientali 37

4. STIMARE LE VULNERABILITÀ URBANE **39**

4.1. La sensitività della città di Torino 39

4.1.1. L'impermeabilizzazione del suolo 40

4.1.1.2. La costruzione di indici 42

4.1.2. Le densità commerciali. Gli impianti dismessi, le aree produttive e commerciali 46

4.1.2.1. Il commercio 46

4.1.2.2. I brownfields 50

4.1.3. Le densità urbane 53

4.1.3.1. Le infrastrutture e la mobilità veicolare 54

4.1.3.2. Le infrastrutture e la mobilità dolce 55

4.2. I rischi urbani 56

4.2.1. Il rischio idrogeologico 56

4.2.2. Il fenomeno delle piogge intense 59

4.3. La misurazione della vulnerabilità idraulica del Comune di Torino 61

4.3.1. Gli usi del suolo 65

4.3.2. La densità della componente commerciale 67

4.3.2. Le vulnerabilità da fenomeni alluvionali 68

4.3.3. La pericolosità derivante dall'allagamento da *piogge intense* 70

PARTE III **74**

5.RIDURRE LA SENSITIVITÀ URBANA E L'INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI INTERVENTO **75**

5.1. L'individuazione delle aree di intervento 75

5.2. Le azioni e le misure volte alla riduzione della sensitività urbana 75

5.3. I tipi di intervento 76

6. CONCLUSIONI. UNA PRIMA PROPOSTA DEI TIPI DI INTERVENTO PER RIDURRE LA SENSITIVITÀ IDRAULICA **87**

6.1. I criteri per la definizione dei tipi di intervento 87

6.2. Lo spazio, pubblico o privato 89

6.3. La città, consolidata o della trasformazione 89

6.4. Gli strumenti che possono recapitare le misure 89

BIBLIOGRAFIA **92**

SITOGRAFIA **94**

Indice Figure 95

Indice tabelle 97

Introduzione

Alla base di questa tesi vi è un'esperienza di tirocinio svolta presso il Comune di Torino, Area Urbanistica e supportata dal Politecnico di Torino, in particolare il centro di ricerca R3C. La collaborazione tra i due enti è volta alla revisione del Piano Regolatore Generale Comunale, nello specifico il lavoro rientra nella fase di presentazione della proposta tecnica.

La resilienza è uno dei temi fondamentali del centro R3C, il primo centro italiano di ricerca interdisciplinare che racchiude i quattro dipartimenti dell'Ateneo. Il fine di R3C è promuovere le strategie di adattamento e resilienza per affrontare i rischi naturali, garantendo la sicurezza del patrimonio territoriale e culturale. R3C si occupa delle tematiche di vulnerabilità ambientali e socioeconomiche dei sistemi territoriali offrendo modelli e soluzioni resilienti a supporto delle istituzioni e delle comunità locali in questo modo si pongono le basi per affrontare le sfide poste dalla attuale transizione globale in atto.

Il tema della resilienza è una problematica a livello internazionale che si è diffuso negli ultimi anni, ma data la sua complessità e la difficoltà a renderla una componente operativa, viene trascurata o surclassata da tematiche di più facile attuabilità. Proprio per questo motivo, il primo approccio al concetto richiede una prima fase di analisi con un approfondimento lessicale, l'argomento è vasto e la confusione che creano le varie letterature è molta.

La tesi è composta da tre parti. La prima è una *fase conoscitiva*, in cui si analizza la Resilienza, prima dal punto di vista concettuale, partendo dalle diverse accezioni che assume nelle principali letterature, sino alla sua applicazione alla pianificazione territoriale. Da qui è possibile muovere un ulteriore passo verso il tema della vulnerabilità (Capitolo 2), analizzando quelli che sono i concetti alla base di questa ricerca, in modo da creare le fondamenta concettuali necessarie per procedere nello studio ed individuare le differenze tra i termini rischio, esposizione e sensitività.

In seguito, la seconda parte introduce il caso studio della città di Torino (Capitolo 3), analizzando la sua conformazione, il suo tessuto e il rapporto tra il tessuto costruito con le aree soggette a pericolosità idrogeologica, con particolare attenzione al fenomeno delle piogge intense (Capitolo 4). In questa fase sono stati costruiti degli indicatori per definire lo

stato del sistema (come le Superfici impermeabili) e le pressioni che lo interessano (quali le Aree costruite, il Rischio di alluvione e le Aree minacciate da processi di deflusso elevati causati da Piogge intense). In questa fase si è data particolare importanza agli elementi caratterizzanti, quali l'impermeabilizzazione del terreno che interessa la maggior parte del comune, la componente produttivo commerciale e le densità urbane che impattano sul territorio.

Infine, la terza parte, riporta le *misure ed azioni per ridurre la sensitività urbana* della città di Torino (Capitolo 5), con una particolare attenzione alle aree interessate da pericolo idrogeologico e alle misure volte a rendere la resilienza una componente operativa del piano urbanistico.

L'obiettivo generale della tesi è la costruzione di un modello di misurazione per la definizione di azioni volte alla riduzione della sensitività urbana da inserire nel processo di costruzione dei piani urbanistici, nonché dei possibili scenari per la città di Torino.

In questo periodo storico, a livello mondiale, si provano ad affrontare problematiche ambientali, economiche e sociali che affliggono la città contemporanea; in questo ambito vengo inserite nuove tematiche che provando a definire nuovi scenari azione. Le città sono continuamente interessate da importanti mutamenti che richiedono costanti ridefinizioni ed adeguamenti.

Il contesto analizzato è quello di Torino (Capitolo 3), città interessata da significative trasformazioni a scale e nature differenti, che ad oggi si trova in difficoltà nella definizione di criteri di progettazione e trasformazione flessibili e adattivi rispetto alle continue condizioni di mutamento.

Questo studio mira ad indagare le possibili strategie per la definizione di uno spazio urbano resiliente, che trova nelle fragilità e nelle vulnerabilità urbane uno strumento attraverso cui ridefinirsi per misurare l'adattamento nel piano urbanistico.

Alla base dell'analisi del *concetto di vulnerabilità* urbane (Capitolo 4) troviamo l'impermeabilizzazione del suolo, che restituisce un quadro dello stato attuale del territorio. Data la vocazione storica di Torino, si è data particolare importanza al patrimonio produttivo e commerciale in uso e quello dismesso. Il riutilizzo di questi spazi si raffigura come azioni urbane dall'impronta ecologica, in quanto costituiscono un rimedio alla fitta densificazione tipica del contesto metropolitano. Il rischio idrogeologico è una componente fondamentale

dello studio, in quanto i fiumi ricoprono un ruolo significativo sul territorio analizzato. Seppur quest'area risulta dai dati ISPRA, un'area a basso rischio, negli ultimi anni i fenomeni di piogge intense hanno modificato questa componente, rendendo la zona vulnerabile anche da questo punto di vista.

La resilienza territoriale, fenomeno emergente a scala internazionale, è un concetto di interazione dinamico e non lineare, che considera i caratteri endogeni del sistema e i suoi shock transitori esogeni, per inserirsi nell'ambito dei processi decisionali di governance. La resilienza è una problematica per la pianificazione territoriale poiché è un processo e non un prodotto del sistema. La resilienza è la capacità di un sistema urbano (compresi tutti i componenti socio-ecologici e tecnici) di mantenere o ripristinare le sue funzioni di base dopo stress interni o esterni, adattandosi e trasformandosi in una nuova dinamica.

In quest'ottica, la pianificazione urbana fa parte della resilienza in quanto considera una visione olistica da una prospettiva normativa e di progettazione urbana. La resilienza è una metafora per applicare un approccio innovativo alla governance territoriale. Partendo dalla definizione di resilienza territoriale emergono alcuni concetti chiave che mettono in evidenza l'approccio urbanistico rapportato alla tematica della resilienza: la prospettiva co-evolutiva dei sistemi territoriali e l'approccio olistico alla pianificazione della resilienza sistemica.

La resilienza è un conduttore verso il cambiamento in prospettiva di politiche e pratiche di sistemi ed istituzioni, che adottano una visione adattiva e multi-scalare in vista di uno scenario a lungo termine.

PARTE I

1.L’approccio al tema della *resilienza*

Il concetto di *resilienza* è entrato a far parte dei lessici specialistici di vari settori disciplinari, ma anche del linguaggio comune, in un arco temporale obiettivamente ristretto. Data la sua molteplice presenza nelle letterature di diversi settori, risulta essere un termine ambiguo fino ad essere considerato un ‘trend’, una parola contenitore che ogni settore può utilizzare a sua discrezione.

Il concetto di resilienza nasce in campo ecologico, si diffonde in sociologia, in economia, in geografia e in pianificazione (Davoudi, 2012) attraverso una migrazione fra ambiti disciplinari disparati, ognuno dei quali ha contribuito a mutarlo in metafora. È necessario approfondire il concetto e restringerne il campo di studio e di applicazione (Angelucci, 2017).

In ecologia, per resilienza si intende la capacità di un ecosistema di resistere a una perturbazione ambientale e riuscire a conservare la propria struttura di base e vitalità. La teoria della resilienza, nonostante l’astrattezza della sua trova fondamento nel bisogno di gestire in un modo sostenibile le interazioni tra i sistemi costruiti dall'uomo e gli ecosistemi naturali; si occupa della capacità dei sistemi ecologici di tollerare gli attacchi dovuti alle attività antropiche continuando ad assicurare i servizi di cui le generazioni presenti e future hanno bisogno. Si occupa anche dell'impegno degli attori geopolitici di promuovere e gestire le fondamentali risorse ecologiche del pianeta per promuovere la resilienza e raggiungere la sostenibilità di queste risorse essenziali per il beneficio delle future generazioni. La resilienza di un ecosistema può essere misurata in circostanze o eventi in cui la combinazione delle forze rigenerative presenti in natura (energia solare, acqua, terreno, atmosfera, vegetazione e biomassa) interagisce con l'energia immessa nell'ecosistema derivante dai disordini.

Confrontando l’evoluzione del concetto di resilienza con quello di sostenibilità emerge che la sostenibilità, ha impiegato diversi decenni e ha incontrato notevoli difficoltà per integrarsi, il termine resilienza, invece, sembra possedere un’attrazione che ne ha agevolato la rapida diffusione in tutti i campi. L’utilizzo comune del termine sostenibilità ha ufficializzato l’opportunità di organizzare le condizioni di sviluppo sulla base della rinnovabilità del capitale naturale, la riduzione delle emissioni climalteranti e la capacità di soddisfare bisogni delle generazioni presenti e future.

Fino a oggi, intorno alla definizione di sviluppo si sono delineati i presupposti per individuare la resilienza come modello per il raggiungimento della sostenibilità. In una fase in cui le criticità ambientali erano state inserite nelle ricadute negative, l’idea di sviluppo è stata interpretata in modo lineare, per essere ricondotta a modelli classici basati sulle modificazioni dell’habitat naturale e antropico. Seguendo questa idea di sviluppo lineare, le politiche e le azioni per la sostenibilità sono state indirizzate verso attività produttive caratterizzate dagli alti consumi e dalla elevata produzione di scarti e rifiuti (Ronchi, 2018).

La consapevolezza di dover incidere in modo più efficace e radicale per una sostenibilità “forte” dei sistemi complessi ha fatto maturare una forte riorganizzazione dei processi

innovativi verso logiche di mantenimento dei capitali (naturale, umano e culturale) a rischio di esaurimento.

La fase del processo di sviluppo che si è aperta con la diffusione del paradigma della resilienza pone invece al centro delle azioni per la sostenibilità una diversa accezione dell'idea di sviluppo, inquadrabile entro lo scenario contemporaneo che Ulrick Beck ha definito "di transizione" dell'habitat verso assetti aperti e in continuo divenire (Beck, 2017).

L'idea di sviluppo che ne consegue è caratterizzata dalle tre variabili: co-evoluzione, metamorfosi e a-crescita. Il concetto di sviluppo è ricondotto ad un'accezione diversa di innovazione, più incentrata sulla ricostruzione delle condizioni di co-evoluzione dinamica dell'habitat antropico e naturale (Tucci, 2017).

Negli ultimi decenni la resilienza è entrata a far parte del dibattito politico, assumendo il significato di risposta all'incertezza, agli effetti del cambiamento climatico e alle possibili insicurezze in campo sociologico ed economico (O'Hare & White, 2014).

Nella pianificazione territoriale il paradigma della resilienza è necessario per indirizzare alla sostenibilità gli obiettivi e le azioni del Piano; l'introduzione del tema della resilienza all'interno di un Piano aumenta la sua efficacia e se affiancato alla vulnerabilità, che fornisce delle basi più concrete per la definizione degli obiettivi di sostenibilità misurabili e di supporto per monitoraggi efficaci (Gibelli 2017).

Per questo motivo la resilienza ha assunto una tale importanza sino a ricoprire un ruolo fondamentale nella pianificazione spaziale, quale componente orizzontale all' interno dei piani strategici.

I contesti urbani si trovano oggi a vivere una delle più grandi Le realtà urbane stanno oggi vivendo una delle più grandi questioni ambientali. Infatti, i contesti urbani hanno giocato un ruolo diretto per quanto riguarda le emissioni inquinanti e la loro diffusione, contribuendo attivamente a produrre gli effetti del cambiamento climatico. D'altra parte, i contesti urbani sono il luogo in cui le politiche innovati che prendono forma, diventando ambiti di sperimentazione. Ad oggi, le città sono luoghi tangibili di opportunità e rivalsa, dove le tematiche di mitigazione e adattamento potranno limitare le violente ripercussioni che uno sviluppo esasperato ha prodotto sul nostro pianeta.

Le città mondiali sono messe di fronte a sfide risolvibili solo con una pianificazione accurata e resiliente, in grado di ristabilire un equilibrio tra naturale ed antropizzato.

Il tema della resilienza è entrato a far parte dei percorsi di pianificazione in ambito urbano, sia a livello europeo sia a livello mondiale. Il tema entra a far parte di strumenti di pianificazione quali i Piani di adattamento, ma anche di progettazioni a scala più ristretta, come quella di quartiere. In entrambi i casi, i pilastri fondamentali di questi processi di pianificazione sono le azioni di mitigazione e adattamento, esse puntano a coinvolgere l'elemento naturale e lo spazio pubblico.

A livello mondiale alcune delle città che hanno intrapreso percorsi di rigenerazione resilienti sono: New York, Portland, Stoccarda, Parigi, Rotterdam, Copenaghen, Barcellona. In Italia, il primo passo verso questa ottica di pianificazione giunge giungono con l'adesione delle amministrazioni comunali italiane al Patto dei Sindaci lanciato nel 2008, e successivamente, nel 2014, l'adozione della Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNAC).

Una delle città italiane virtuose dal punto di vista della pianificazione climatica resiliente è Padova, con il suo Piano di Adattamento, da anni l'amministrazione e i suoi cittadini, con un percorso partecipato, hanno intrapreso un percorso virtuoso di analisi delle vulnerabilità e delle più efficaci soluzioni di adattamento.

Nel 2007 si è formato il Gruppo di Lavoro di Coordinamento Nazionale delle Agende 21Locali "Agende 21 Locali per Kyoto" e il Comune di Padova ha fatto da ente capofila. Ad esso hanno partecipato 40 enti con l'obiettivo di individuare un metodo di calcolo condiviso che permettesse di rendicontare le emissioni di CO_2 e trovare le modalità di riconoscimento dei certificati bianchi.

Nel 2009 il Gruppo di Lavoro ha concentrato le sue attività sul Patto dei Sindaci proponendo alle città supporto e formazione sulla redazione dell'inventario delle emissioni e l'individuazione delle azioni da inserire nel piano e la contabilizzazione della CO_2.

La pianificazione della resilienza richiede l'adozione di azioni integrate, e soprattutto interdisciplinari, che presuppongono innovazioni nella governance delle comunità, come ad esempio l'apprendimento adattivo, la solidità, la capacità di adattamento e l'innovazione.

Analizzando il concetto di resilienza è opportuno tenere conto della sua interconnessione con la pianificazione urbana e territoriale. La letteratura scientifica e alcune esperienze pratiche analizzano la resilienza usando il paradigma di un "ombrello" che include approcci multidisciplinari e concetti generali o definizioni ambigue. Questo porta ad un significativo vantaggio, in quanto l'apertura su più fronti di un dibattito sulla resilienza porta a molteplici interpretazioni tra cui nuovi modelli analitici, nuovi modelli interpretativi e di rappresentazione delle dinamiche territoriali; queste nuove chiavi di lettura offrono buoni spunti per generare innovazioni sulle politiche spaziali, affrontando anche tematiche più complesse come i cambiamenti globali.

Un'ottima opportunità per provare ad applicare questi concetti teorici la si trova negli strumenti di programmazione europea, grazie ad essa è stato possibile avviare processi di sperimentazione intersettoriale, come progetti pilota, grazie all'applicazione di strumenti per il supporto ai processi decisionali in ambiti complessi. L'obiettivo generale promosso dalle politiche degli ultimi 20 anni è quello di fissare le condizioni per rendere il sistema europeo competitivo a livello globale, includendo nuove competenze puntando a raggiungere nuove conoscenze, ma allo stesso tempo considera la riduzione dei rischi (economici, sociali, ambientali) che ne potrebbero compromettere l'esito complessivo. A livello specifico, la

trasposizione sul territorio dei risultati ottenuti in base alle analisi effettuate, fa si che le specificità delle condizioni locali (fisiche, culturali, socio-economiche) servano da opportunità.

Il punto di forza di questa nuova strategia innovativa sfrutta il suo approccio trasversale per rafforzare e semplificare il processo decisionale, in questo modo si ottiene una visione multi-settoriale dei punti di debolezza e una visione chiara ed efficace delle informazioni prodotte.

Una delle tematiche più discusse a livello europeo è la gestione delle risorse naturali, infatti fino dagli anni '90 questa è stata una delle argomentazioni innovative, a livello politico e strategico, che hanno affermato il primato europeo. Il dibattito sulle tematiche ambientali considera questioni culturali, come la salvaguardia del patrimonio esistente e allo stesso tempo, necessita di forti prospettive di crescita e valorizzazione. In passato l'Europa ha saputo farlo, fino ad ottenere dei vincoli a livello giuridico come i brevetti o più semplicemente delle azioni, quali le *good practice*, questo gli ha permesso di essere presente sul mercato internazionale, stanziando fondi per una ricerca tecnologica sostenibile, inoltre ha permesso la promozione di politiche di sviluppo locale.

Alla luce di questo scenario, i settori prioritari risultano essere quelli che si occupano della gestione del suolo, includendo tutte le tematiche di difesa, uso, alle trasformazioni degli usi (naturali, abbandonati, dismessi o inquinati). Nello specifico, viene considerato prevalentemente il tema del consumo di suolo con i suoi collegamenti alla ricerca per la conservazione dei suoli naturali, il loro recupero e la ri-naturalizzazione dei suoli compromessi per la "creazione" di nuovo suolo. Questa centralità deriva dall'importanza che tale risorsa ha nei confronti del governo del territorio in merito ai cicli biologici e la qualità dell'ambiente soggetto ad antropizzazione.

Il suolo acquista una tale importanza in quanto da esso dipendono funzioni essenziali, come la produzione di cibo e ossigeno, la regolazione del microclima, lo stoccaggio di CO2, la ricarica degli acquiferi, la biodiversità di flora e fauna; oltre ad altre importanti prestazioni dell'ambiente costruito, ad esempio: il controllo dell'idrologia superficiale, la riduzione del rischio frane e la prevenzione del rischio incendio, la riduzione dell'impatto acustico e la cattura delle polveri sottili, il benessere psico-fisico dei cittadini (MEA 2005[1], EU Report, 2012). L'azione chiave per la tutela attiva del suolo consiste nella riduzione delle vulnerabilità a scala urbana e territoriale, che attraverso attività di presidio garantiscono quell'insieme di funzioni definite dal MEA, *servizi eco-sistemici*. Si evince una concreta convergenza tra gli obiettivi di riduzione del rischio e le funzioni culturali, entrambe mirano alla conservazione del paesaggio e alla manutenzione del territorio, accrescendo il concetto di gestione ad un sistema di beni e di valori che definiscono l'entità materiale (e immateriale) di un patrimonio non rinnovabile (Di Sivo, 2015).

Da qui, deriva una maggiore attenzione per la raccolta, l'analisi e il monitoraggio delle informazioni concernenti lo stato dei suoli europei, finalizzata a definire un censimento dei processi in corso (a livello europeo e nazionale). Questa selezione punta ad indirizzare le

[1] Millennium Ecosystem Assessment

azioni di *governance* verso obiettivi partecipati. L'attenzione si sposta quindi verso strumenti in grado di integrare dati di tipo quantitativo con indicatori di analisi spaziale, utilizzando gli avanzamenti realizzati per lo sviluppo del sistema del telerilevamento e nel trasferimento in ambiente GIS dei data base prodotti. La necessità di unire, all'interno di un sistema, conoscenze di tipo descrittivo, quali la raccolta, l'archiviazione e la gestione dei dati, con quelle soggette ad interpolazione, lavorando sul significato e sul valore dell'insieme dei dati raccolti, attraverso azioni di sovrapposizione, di comparazione e di valutazione.

1.1. Definizione ed evoluzione storica

La resilienza deriva dal verbo latino "resilire", il cui prefisso "re-"indica l'andare a ritroso rispetto al verbo "salire" che significa sobbalzare, rimbalzare, inteso come ritrarsi. È una tematica piuttosto ampia che negli ultimi anni è stata trattata in diverse discipline, dall'ecologia alla psicologia, proprio per questo è necessario approfondire la sua definizione e i concetti che sono alla base di questa ricerca.

La resilienza è la capacità di un sistema di rispondere a fattori di pressione che causano mutazioni del contesto ambientale, territoriale, sociale, economico (Gallopin, 2006) e di ritrovare uno stato di equilibrio che non è quasi mai uguale allo stato precedente (Ferrara e Farruggia, 2007).

Una delle proprietà fondamentale è la resistenza ad una pressione esterna per fare ritorno ad una condizione precedente; da questo emerge la chiave di lettura con cui il mondo scientifico definisce e sostiene i fenomeni imprevedibili, in linea con i principi di ordine, della logica e di prevedibilità (Davoudi, 2012). Questa idea non si allontana di molto dall'approccio Ottocentesco, in cui il rapporto tra il termine positivo e lo studio del mondo è diversificato dalla condizione reale, quella utile, la certezza.

La svolta si ha con gli approcci teorici formulati a partire dal 1970 da Crawford Holling, ma trattate anche da Carl Folke e Brian Walker, emergono diverse traiettorie entro le quali è possibile individuare connessioni profonde che legano i concetti di resilienza, cambiamento climatico e sostenibilità.

Dagli studi di Holling, Folker e Walker, infatti, emerge una distinzione tra resilienza (capacità di un sistema di assorbire i disturbi), adattamento (capacità collettiva di gestire la resilienza) e la trasformabilità (capacità di attivare sistemi alternativi ecologici, economici e sociali) (Walker et al., 2004) ma, nello stesso tempo, si puntualizza anche la natura policentrica e multiscalare della resilienza (Folke et al., 2010)[2].

Crawford Stanley Holling (1973) inserisce del concetto di resilienza nella Teoria dei sistemi per spiegarne i meccanismi post-disturbo, spiegando la distinzione tra resilienza e stabilità ("(…) è l'abilità di un sistema di ritornare ad uno stato di equilibrio in seguito ad un disturbo temporaneo") relative ai sistemi ecologici. Si parla di sistemi completamente scomponibili in parti, dove ad un input corrisponde meccanicamente un output e dove dall'osservazione di

[2] "Smartness e healthiness per la transizione verso la resilienza. Orizzonti di ricerca interdisciplinare sulla città e il territorio." A cura di Filippo Angelucci (2018)

una reazione isolata si può comprendere e prevedere l'intero funzionamento sistemico (Harrison, et al., 2014).

Nel 1996 si ha un cambiamento radicale quando il teorico Holling scopre una certa attinenza tra il concetto di resilienza e il contesto eco sistemico. Holling attribuisce alla resilienza un ruolo di portata, intesa quanto magnitudo, di disturbo che può essere assorbita, prima che un sistema cambi la sua struttura, mutando verso un nuovo livello di stabilità. In questo contesto il teorico introduce una nuova definizione, "Ecological Resilience" dove i modelli matematici e risorse ecologiche si combinano con l'esperienza reale e con la gestione dei disturbi. Al centro vi è l'abilità sistemica di perdurare nel tempo cambiando ed adattandosi secondo nuovi livelli di stabilità (Redman, 2014).

Questa novità raccoglie molti consensi politici nell'arena pubblica perché lavora allo stesso tempo sul fronte del mantenimento delle funzioni sistemiche e su quello dell'analisi dei futuri problemi ed ostacoli. Accogliendo l'ipotesi dell'Ecological Resilience si considera superata la possibilità di un ritorno ad uno precedente stato di equilibrio (Folke,2006) e normalità (Adger,2000), a favore del raggiungimento della *capacità di adattarsi*, con cui si indica un nuovo livello di stabilità e di mantenere le funzioni del sistema. Questo nuovo metodo considera superate le misurazioni rigide e matematiche della fase precedente, prediligendo i ruoli di persistenza, del cambiamento e dell'imprevedibilità (Davoudi,2013).

In riferimento agli aspetti ecologici ed ingegneristici della resilienza nella teoria di Holling, e trattandoli in quanto caratteristiche indipendenti, essi aiutano ad analizzare un sistema offrendo le tempistiche riguardo al ritorno ad una forma originaria in seguito ad un livello di disturbo o se debba invece adattarsi al cambiamento, superare la forma precedente, ed andare avanti.

Analizzando le caratteristiche si può notare come *l'Engineering Resilience* punti da subito ad avere un esito ottimale per la ripresa post-shock dell'entità colpita enfatizzandone la velocità di recupero; invece, l'*Ecological Resilience* delinea un frame di diversi livelli di stabilità raggiungibili con l'adattamento e la ricerca di nuove solidità. La caratteristica comune che lega queste due diverse visioni è la stabilità, mentre il punto di divergenza sta nella modalità di raggiungimento e mantenimento dell'equilibrio (Adger,2000).

1.2. L'importanza del tema nella pianificazione

La resilienza, dunque, è l'abilità di un sistema complesso di cambiare, adattarsi e trasformarsi nel tempo, in risposta a stress e tensioni di varia natura. È un concetto dinamico, che cambia in corso d'opera, la resilienza non è solo quella iniziale, muta e si modifica nel tempo ed in seguito ai mutamenti del sistema. Ipotizzando di analizzare un sistema territoriale, che ha alla sua base una resilienza strutturale, al verificarsi di un evento calamitoso, possiamo notare esistano delle caratteristiche che ci possono dire come e se questo sarà resiliente, e allo stesso tempo ce ne saranno altre che ci diranno quanto il sistema è vulnerabile. Queste caratteristiche permettono di fare una diagnosi e definire cosa si deve fare durante un evento.

Ciò che permette ad un sistema di auto-modificarsi utilizzando le risorse interne, ma attingendo anche da quelle esterne, è la dimensione dinamica della resilienza e la capacità di adattamento.

Applicando il concetto di resilienza ad una dimensione territoriale, si può notare lo svilupparsi dell'abilità di interfacciarsi con disturbi endogeni o esogeni, fino al raggiungimento di uno stato nuovo, ma comunque provvisorio. Per fare in modo che il sistema territoriale risulti resiliente ed innovativo e che sia in grado di innescare un meccanismo di risposta ai disturbi è necessario incorporare la dimensione dell'incertezza, ed è proprio questa dimensione che diventa elemento di opportunità per innovare il sistema.

La resilienza territoriale è un concetto di interazione dinamico e non lineare che considera i caratteri endogeni del sistema e i suoi shock esogeni, per inserirsi nell'ambito delle scelte decisionali.

La città contemporanea si trova ad affrontare problematiche sociali, ambientali ed economiche che, in modo sempre più devastante sono destinate a diventare il tema centrale di un dibattito a livello internazionale. La crisi economico-finanziaria del 2008 che ha portato alla dismissione di un enorme patrimonio industriale, la globalizzazione e i conflitti sociali che ne derivano, l'implosione dei centri storici, la diffusione di un'edilizia fatiscente seguita dal fenomeno dell'abbandono, sono solo alcuni dei maggiori problemi che le aree urbane si trovano oggi ad affrontare, relegate ad una condizione di estrema vulnerabilità.

Nel periodo storico attuale non è più sufficiente adottare misure di difesa e restauro, è quanto più necessario pensare ed adottare nuove strategie di intervento e progettazione; l'incapacità dei mezzi tradizionali per le analisi urbane e la l'inefficacia nelle rappresentazioni evolutive dei fenomeni contemporanei necessita di nuovi paradigmi metodologici.

L'urbanistica ha il ruolo di riacquistare il contatto con la realtà, abbandonando il suo carattere esclusivamente prescrittivo, per dare una visione più ampia in grado di comprendere, gestire e governare il cambiamento in atto (La Cecla, 2015).

Col tempo sono cambiati i compiti dell'urbanistica passando dai grandi disegni a lungo termine, in grado di gestire le dinamiche espansive della città in continuo sviluppo, a lavorare sull'esistente stando attenti a non consumare suolo. È necessario passare da piani statici, che fissano interi processi in forme definitive, a redigere piani più dinamici, più interattivi e condivisi.

Questa nuova stagione urbanistica, che cerca di sperimentare con usi e discipline flessibili, ha il dovere di attuare una rigenerazione urbana necessaria alla città attuale. La rigenerazione urbana, concetto ancora molto dibattuto, induce a superare i concetti di recupero, riuso e riqualificazione (Mantini, 2015). Superando l'idea di riutilizzo e rivalutazione che sono alla base dei concetti precedenti, la rigenerazione urbana si distacca per il suo legame col tema della resilienza e quindi di adattamento ai futuri cambiamenti.

Per fornire alla città una capacità resiliente è necessario analizzare le origini e le cause dell'attuale crisi urbana.

La città contemporanea è il risultato di una stratificazione a più livelli temporanei e stratificazioni spaziali, da questo emergono storie urbane in continua evoluzione, ognuna composta da diversi processi, prospettive e relazioni. Per riuscire a leggere questi scenari di incroci è necessario ricorrere a nuovi linguaggi e nuove strategie di mapping, che guardino alle sovrapposizioni di diversi layer e alle interazioni dei dati come nuove frontiere di analisi urbana.

Figura 1 - Il modello di resilienza urbana

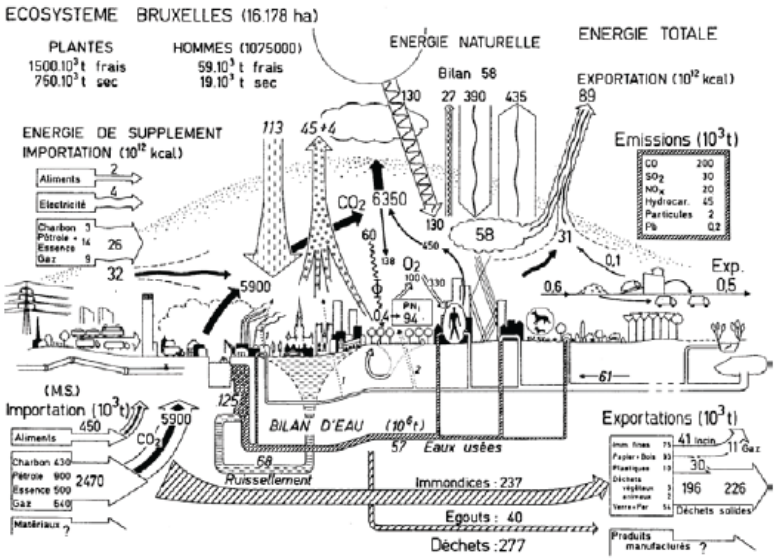
Solo dopo la rivisitazione dei metodi di analisi e di conoscenza del tessuto urbano, si può attuare il secondo cambiamento, la metodologia di progettazione e intervento. Si devono elaborare piani adattivi, in grado di rispondere ai bisogni presenti ma considerando anche quelli futuri. Questa evoluzione necessita l'accettazione di una crescente flessibilità nella gestione degli usi della città esistente, dalla riconversione dei propri spazi all'adattamento delle proprie funzioni. Bisogna ripensare agli strumenti tradizionali del piano, in modo da includere il tema della reversibilità e della temporalità degli usi.

Ad oggi, ci troviamo in una fase in cui per gestire i processi di governance delle città in modo efficiente e performante è necessario considerarle dei sistemi viventi. Solo così ci si può accorgere che il territorio urbano, esattamente come ogni altro ecosistema, è dotto di un proprio metabolismo che gli permette di vivere. E come qualsiasi altro ecosistema, le città sono in grado di assorbire, trasformare e rilasciare energie, materiali e prodotti, in grandi quantità.

Il metabolismo urbano è definito dall'insieme delle analisi delle attività umane ed ambientali, questo inoltre permette di conoscerne i flussi in entrata ed in uscita, gli scambi di energia e di scarti che avvengono tra la città e il contesto ecologico in cui è inserita. Da questo emerge la stretta dipendenza delle città dagli ecosistemi esterni che le circondano, infatti le città attingono ad essi per procurarsi le risorse naturali, quali cibo, acqua e materie prime, ma soprattutto per assorbire l'inquinamento da esse prodotto (Cagnoli, 2017).

È evidente che alla crescita esponenziale dell'urbanizzato "*planetary urbanisation*"[3], che concentra nelle aree urbane il 54% della popolazione mondiale, il 73% in Europa e ben oltre il 90% in Italia, compromette le già notevoli relazioni di scambio tra le città e i contesti che le circondano, oltre che rendere più vulnerabili le persone e le risorse ad un numero sempre più alto di rischi globali; nasce quindi la necessità di trovare urgentemente nuovi paradigmi. Non

[3] si stima che intorno al 2050 il numero delle persone che vivranno in aree metropolitane sarà superiore ai 6 miliardi.



Il grafico rappresenta lo studio del metabolismo urbano di Bruxelles realizzato da Duvigneaud e Denaeyer-De Smet nel 1977. Si tratta di uno dei primi e più completi studi dei due ecologisti, che quantificainput, output e flussi della città degli anni Settanta.
in the system.
Fonte: Duvigneaud and Denaeyer-De Smet 1977. "The urban metabolism of Brussels, Belgium in the early 1970s".

Figura 2 - Il metabolismo urbano di Bruxelles (1977)

è più possibile basare lo sviluppo sul metabolismo attuale, lineare e unidirezionale, dove la città emerge quale mera consumatrice di risorse. È necessario rivedere le tematiche che compongono il metabolismo urbano, aprendo un dibattito su tematiche attualmente fertili come le interazioni tra ambiente, sostenibilità e città. Occorre definire un metabolismo urbano più complesso e meno convenzionale, appurata la coscienza sulla scarsità delle risorse rinnovabili, l'eccessivo consumo di suolo e le mutate condizioni climatiche. All'interno di un progetto urbano devono coesistere strategie e azioni adattive, in senso multiscalare e multidimensionale, in grado di combinare scelte sistemiche ad azioni puntuali.

I sistemi urbani affrontano una serie di eventi estremi sempre più frequenti e violenti che sono effetto, da un lato del fenomeno sistemico in atto a scala globale del cambiamento climatico, e dall'altro delle intense dinamiche di crescita e concentrazione demografica che rendono i territori più fragili. Per questo motivo, il sistema urbano non deve più presentare caratteristiche centralizzate, ma seguire la sua natura dinamica e progettare azioni a livello locale per contrastare l'esponenziale numero di eventi catastrofici oltre che prevedere azioni di ricerca e sperimentazione per una risposta efficace al rischio (Brunetta e Caldarice, 2018). Si deve puntare su progetti decentrati in grado di intervenire su porzioni ridotte del territorio, in modo da effettuare interventi quasi puntuali, ma in grado di migliorare la situazione dell'intero sistema. È opportuno sostituire l'attuale approccio chiuso e definitivo, con uno strategico, flessibile e dinamico. In questo modo, il metabolismo urbano sarà in grado di emulare più fedelmente la propria natura ciclica ed efficiente, propria degli ecosistemi naturali (Girardet, 2008; Newman e Jennings, 2008).

Se sino ad oggi la pianificazione ha avuto per lo più il ruolo di regolare le trasformazioni antropiche sull'ambiente, le contemporanee dinamiche di sviluppo richiedono quindi che essa diventi oggi capace di elaborare e dotarsi di nuovi strumenti che siano espressione di una pianificazione resiliente. Questo nuovo approccio, che si caratterizza per essere proattivo nell'affrontare i rischi urbani e nel ridurre gli impatti umani sull'ecosistema, permetterebbe di

orientare le città verso nuove traiettorie di sviluppo in una prospettiva co-evolutiva di resilienza.

La *resilienza urbana* è la capacità di un territorio o di una comunità di prevenire e fronteggiare problematica di tipo ambientale e sociale: dalle calamità naturali agli impatti dei cambiamenti climatici fino alla povertà.

Si è discusso di come adottare un approccio resiliente alla progettazione delle città a Colombes, in Francia, nel corso di un convegno, i cui principali risultati sono stati pubblicati nel report "Urban Resilience: LIFE+ projects and European polizie" (2014). L'incontro è stato un'occasione per condividere le esperienze maturate nei progetti europei avviati grazie al progetto Life, ma anche per tracciare una metodologia condivisibile per la progettazione futura. Il progetto europeo LIFE lavora sulla base di un approccio metodologico innovativo che fornisce lo sviluppo di strumenti adeguati alla governance territoriale sostenibile finalizzati alla mitigazione del rischio disastri e aumentare la sicurezza dei sistemi urbani attraverso l'integrazione di aspetti ecologici, economici e socio-politici.
In questi decenni i grandi processi di urbanizzazione hanno dato vita ad una realtà complessa che ha spesso confuso la distinzione tra vuoto urbano e spazio pubblico, tra componenti metropolitane e rurali, antropiche e naturali (Talia,2016). Inoltre, fattori quali la crisi economica ed ambientale, e le conseguenti carenze nella gestione della cosa pubblica, hanno ulteriormente inciso su questa serie di squilibri. In questo quadro, è risultato quindi di fondamentale importanza trattare il tema della resilienza urbana, sia come concetto operativo che soprattutto come valore collettivo, in grado di innescare nelle città un nuovo sistema operativo.

Utilizzato già in molte discipline (ingegneria, ecologia, psicologia, sociologia), con significati e accezioni differenti a seconda dell'ambito, questo termine ha avuto negli ultimi anni una larghissima diffusione anche nelle strategie di sviluppo dei centri urbani e territoriali. La resilienza ecosistemica definita quale «proprietà dei sistemi complessi di reagire ai fenomeni di stress, attivando strategie di risposta e di adattamento al fine di ripristinare i meccanismi di funzionamento. (Gunderson, Pritchard, 2002) è destinata a muovere il dibattito contemporaneo al fine di formulare finalmente risposte integrate ai diversi bisogni. Per la riduzione del rischio ambientale, gli studi di resilienza si occupano, ad esempio, di progetti inerenti alla ventilazione naturale e alla rete di infrastrutture verdi e blu all'interno dei contesti urbani.

Le infrastrutture, in particolare, costituiscono l'insieme delle opere che possono gestire il convogliamento delle acque meteoriche, la canalizzazione delle acque reflue, l'adduzione di gas, la distribuzione dell'energia elettrica, la raccolta e la gestione dei rifiuti urbani, la circolazione di mezzi e persone (Moccia, 2010), per cui risultano di fondamentale importanza in questo ambito di costruzione resiliente. Se la massiccia urbanizzazione, ad esempio, ha da tempo scompensato il naturale equilibrio tra antropizzazione ed ecosistema naturale, le infrastrutture verdi costituiscono senza dubbio un importante elemento di riequilibrio ambientale, su cui lavorare.

La resilienza è un problema impegnativo per la pianificazione territoriale perché è un processo piuttosto che un prodotto del sistema. La resilienza è la capacità di un sistema urbano (compresi tutti i componenti socio-ecologici e tecnici) di mantenere o ripristinare le sue funzioni di base dopo stress interni o esterni, adattandosi e trasformandosi in una nuova dinamica. È un conduttore verso il cambiamento in prospettiva di politiche e pratiche di istituzioni adottano una visione adattiva e multi-scalare per uno scenario a lungo termine.

I caratteri rilevanti di un sistema resiliente sono:

- la capacità di apprendimento, in modo da apprendere e modificarsi.
- la solidità,
- la capacità di innovazione,
- la capacità di adattamento, così da superare *l'equilibrio a singolo stato* per inoltrare un *non equilibrio dinamico* in cui le incertezze sono considerate fattori innovativi.

Questo approccio necessita di uno *stato di equilibrio* composto da quattro fasi: una prima fase evolutiva di crescita, una di specializzazione, per poi giungere ad un collasso ed arrivare infine alla riorganizzazione. Una teoria analoga è stata adottata dall'economista Schumpeter: il collasso (da lui definito come "distruzione creativa") di un sistema complesso è il fattore emergente di una nuova rivalutazione economica. Da una prospettiva ecologica, questo concetto è definito *panarchia* che si compone di quattro cicli: crescita, specializzazione, collasso e riorganizzazione.

Le due visioni, analizzate precedentemente, pongono due condizioni fondamentali per la pianificazione territoriale: preservare la memoria del sistema e la sua capacità evolutiva nel breve, medio e lungo periodo. La pianificazione della resilienza necessita di azioni integrate che portino ad innovazioni nel processo di governance per le società, come l'apprendimento adattivo, la solidità, la capacità di adattamento e l'innovazione. Nella pianificazione territoriale il paradigma della resilienza è necessario per indirizzare alla sostenibilità gli obiettivi e le azioni del Piano.

Al concetto di resilienza territoriale si ricollegano le tematiche del rischio, con i suoi diversi fattori, e della responsabilità.

2. Gli elementi per misurare le vulnerabilità

2.1. Il rischio e il pericolo

Il rischio è la probabilità che accada un evento capace di causare un danno. Il concetto di rischio implica l'esistenza di una sorgente di pericolo e la possibilità che essa si trasformi in un danno.

È opportuno distinguere il concetto di *Rischio* da quello di *Pericolo*, in quanto essi non sono sinonimi. Infatti, il pericolo è un fattore del rischio, quindi è una specifica condizione che viene statisticamente associata al verificarsi di un evento. I fattori di rischio non sono elementi casuali, ma indicano la probabilità che un determinato evento si verifichi. Il pericolo è una proprietà intrinseca non legata a fattori esterni, è una situazione che per le sue proprietà ha la capacità di causare un danno. Il cambiamento climatico agisce su differenti tipologie di pericoli (come inondazioni, siccità, mareggiate, ondate di calore, frane) determinando variazioni nella loro frequenza, distribuzione spaziale o sulla loro intensità.

Per poter valutare e gestire i rischi, soprattutto quelli legati ai cambiamenti climatici, è necessario individuare tre componenti fondamentali: la *pericolosità*, l'*esposizione* e la *vulnerabilità* (IPCC 2014b). Infatti, il rischio sussiste solo se, in un determinato territorio in un certo intervallo di tempo, sono presenti contemporaneamente una sorgente di pericolo, un sistema ricettore vulnerabile (che può quindi subire conseguenze negative) e l'esposizione, ovvero la possibilità di contatto tra il pericolo e il ricettore (Ronco et al. 2015).

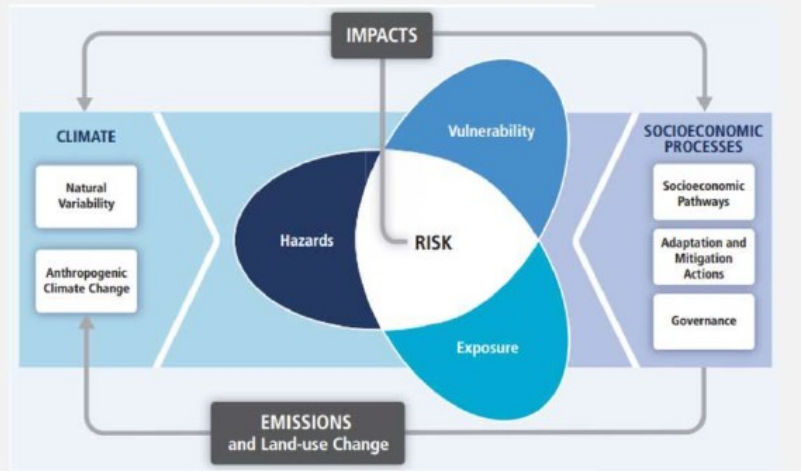


Figura 3 - Definizioni di pericolosità, esposizione, vulnerabilità e rischio

Per procedere nell'analisi del rischio è opportuno, ove possibile, stimarlo (seguendo le indicazioni della normativa UNI EN ISO 12100-1), ridefinendo la possibile gravità del danno e della probabilità del suo accadimento.

$$R = f(P, D) \longrightarrow R = P \times D$$

Che indicano rispettivamente:

R = Rischio;

P = Probabilità o frequenza del verificarsi dell'evento;

D = Magnitudo (gravità) delle conseguenze (danno).

È possibile utilizzare diversi metodi per la misurazione della frequenza e della magnitudo, utilizzando delle scale di probabilità o delle matrici.

Il fine di queste analisi è la riduzione del rischio, puntando ad ottenere:

- **rischio tollerabile:** anche definito rischio non significativo, in quanto è "accettabile" in seguito alla ponderazione del rischio. Non richiede ulteriori procedure.

- **rischio residuo:** è ciò che rimane in seguito al trattamento del rischio. Esso comprende anche i rischi non identificabili.

Il fine ultimo dell'analisi dei rischi è quello di identificare delle azioni volte alla riduzione del rischio (Ki), che si suddividono in:

-**Prevenzione:** sono azioni e misure di tipo strutturale o organizzativo che agiscono riducendo la probabilità di accadimento di un determinato evento. La prevenzione va ad agire sulla probabilità e la frequenza con cui si verifica un evento;

-**Protezione:** comprende la predisposizione di misure "di difesa" che puntino a diminuire la gravità del danno. La protezione va ad agire in modo da ridurre la magnitudo del danno

Si giunge quindi alla formula:

$$R = P \times D / \Sigma Ki$$

La valutazione del rischio è un processo che va ben oltre la semplice misurazione, ma è un adempimento di assoluta centralità per garantire un corretto sistema di gestione.

2.2. L'esposizione

L'esposizione è la presenza, o il "valore", di persone, mezzi, funzioni ambientali, servizi, risorse e condizioni che potrebbero essere soggetti ad impatti avversi. L'esposizione è una determinante dinamica, dato che varia a seconda delle scale temporali e spaziali e dipende dai fattori che caratterizzano il sistema esposto, come quelli economici, sociali, culturali, istituzionali, demografici e ambientali. L'esposizione è una conseguenza diretta del rischio, ma non soddisfacente, in quanto è possibile essere esposti ad un rischio, ma non essere vulnerabili, ad esempio è possibile vivere in una zona a pericolo alluvione, ma possedere i mezzi per prevenire i rischi derivanti dall'evento, per modificare la struttura degli edifici per mitigare le potenziali perdite. Allo stesso tempo, per essere vulnerabile ad un determinato evento è strettamente necessario anche essere esposto.

2.3. La sensitività e la vulnerabilità

La sensitività è la predisposizione delle componenti del sistema ad essere colpiti da potenziali rischi che subiscano danni a seguito del verificarsi di condizioni endogene. Analizzando un sistema ambientale possiamo osservare che la sensitività è la predisposizione dell'ambiente e dei relativi servizi ecosistemici ad essere sensibili agli eventi a causa di condizioni intrinseche che portano ad una crisi se la risorsa disponibile viene danneggiata. I valori di sensitività aumentano all'aumentare della qualità ambientale e se ci sono buone funzioni ecosistemiche.

La vulnerabilità è la variabile data dall'esposizione di un sistema ad un possibile rischio; rappresenta un punto debole di un sistema in analisi e consente a un eventuale aggressore di compromettere il suo livello di sicurezza, essa è una componente del sistema stesso. La vulnerabilità si può riferire a singoli individui singoli o gruppi e comunità ed è misurata spazialmente con la sensitività. La vulnerabilità infatti è la somma delle relazioni lineari e non lineari di sensitività, esposizione e capacità di adattamento.

L'elemento di aggressione che potrebbe sfruttare una vulnerabilità si chiama minaccia. Solitamente, è più facile intervenire sulle vulnerabilità piuttosto che sulle minacce, spesso da considerare "fisiologiche" in un determinato contesto. In pratica le minacce, sfruttando le vulnerabilità del sistema, generano dei rischi.

In ambito sociale la vulnerabilità può essere definita come segue (definizione del IFRC[4]): "*la vulnerabilità è un concetto dinamico e relativo, in stretta relazione con la capacità di un individuo o di una comunità di far fronte in un determinato momento a particolari minacce. La vulnerabilità può essere associata a certi elementi specifici della povertà, ma è anche propria di individui isolati, in situazioni di insicurezza ed indifesi da rischi, da shock e stress*".

Con questa accezione, in ambito sociale, possono essere definiti i "gruppi vulnerabili" come: "*persone o gruppi di persone esposte a situazioni che minacciano la loro sopravvivenza o la loro attitudine a vivere con un minimo di sicurezza sociale ed economica e di dignità umana*.

I mutamenti a livello globale cambiano incessantemente gli scenari futuri. La velocità di trasformazione ha superato la capacità di adattamento delle componenti biologiche, causando in alcuni casi eventi catastrofici sulle componenti paesistico-ambientali. I sistemi che hanno reagito meglio sembrano essere quelli dotati di una maggiore capacità di risposta, quindi che presentano meno elementi di vulnerabilità. Per contrastare i continui e sempre più veloci cambiamenti all'interno dei sistemi territoriali, è necessario adottare metodologie e nuovi strumenti di valutazione e di pianificazione in grado di rispondere a dinamiche e necessità continuamente più mutevoli e spesso non prevedibili. Per poter ottenere una pianificazione sostenibile per gli attuali sistemi territoriali complessi è necessario operare sulla vulnerabilità,

[4] La Federazione internazionale della Croce rossa e della Mezzaluna rossa è la più grande rete umanitaria del mondo ed è guidata da sette principi fondamentali: umanità, imparzialità, neutralità, indipendenza, volontariato, universalità e unità.

affrontando i problemi derivanti dall'incertezza, aumentati a loro volta dalle sempre più elevate velocità di trasformazione. In questo modo entra in gioco il tema della resilienza, come modello ideale per affrontare questa condizione di incertezza, infatti, la resilienza si basa sulla capacità di autoregolazione dei sistemi e non sulle loro capacità di programmazione. I concetti di vulnerabilità e resilienza sono a loro volta, legati alla capacità di adattamento e sono utili per le scienze fisico-biologiche e sociali, all'interno delle quali ricoprono spesso con significati differenti, ma pur sempre utili per creare una interdisciplinarità (Adger, 2006; Janssen et al., 2006). La vulnerabilità è spesso considerata una conseguenza diretta di una pressione. La vulnerabilità è definita come la predisposizione di un sistema complesso all'instabilità, questo comprende un cambiamento così radicale da cambiarne la struttura e gli elementi che lo compongono, i processi e dinamiche e l'organizzazione a seguito ad una pressione esterna che ne causa la trasformazione.

Analizzando la letteratura sull'argomento è emerso che grazie agli studi di alcuni autori è stato possibile individuare i fattori di vulnerabilità di un sistema paesistico-ambientale:

- iperstrutturazione del territorio (Rapport et. al, 1997),
- caratterizzazione degli elementi strutturali del paesaggio (Forman, 1995),
- incompatibilità tra funzioni (Gibelli, 2008),
- intensità di sfruttamento delle risorse ed elevata densità di popolazione,
- velocità delle trasformazioni (Crutzen, 2005, Gibelli, 2003),
- degrado degli habitat e degli ecosistemi (Luyssaert et al., 2008; Richardson et al., 2009; Trumper et al., 2009).

Questi fattori sono caratterizzati dalla possibilità di essere misurabili attraverso l'applicazione di indicatori spaziali e sono efficaci, in quanto:
- sono sensibili alle trasformazioni di usi del suolo ad opera di Piani e Progetti,
- sono rilevatori sintetici, perché tendono a sintetizzare ciò che è accaduto su un territorio, facendo modo di inserire più variabili ambientali,
- sono facilmente confrontabili con fattori di vulnerabilità territoriale a scala vasta,
- essendo fattori semplici e implementabili si prestano a essere adoperati nei monitoraggi,
- sono facilmente rappresentabili e di facile comprensione, quindi utili nei processi partecipativi.

PARTE II

3. Il caso studio – la città di Torino

Il Comune di Torino è il quarto comune italiano per popolazione, con 875 088 abitanti e una superficie di 130 km² e una densità abitativa di 6730,93 abitanti/km². È il capoluogo della città metropolitana che copre una superficie di 2300 km² ed ospita 2 milioni di abitanti. Inoltre, è il terzo complesso economico-produttivo del Paese oltre a vantare un prestigioso polo universitario. Il suo territorio è ricco di siti di importanza artistica, turistica e scientifico-culturali, alcuni dei quali appartengono ai beni protetti dell'UNESCO, come le residenze sabaude e l'area delle colline del Po.

Figura 4 - Ortofoto della città di Torino (2018)

È una città con una città antica, con una storia che comincia con la fondazione romana nel III secolo a.C. e giunge fino a noi, ricoprendo anche la funzione di capitale del Regno d'Italia dal 1861 al 1865.

La città di Torino sorge su una pianura, la sua area è delimitata dai fiumi *Stura di Lanzo*, il *Sangone* e il *Po* e si apre verso diverse vallate alpine: la *Val di Susa*, che conduce verso la Francia, le Valli di Lanzo, la Val Sangone. Proprio per la numerosa presenza di fiumi e la caratterizzazione che danno al territorio, Torino è anche detta la *città dei quattro fiumi*, in quanto oltre alla Stura di Lanzo, il Sangone e il Po, che attraversa la città da Sud verso Nord, vi è un quarto corso d'acqua, la *Dora Riparia*, che scorre vicino al centro storico e attraversa la pianura proprio a metà rispetto agli altri fiumi.

Il fiume Po, inoltre, sottolinea la divisione tra la parte collinare della città e quella piana. Nel 2016 l'UNESCO ha riconosciuto come patrimonio riserva della biosfera il Parco del Po e la collina torinese. Nel 2020 è stato conferito dalla FAO e dalla Arbor Day Foundation il titolo di *Tree City of the World 2019*.

Nel 2006 Torino ha ospitato i XX Giochi olimpici invernali e grazie a questo evento ha avuto modo di rilanciarsi sul mercato internazionale. Inoltre, è la sede di numerosi marchi che simboleggiano il Made in Italy, come il Martini, il caffè Lavazza, il fulcro dell'industria

automobilistica italiana, un importante centro dell'editoria, dei sistemi bancari ed assicurativi, nonché della tecnologia informativa, dello sport, del cinema, dell'enogastronomia, del settore aerospaziale e del disegno industriale.

3.1. Torino e le sue sperimentazioni

La città di Torino, nel corso degli ultimi trenta anni, è cambiata radicalmente sia dal punto di vista fisico sia nella sua forma urbana; si è partiti da una *factory town*, capitale industriale ormai obsoleta per muoversi verso una nuova visione urbana di città metropolitana. In seguito a questa drastica trasformazione, la città si trova ad oggi ad affrontare una nuova sfida: la ricerca di una nuova visione in grado di fornire una prospettiva di scenario futuro tale da renderla competitiva a livello europeo. È da questa fase di metamorfosi, che emerge la necessità di comprendere quali dinamiche hanno governato la città durante questa sua lunga fase di trasformazioni, quali siano le aree e le criticità emerse e quali sono le opportunità per il futuro.

La crisi inizia negli anni Settanta, quando inizia il tramonto della "città-fabbrica" (Salzano, 1998) e si intensifica negli anni Novanta, quando le dinamiche della deindustrializzazione causano nel tessuto urbano numerosi abbandoni e dismissioni, che a loro volta provocano "svuotamenti" di intere aree della città causando un progressivo sviluppo del settore terziario, segnando profondamente il futuro della città di Torino. La consapevolezza derivante da questo profondo periodo di crisi farà emergere una volontà di cambiare immaginario e reinventarsi.

Il primo passo verso il rilancio della città di Torino è sancito dall'approvazione nell'aprile 1995 del Nuovo Piano Regolatore Generale, progettato dagli architetti Augusto Cagnardi e Vittorio Gregotti, un disegno che ridisegna l'intera forma urbana partendo dalla riorganizzazione delle infrastrutture, puntando ad offrire una nuova visione. Questo nuovo piano è in grado di utilizzare figure fino ad ora ritenute complesse per generare nuove centralità, come la rifunzionalizzazione delle aree industriali dismesse presenti all'interno della città, creando un legame tra i tracciati infrastrutturali e i vecchi edifici manifatturieri. Mentre il Piano di Gregotti e Cagnardi introduce nuove strategie la città incontra nuove spinte evolutive derivanti da differenti condizioni:

- La nascita della *Spina centrale,* un nuovo asse centrale per il sistema della mobilità. L'intervento di interramento del passante ferroviario permette la realizzazione di un nuovo asse, un lungo boulevard che ricongiunge i quartieri ad esti con quelli a nord della precedente linea ferroviaria. In parallelo emergono altre due assi direzionali della mobilità, l'asse corso Marche e l'asse lungo Po;
- Il processo di valorizzazione della città consolidata, attraverso il recupero del patrimonio edilizio storico e del sistema museale del territorio torinese, realizzando una nuova vocazione turistica della città anche attraverso interventi di arredo urbano in numerose piazze centrali e pedonalizzazione di alcune aree centrali;
- Il consolidamento della città ordinaria, soprattutto grazie al forte intervento della componente economica privata, che ha permesso la trasformazione anche di singoli edifici.

Le trasformazioni urbane di Torino

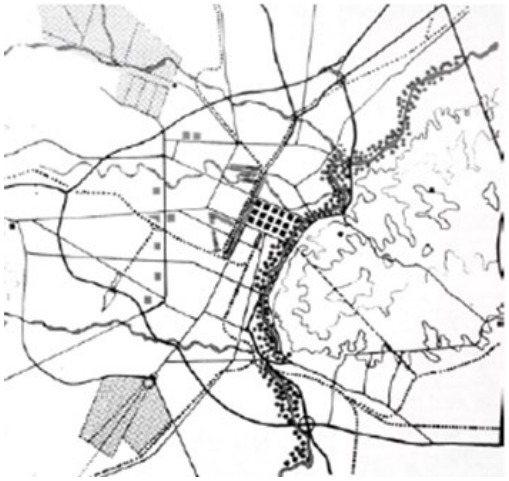


Figura 5 - Le tre centralità

Figura 6 - Assi strutturanti e direttrici strategiche (2008)

Figura 7 - Piano di sviluppo metropolitano (2011)

La città metropolitana in quadranti

Figura 8 – Programma delle trasformazioni urbane 2013-2014

Elenco di 16 progetti puntuali sul territorio che l'amministrazione avrebbe dovuto completare nel biennio

I grandi cambiamenti che si sono registrati nella città di Torino nel decennio che va dal 1996 al 2006 sono una indiretta conseguenza dei numerosi siti industriali dismessi, che pur non

essendo così remoti, formano dei grandi vuoti all'interno del tessuto urbano. Si aggiungono a questo fenomeno tutti i cambiamenti dal punto di vista economico ed immobiliare conseguenti all'assegnazione delle Olimpiadi Invernali del 2006. Questo evento di fama internazionale causa un'ulteriore trasformazione sulla città di Torino, essa acquista visibilità a livello mondiale e ciò comporta numerose trasformazioni urbane, quali l'inaugurazione della prima linea della Metropolitana.

Nel 2008, in seguito all'esplosione della crisi economico-finanziaria globale, inizia una nuova fase di decrescita inarrestabile, seguita da un repentino crollo degli investimenti con gravi ripercussioni sul settore edilizio; nonostante i tentativi del settore pubblico di definire delle nuove linee guida per rilanciare le trasformazioni urbane, i segni di una ripresa tardano ad arrivare.

Il problema sostanziale risiede nel fatto che il Piano del '95 incentrava le trasformazioni urbane su una vasta offerta immobiliare, sullo sviluppo del settore terziario e sul grande disegno urbano. Il processo di trasformazione si è sviluppato a macchia di leopardo, in modo non lineare e senza considerare l'incidenza economica delle bonifiche ambientali, ad influire è stato soprattutto il rapporto tra spazio aperto e contorno urbano consolidato. Il tutto ha portato ad una carenza di servizi pubblici, una carente mixité funzionale e una forte presenza di vuoti urbani, molto spesso assegnati a progetti successivi. Queste problematiche hanno frenato lo sviluppo di un senso di "identità urbana" (Derossi, 2016).

Osservando successivamente le dinamiche che hanno guidato i processi di rigenerazione di vaste aree è possibile osservare che esse seguono la logica del "riempimento" dei vuoti, anche attraverso la pratica della sostituzione, una logica in contrapposizione all'immagine contemporanea di vuoto urbano. I vuoti urbani sono sempre stati al centro di «complessi interrogativi al progetto urbanistico, che affronta sempre con difficoltà lo spazio aperto (sia esso pubblico o privato), su cui si intrecciano architettura, mobilità, paesaggio» (Iacomoni, 2015).

Dagli anni '70 fino ai primi anni degli anni '90, circa 10 milioni m² di aree industriali vengono dismesse (il 18% del territorio comunale) e tra il 1995 e 2016, 6 milioni m² di queste aree vengono trasformate. Ad oggi a Torino è stato attuato il 39% delle ZUT e il 47% delle ATS previste dal Piano e dalle varianti.

Attualmente questo ciclo di pianificazione è giunto a conclusione, ma il modificarsi di alcune condizioni e presupposti sociali fanno nascere la necessità di nuove "questioni urbane" e nuovi modelli di sviluppo calmierati alla limitatezza delle risorse.

Vent'anni fa era l'attore pubblico a guidare la scena trasformativa, ad oggi la situazione economica permette una maggiore apertura nei confronti dei soggetti privati. Sono cambiate le concezioni temporali e le relazioni progettuali e questo cambio di approccio permette un'espansione degli stakeholders privati che attraverso azioni partecipative sono in grado di creare spazi e servizi per la comunità, a favore di una città condivisa.

Partendo dalle tematiche ambientali e mettendo al centro la qualità dei luoghi e delle reti ecologiche a scala urbana sarà possibile configurare nuove strategie di sviluppo volte alla creazione di nuovi orizzonti progettuali.

3.2. Le vulnerabilità antropiche

Le realtà urbane italiane si trovano spesso in condizione di ritardo nella spinta sostenibile-resiliente rispetto agli antagonisti mondiali ed europei. Città di piccole, medie e grandi dimensioni del nostro Paese manifestano una condivisa criticità difficoltà nella capacità di affrontare le sfide climatiche sulle quali si potrebbero fondare le nuove strategie urbanistiche.

La scelta di analizzare e intervenire sull'ambito urbano di Torino muove proprio dalla consapevolezza che anche la capitale sabauda, in virtù della sua morfologia, collocazione e progettazione, sta arrancando per tenere testa agli eventi reali e crescenti che la affliggono. I recenti passi che la città sta muovendo per far fronte alla questione climatica testimoniano quanto meno un interesse al tema, e manifestano la, seppur ancora vaga, speranza di saper accogliere visioni strategiche interdisciplinari e complesse che all'interno di questo percorso di ricerca si è tentato di tracciare.

Parallelamente si delinea agli occhi degli urbanisti e degli abitanti una città il cui tessuto è capillarmente disseminato di realtà dismesse e in attesa di una nuova vocazione, testimonianza del recente passato industriale della città, che ha generato questa moltitudine di piccoli e grandi spazi dello scarto, vaste occasioni di rigenerazione urbana.

É proprio in virtù di queste due emergenze che il progetto ha trovato nell'ambito urbano di Torino il suo campo di sperimentazione.

In questo paragrafo si tenta di delineare un quadro storico, evolutivo, ambientale e critico sulla condizione attuale della città, al fine di fornire un supporto conoscitivo necessario per comprendere le chiavi di lettura e progettuali, che costituiranno gli step successivi del percorso metodologico elaborato.

Le infrastrutture

Centri storici e aree periferiche delle città manifestano spesso una scarsa attenzione alla qualità e quantità delle aree di pertinenza di una mobilità lenta pedonale e ciclabile. Le città non sono più da tempo cucite attorno alle persone, ricadono oggi nel dualismo edificio-strada, che sottrae dignità e valenza al vuoto rispetto al pieno, identificato come mera matrice di scorrimento a servizio della schiera di autovetture che abita le nostre città.

Da anni ormai sforzi in questo senso sono stati fatti: servizi di bike sharing, piani per la mobilità sostenibile (PUMS), agevolazioni e riduzioni per gli abbonamenti al trasporto pubblico e la realizzazione di una linea metropolitana efficiente. Ma ancora troppo pochi sono i progressi tangibili. Per incidere concretamente su una ripartizione più sostenibile delle tipologie di trasporto occorre avviare interventi di redistribuzione dello spazio pubblico, sottraendolo alle macchine per restituirlo alle persone.

Figura 9 - La viabilità veicolare e su ferro di Torino

A Torino qualcosa sta cambiando, seppur lentamente. Il numero di passeggeri del trasporto pubblico è tornato a crescere, e la disponibilità di mobilità su due ruote, cresciuta esponenzialmente negli ultimi anni, è apprezzata soprattutto dai giovani.

La mancanza di un piano strategico che sappia coinvolgere la totalità dei mezzi di trasporto, sia a livello quantitativo che qualitativo e senza un ridisegno dei tracciati della mobilità, rischia, però, di far svanire tutti i progressi fatti fino ad ora.

Nello scenario della distribuzione della mobilità, a Torino l'automobile rimane il mezzo più utilizzato, con una percentuale del 43% del totale degli spostamenti (2013), poco meno della metà, un trend che ha avuto dagli anni '90 un andamento altalenante e sta conoscendo solo negli ultimi anni un, seppur lieve, calo2. Il numero di veicoli ha persino conosciuto un incremento rispetto ai dati del 2012, un trend che va in controtendenza rispetto all'orientamento delle altre città italiane.

É necessario sottolineare, a questo punto, una distribuzione della rete di trasporto pubblico per migliaio di abitanti molto scarsa rispetto ad altre realtà italiane e estere, a causa soprattutto di una rete metropolitana composta da un'unica linea, che in parte giustifica la bassa percentuale degli spostamenti tramite trasporto pubblico, attorno al 20% (Agenzia Mobilità Piemontese, 2013). Secondo l'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (Irea, 2010) il trasporto su strada è responsabile dell'82% del particolato atmosferico presente nell'aria.

Gli spostamenti nell'area del torinese sono per poco meno della metà interni al capoluogo, per un quinto interni alla prima cintura e per un altro quinto tra cintura e capoluogo. Associando questo dato a quello dell'utilizzo al 40% dell'automobile negli spostamenti, risulta evidente come la macchina sia il veicolo prescelto anche per le brevi distanze, una tendenza sulla quale politiche di ridefinizione dei tracciati possono indurre effetti diretti.

Oggetto di una lunga fase preliminare Torino vede nel 2006 l'inaugurazione della sua prima linea metropolitana, la M1, dall'estensione di 13,2km, i cui lavori sono durati sei anni4. La realizzazione della linea metro ha portato una ventata di aria fresca negli spostamenti interni alla città, e la sua frequentazione è cresciuta in maniera esponenziale fino a raggiungere i 40 mila passeggeri nel 2015 (GTT, 2016). Il limite sotteso dal progetto appare però evidente alla scala urbana, i cui quadranti nord-est e sud-ovest rimangono del tutto sconnessi alla rete di mobilità veloce. É stata perciò prevista la realizzazione di una seconda linea, la M2, che compensi la squilibrata distribuzione spaziale lasciata dalla precedente. La realizzazione effettiva della linea rimane però dopo anni ancora un punto interrogativo, inducendo la città e i suoi abitanti a trovare per gli anni a venire altre modalità di spostamento altrettanto sostenibili.

La mobilità dolce

Il sistema della mobilità dolce, presenta dati poco confortanti. Essi rivelano che solo poco più del 3% degli spostamenti avviene su due ruote (Agenzia Metropolitana Mobilità, 2013), dato che è in lievissimo aumento negli ultimi anni, complice una insufficiente e frammentata rete ciclabile, con una copertura di appena 5m lineari per cento abitanti6. Ad oggi Torino offre quasi 200 km di piste/percorsi ciclabili, una rete che attraverso parchi, tracciati infrastrutturali viabilistici e morfologici si protende dall'area urbana verso i maggiori punti di interesse della cintura metropolitana.

Si determina così un disegno che appare funzionale alla larga scala, ma che, ad una scala prettamente urbana, mette in evidenza le sue criticità e l'inadeguatezza del sistema nei confronti dei brevi spostamenti. A tal proposito emerge la generalizzata frammentazione della rete, l'esclusione di molte aree anche centrali del tessuto consolidato, e una scarsa qualità di parti del tracciato, spesso condivisa con il pedone o sacrificata nella carreggiata stradale, senza dimenticare i dissesti materici che spesso manifesta. Emerge qui il fattore pericolosità. I cittadini che ogni giorno decidono di spostarsi in bicicletta sono consapevoli di dover fare i conti con pedoni, macchine, buche, binari tranviari, semafori, precedenze negate e dell'inevitabile momento in cui dovranno scegliere se proseguire il loro tragitto in un controviale affollato o in un marciapiede dissestato.

Figura 10 - La viabilità ciclopedonale di Torino

Torino dimostra di essere una città da anni molto attenta alla questione della mobilità sostenibile, ma allo stesso tempo registra rilevanti ritardi tra intenzioni e azioni.

Nell'ottobre del 2013 è stato approvato lo strumento operativo Biciplan, che si poneva l'obiettivo "di definire gli interventi e le azioni prioritarie per la promozione e lo sviluppo della mobilità ciclistica" per raggiungere in dieci anni la quota del 15% di spostamenti in bicicletta contro il 3% di partenza.

L'obiettivo generale rimane comunque molto lontano dato il praticamente nullo incremento della rete ciclabile dal 2012 ad oggi. Il piano prevede la cucitura delle piste ciclabili che oggi risultano interrotte e un'estensione dell'infrastruttura ciclabile dagli attuali 190 km a circa 310 km tra piste, corsie, zone 30 e aree pedonali.

A fronte di queste considerazioni, evidente è la priorità che prima di tutto deve essere assegnata alla ridefinizione della rete della mobilità lenta per ciclisti e pedoni, che in maniera silente freme per guadagnare un posto prioritario nella definizione degli spostamenti urbani,

tanto audace quanto inevitabile per affrontare il fardello della questione viabilistica che le grandi metropoli italiane non possono più permettersi di escludere dalle politiche ambientali.

3.3. Le vulnerabilità ambientali

La città di Torino, anche all'interno dei suoi confini comunali, dispone di una dotazione elevata di verde pubblico e superfici agricole, con dati in linea con la media nazionale e che si dimostrano migliori rispetto alle altre grandi realtà metropolitane del nostro Paese.

Nonostante questo, sono numerose le problematiche legate a questioni ambientali riscontrabili in gran parte del suo territorio. Esse denotano oltre l'incapacità di questa infrastruttura verde di fornire la corretta funzionalità dei servizi ecosistemici (da una gestione non corretta e una non uniforme distribuzione sul territorio), anche una necessità di integrarla con altri network complementari, che ne amplifichino le potenzialità e ne compensino le carenze laddove il verde non è funzionale.

Tra gli impatti ambientali derivanti in tutto o in parte dai cambiamenti climatici, le questioni sulle quali è inevitabile porre una particolare attenzione: la questione idrogeologica, soprattutto legata alle alluvioni pluviali e ai fenomeni di piogge intense.

Le alluvioni

L'incidenza delle sempre più frequenti piogge intense, in una città che vede più del 65% del suo territorio impermeabilizzato (ISPRA, 2016), costituisce una minaccia reale per le reti idrauliche e i corpi idrici del suo territorio.

In particolare, nel 1994, poi nel 2000 e anche nel 2016, la città è stata colpita da violenti piogge che hanno causato gravi danni, culminati nell'esondazione di alcuni tratti dei suoi fiumi. I danni alla circolazione, alle infrastrutture e alle abitazioni sono stati tangibili in tutta la provincia. Violenti nubifragi hanno portato invece, nel luglio 2012 e 2013, alla chiusura di alcune stazioni metropolitane.

Nel novembre 2016 sono caduti in poco più di 3 giorni più di 660 mm di pioggia (Legambiente, 2017) sulle province di Cuneo e Torino10. Ciò ha determinato, a causa dell'incapacità del sistema idrico di raccogliere una tale quantità d'acqua nel breve periodo, la fuoriuscita in superficie di centinaia di milioni di metri d'acqua (Legambiente, 2017). Le conseguenze più critiche in termini di disagio e danneggiamento avvengono nei contesti maggiormente urbanizzati, contraddistinti dell'eccessiva impermeabilizzazione dei suoli.

Sono solo alcuni dei dati che sottolineano la necessità della città di saper affrontare e adattarsi a questi eventi tanto improvvisi quanto intensi, destinati a divenire sempre meno sporadici e a rientrare nell'ordinarietà degli eventi climatici del nostro paese.

La percentuale di superfici impermeabili contrapposte a quelle permeabili mostra la capacità del suolo di infiltrare ed assorbire le precipitazioni evitando che l'acqua scorra a valle e provochi allagamenti. I suoli con una bassa percentuale di impermeabilità hanno un'ottima capacità di assorbire le precipitazioni, generalmente sono parchi e zone agricole.

I suoli con una media percentuale di impermeabilità sono generalmente composti da alcune aree pavimentate, come strade o edifici, e altre di verde.

I suoli con un'alta percentuale di impermeabilità rappresentano aree densamente pavimentate ed edificate. In caso di forti piogge provocano scorrimento superficiale ed allagamenti.

I suoli quasi completamente impermeabili rappresentano aree di grande copertura del suolo, quali aree industriali, svincoli, centri abitati e parcheggi. Ogni pioggia provoca scorrimento superficiale, spesso ricco di inquinanti.

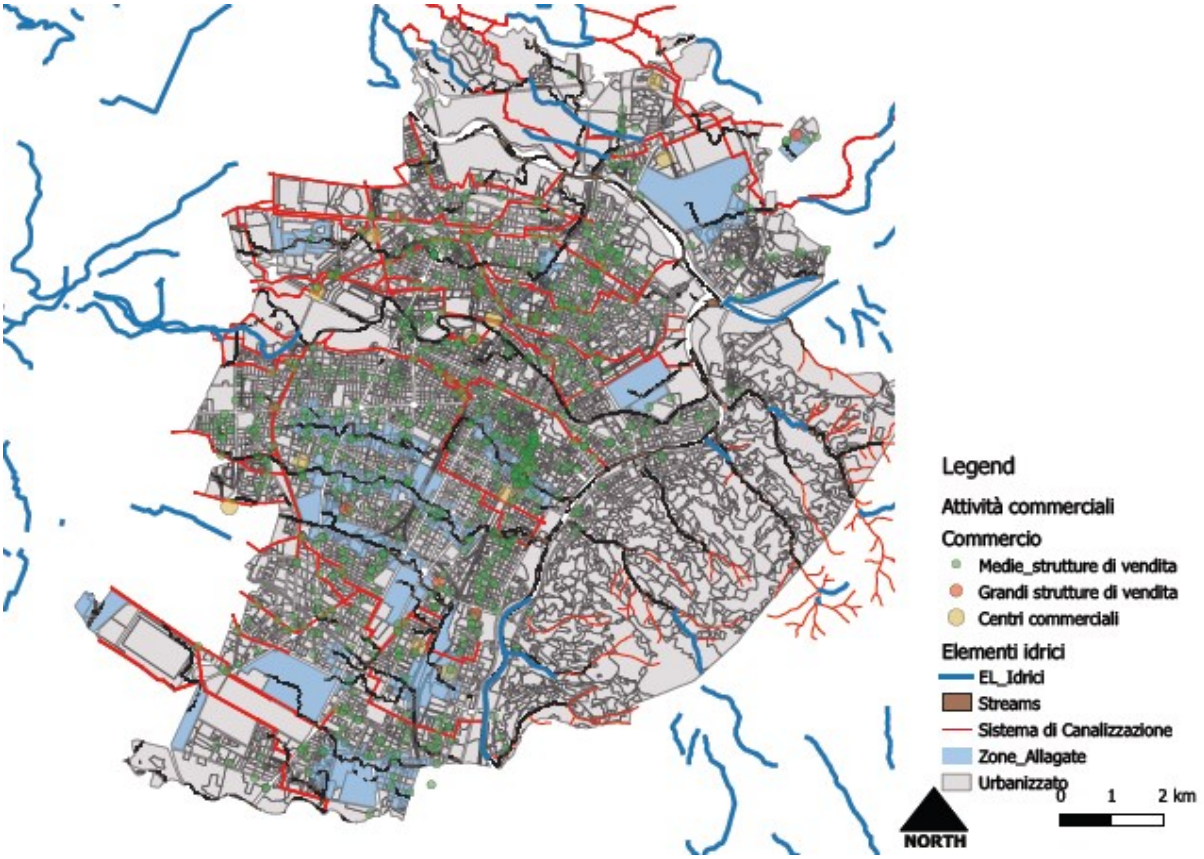


Figura 11 - La componente commerciale rapportata agli elementi idrici della città di Torino

4. Stimare le vulnerabilità urbane

4.1. La sensitività della città di Torino

La mitigazione delle vulnerabilità urbane è ad oggi un tema cruciale per il perseguimento delle condizioni di sviluppo sostenibile dei sistemi locali. La pianificazione territoriale sostenibile deve attuare il miglioramento della capacità di risposta agli shock e il contenimento dell'impatto di azioni e interventi che causano forti pressioni antropiche. Al centro di questo scenario di incertezza si trovano le città, nelle quali vive oggi la maggioranza della popolazione mondiale. Il clima si presenta fattore determinante di crescita esponenziale di vulnerabilità in funzione della densità, del numero di abitanti e dove la presenza simultanea di fattori morfologici e antropici, delineati da strumenti di progettazione urbana tradizionali, rendono la sua struttura non idonea alla gestione e alla padronanza dei rischi climatici derivanti.

I sistemi urbani italiani sono spesso in ritardo sul piano di sostenibilità resiliente rispetto alle stesse realtà europee. Le città italiane, di diverse dimensioni, accusano una scarsa capacità di affrontare le sfide climatiche, che rappresentano una grandissima opportunità per le nuove strategie urbanistiche.

Torino infatti è una città che per morfologia, disposizione, ma soprattutto per programmazione, fatica a restare dietro ai continui cambiamenti e agli eventi sempre più numerosi che la colpiscono.

Le recenti azioni che la città ha compiuto per cercare di adattarsi ad una condizione climatica in continuo cambiamento, rivelano l'interessamento al tema e aprono uno spiraglio verso una visione strategica interdisciplinare. Allo stesso tempo, il tessuto urbano ricco di testimonianze del recente passato industriale, presenta numerose realtà dismesse ed in attesa di una nuova funzione; questi numerosi spazi di "scarto" rappresentano una preziosissima opportunità di rigenerazione urbana.

Le sensitività della città di Torino che verranno trattate derivano prevalentemente da due fattori: ambientale, quale il rischio idrogeologico e i fenomeni di piogge intense e quello antropico, come l'impermeabilizzazione del terreno, la componente commerciale e la densità urbana.

La vulnerabilità ambientale è una caratteristica che descrive l'attitudine di un'unità ambientale a subire degradi permanenti in conseguenza di pressioni esterne.

La città di Torino possiede una buona dotazione di verde pubblico, con dati perfettamente in linea con la media nazionale e tra i migliori delle grandi aree metropolitane italiane. Ciò nonostante, sul territorio comunale sono presenti numerose problematiche legate alle questioni ambientali. In questo caso emerge il fatto che l'infrastruttura verde urbana non presenta le caratteristiche che gli consentano una buona funzionalità dei servizi ecosistemici, in quanto non ha una gestione adeguata e non è uniformemente distribuita, inoltre manifesta

il bisogno di integrazione con altre componenti, potenziandole laddove le aree presentino carenze di verde o la non funzionalità.

I cambiamenti climatici hanno conseguenze dirette sulle realtà urbani, una tra tutte e la componente di rischio idrogeologico. Il verificarsi sempre più frequentemente degli eventi di piogge intense, in una città per la maggior parte impermeabilizzata, è evidente che la minaccia per le reti idrauliche e i corpi idrici è altissima.

Gli eventi più significativi registrati nella città di Torino sono avvenuti nel 1994, nel 2000 e anche nel 2016, quando la città è stata colpita da violente piogge che hanno portato all'esondazione in alcuni tratti dei corsi d'acqua, causando gravi danni di diversa natura. Nel 2012 e nel 2013 invece, si sono verificati violenti nubifragi che hanno portato alla chiusura di molte stazioni della linea metropolitana.

Inoltre, secondo i dati di Legambiente (2017), nel novembre del 2016 sulla provincia di Torino sono caduti circa 660 mm di pioggia nell'arco di poco più di 3 giorni. Questo ha provocato la fuoriuscita in superficie di centinaia di milioni di metri acqua, in quanto il sistema idrico non è stato capace di raccogliere e smaltire una tale portata in un periodo così breve. Dato il contesto urbano, caratterizzato da un'altissima impermeabilizzazione dei suoli, i danni e i disagi sono stati notevoli e significativi. Questi sono solo alcuni dati che determinano l'importanza per le città del nostro paese di adattarsi a questi eventi intensi ed improvvisi, che sono destinati a divenire eventi climatici sempre più frequenti ed ordinari, a causa dei mutamenti del clima.

4.1.1. L'impermeabilizzazione del suolo

Il fenomeno del consumo di suolo è associato alla perdita di una risorsa ambientale fondamentale, il terreno permeabile. L'occupazione di una risorsa naturale così importante, a favore di una copertura artificiale è spesso collegata a dinamiche insediative e produttive.

Il suolo, nelle sue naturali condizioni ottimali è in grado di autoregolarsi al punto di raggiungere un corretto equilibrio; allo stesso tempo, il suolo è in grado di fornire all'uomo i *servizi ecosistemici*[5] necessari al suo sostentamento oltre che i fattori di regolazione dell'ambiente. La scarsa considerazione che si è serbata nei confronti di questa fragile risorsa, rispetto al suo grado di importanza, porta ad una forte perdita delle funzionalità naturali, che spesso sistemi artificiali non sono in grado di ricreare.

Figura 12 - il consumo di suolo

È opportuno inserire tra le principali cause degli eventi estremi climatici anche la continua e sempre crescente impermeabilizzazione del suolo. Un altro degli effetti diretti è riconducibile

[5] i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano, secondo la definizione data dalla Valutazione degli ecosistemi del millennio

alla formazione delle isole di calore negli ambienti urbani; infatti, un suolo impermeabile assorbe il calore e frena l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo.

La copertura del suolo con materiali impermeabili definisce la compromissione totale ed irreversibile delle sue funzionalità ecosistemiche, e in questo modo costituisce la più impattante forma di deterioramento. L'impermeabilizzazione dei suoli deve essere percepita dalla società come un costo ambientale, esito di una diffusione indisciplinata delle tipologie artificiali di uso del suolo che porta in primo al deterioramento delle funzioni ecosistemiche ed in seguito all'alterazione dell'equilibrio ecologico (Commissione Europea, 2013).

I dati sul consumo di suolo in Italia, aggiornati dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA[6]), rivelano che la sua crescente impermeabilizzazione, nonostante il rallentamento degli ultimi anni dovuto alla crisi economica globale, risulta crescere di poco meno di 30 ettari al giorno, ovvero di 3 metri ^{2} al secondo.

Nel 2006 la Strategia per la protezione del suolo[7] ha rimarcato la necessità di attuare delle buone pratiche per ridurre il degrado del suolo ed in modo da ridurre il grado di impermeabilizzazione dello stesso; l'obiettivo che è stato ripreso e rimarcato nella '*Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse*' della Commissione Europea del 2011; essa si pone come scopo di portare l'incremento di suolo europeo pari a zero entro il 2050. Questo obiettivo pone il limite secondo il quale tutti gli stati membri devono rapportare le loro politiche di pianificazione territoriale.

Le conseguenze che derivano dai processi di impermeabilizzazione del suolo riguardano:
-la perdita di qualità del suolo stesso;
-influenze negative sulle funzioni ambientali;
Ciò che causa un processo di impermeabilizzazione del suolo non ha conseguenze solo a livello qualitativo del suolo stesso, ma ha ripercussioni anche sulle funzioni ad esso collegate che vengono svolte per garantire un corretto controllo delle componenti esterne.

[6] Il Rapporto Ambiente – Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente nasce per la divulgazione dei dati e delle informazioni ambientali prodotta da ISPRA e dalle ARPA/APPA. La base dati su cui si fonda il Rapporto è l'Annuario dei dati ambientali ISPRA. Il Rapporto è realizzato in un unico volume strutturato in tre parti. La prima descrive le realtà regionali attraverso l'analisi di 16 indicatori; la seconda è composta da brevi articoli che riguardano attività SNPA particolarmente rilevanti e di interesse per la collettività; la terza consiste in brevi articoli riguardanti specificità regionali.

[7] **Strategia tematica per la protezione del suolo -** La Commissione europea propone un quadro e degli obiettivi comuni per prevenire il degrado del suolo, preservare le funzioni che svolge e ripristinare i suoli degradati. Questa strategia e la proposta che ne fa parte prevedono in particolare l'individuazione delle zone a rischio e dei siti inquinati, nonché il ripristino dei suoli degradati.

La carta dell'impermeabilizzazione del territorio è stata elaborata sottraendo dal territorio comunale tutti gli elementi vegetativi. Questi elementi sottratti sono poi stati a loro volta classificati in modo tale da avere un censimento preciso e differenziato tra erba, cespugli ed alberi. In questo modo è possibile analizzare la capacità di infiltrazione e di assorbimento del suolo, in modo tale che queste acque non scorrano a valle causando allagamenti.

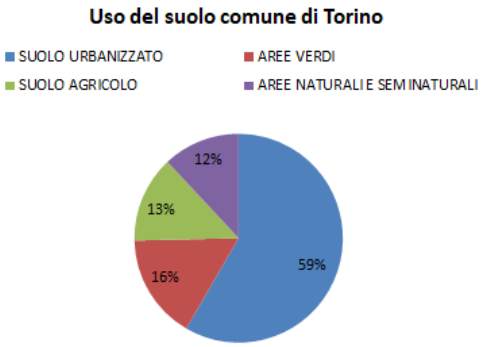


Grafico 1- Uso del suolo del comune di Torino

Quando i suoli presentano una bassa percentuale di impermeabilizzazione vuol dire che sono in grado di assorbire le precipitazioni, di solito questa è una caratteristica delle aree a parco e alle zone agricole. I suoli ricoperti da aree pavimentate, quali strade o edifici, presentano una media percentuale di impermeabilizzazione.

Le aree più sensibili in caso di forti piogge sono quelli con un'alta percentuale di impermeabilizzazione, come zone densamente pavimentate e edificate, in questi casi l'evento causa scorrimenti superficiali di acque e possibili allegamenti. Inoltre, esistono suoli quasi completamente impermeabili, come le zone industriali, i centri abitati, gli svincoli e i parcheggi, ove al verificarsi di un qualsiasi evento di pioggia si presentano scorrimenti superficiali e talvolta possono trasportare inquinanti.

4.1.1.2. La costruzione di indici

Per dare una giusta chiave di lettura alla tematica è necessario ricorrere alla creazione di indici e la comparazione dei dati. La valutazione della copertura del suolo e la sua impermeabilizzazione trova la sua interpretazione nell'incrocio degli strati informativi della Land Cover Piemonte (2010) e Imperviousness (2012), che offre una risoluzione a 5 metri. Inizialmente è necessario ricorrere ad una standardizzazione dei dati, in quanto le due fonti utilizzano diverse metodologie di rilievo, la prima a base comunale e l'altra a livello europeo; è stato quindi necessario creare una legenda dei database territoriali in grado da soddisfare entrambe le informazioni.Il primo step è la creazione di una carta degli usi del suolo a livello comunale, per la sua realizzazione è stato necessario riclassificare le perimetrazioni degli usi del suolo a scala comunale con la metodologia standardizzata della Corine Land Cover, che ha una chiave di lettura a scala provinciale o regionale.

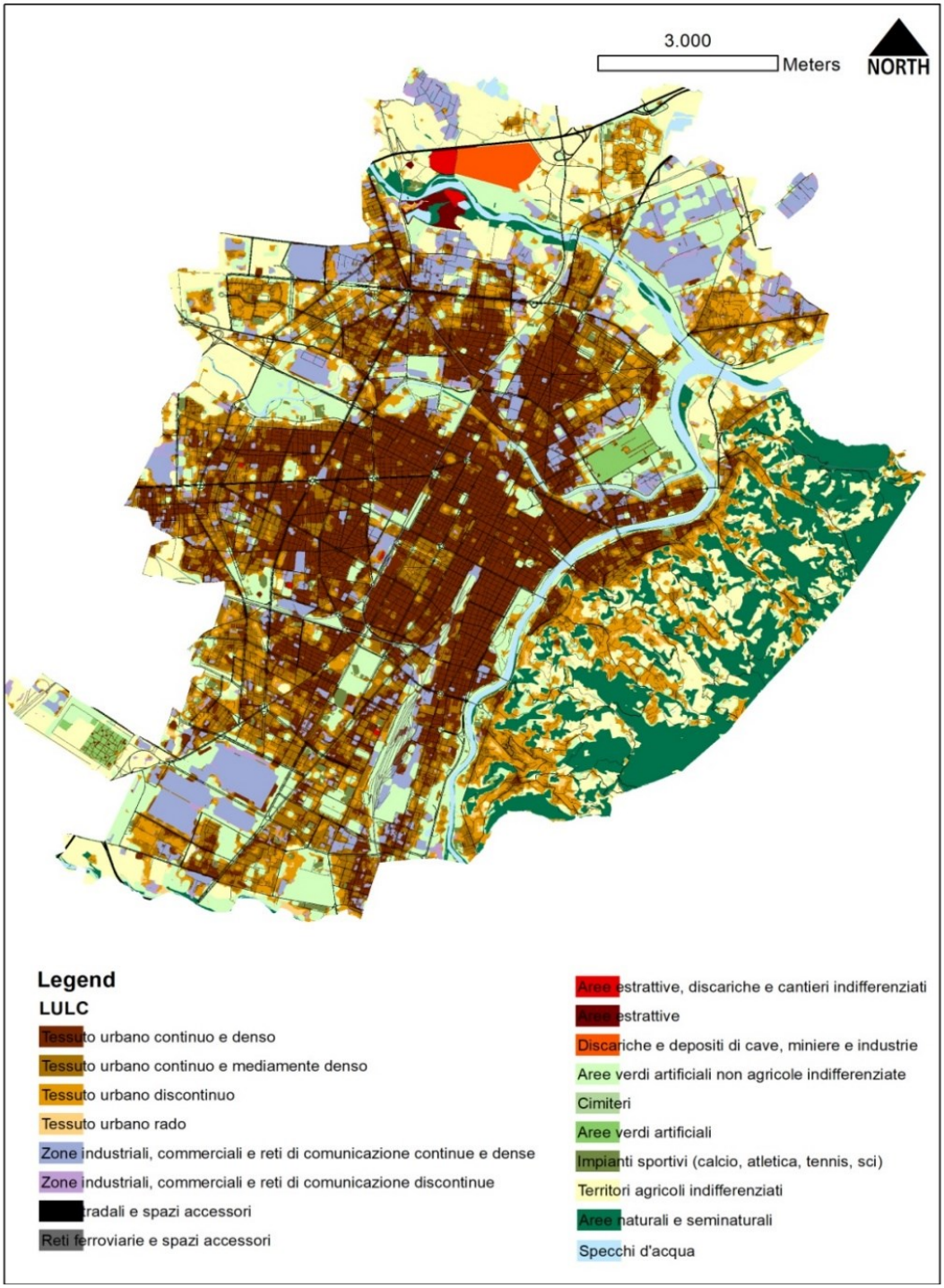


Figura 13 - Carta degli usi del suolo della Città di Torino

Il risultato di questo passaggio è una legenda standardizzata e coerente con le due basi territoriali, in grado di analizzare un territorio comunale con dati provenienti da un livello territoriale superiore, che puntino quindi alle specificità del territorio analizzato.

L’obiettivo principale della carta degli usi del suolo è quello di distinguere quali sono le aree antropizzate (aree urbanizzate e aree verdi urbane) da quelle che non lo sono, facendo emergere il rapporto tra il sistema degli spazi edificati della città di Torino dal sistema degli spazi aperti. Questo passaggio è fondamentale in quanto offre la possibilità di costruire un nuovo stato di diritto alla base del piano, indicando quali sono le aree in cui è possibile ricorrere a trasformazioni per il riutilizzo, quale sia la densificazione e la compattazione dei sistemi già urbanizzati. La classificazione adoperata costituisce un modello già utilizzabile sul territorio piemontese, che può essere esportabile in seguito ad una omogeneizzazione delle metodologie classificatorie adoperate. Come già anticipato, questa classificazione cerca di integrare i due sistemi territoriali e prevede: la perimetrazione del suolo antropizzato, a sua volta suddiviso in urbanizzato e aree libere urbane, l’identificazione del suolo agricolo, di quello naturale e seminaturale, delle aree umide e dei corpi idrici. In generale, il consumo di suolo, a seconda della scala a cui lo si analizza muta leggermente di significato; a scala vasta intende il processo di antropizzazione, cioè della conversione degli usi naturali o agricoli ai

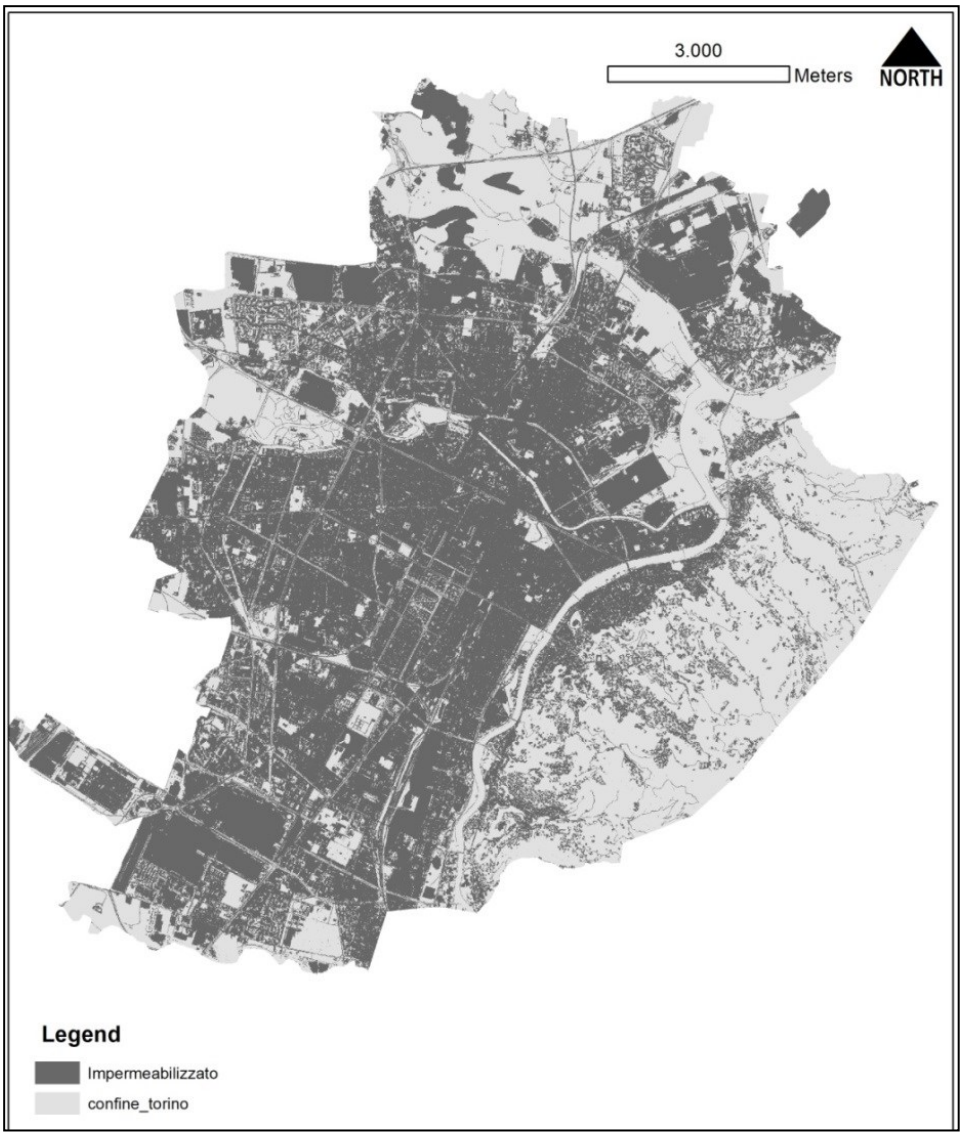


Figura 14 - Carta dell’impermeabilizzazione del suolo della città di Torino

fini urbani, sono comprese in quest'ultima categoria anche le aree verdi urbane. A scala comunale, invece, è necessario distinguere i processi di antropizzazione da quelli di urbanizzazione, si cerca quindi di differenziare i sistemi antropici dai sistemi verdi urbani, queste ultime hanno un impatto importantissimo dal profilo ecologico-ambientale ed ecosistemico sui sistemi antropici.
In generale, il consumo di suolo, a seconda della scala a cui lo si analizza muta leggermente di significato; a scala vasta intende il processo di antropizzazione, cioè della conversione degli usi naturali o agricoli ai fini urbani, sono comprese in quest'ultima categoria anche le aree verdi urbane. A scala comunale, invece, è necessario distinguere i processi di antropizzazione da quelli di urbanizzazione, si cerca quindi di differenziare i sistemi antropici dai sistemi verdi urbani, queste ultime hanno un impatto importantissimo dal profilo ecologico-ambientale ed ecosistemico sui sistemi antropici.

La differenza la si trova nella contabilità dell'impermeabilizzazione del suolo, questo rappresenta una parte minore del suolo che è stato impiegato nel processo di antropizzazione o di urbanizzazione. Il suolo impermeabilizzato corrisponde alle diverse modalità del processo con cui le superfici fondiarie vengono realizzate, infatti esso non coincide con tutto il suolo antropizzato perché le aree urbane, pubbliche e private sono generalmente affette da differenti gradi di impermeabilizzazione. Infatti, un tessuto residenziale a medio/bassa densità mostra diversi livelli di permeabilità, più o meno elevati, anche grazie alla presenza o meno di verde di pertinenza dell'edificio. Ci sono casi particolari anche per le aree agricole, una zona produttiva che utilizza le serre infatti, pur essendo una categoria di aree libere, presenta un elevato processo di sigillatura, con relativa impermeabilizzazione del suolo. Infatti, i processi di impermeabilizzazione del suolo costituisce un processo di degrado estremo della risorsa suolo, in quanto la conversione da usi naturali o agricoli a quella di usi antropici può spesso includere aree a verde urbane che svolgono comunque importanti funzioni ecosistemiche. Proprio per questo motivo è stata effettuata una analisi della permeabilità delle principali categorie d'uso del suolo, al fine di verificarne i livelli di impermeabilizzazione della città di Torino.

Gli indicatori individuati sono il risultato di un'analisi effettuata sul territorio del Comune di Torino e possono essere suddivisi in:

Indicatori di Stato	Sensitività	Imperviousness	Superfici impermeabili; le aree costruite	2012	%
Pressioni del sistema	Disturbi	Consumo di suolo	Aree costruite	2016	%
	Shock	Allagamento	Rischio di alluvione	2006	%
		Flussi	Aree che sono minacciate da processi di deflusso elevati	2010	%

Tabella 1 - Indicatori di vulnerabilità del sistema urbano

Nel processo di valutazione spaziale della vulnerabilità urbana si tiene conto delle interazioni tra fattori di sensibilità, di disturbi e di shock, come è stato fatto nelle precedenti opere trattanti la resilienza territoriale.
Gli indicatori sono scelti in modo tale da delineare una struttura di analisi semplice e di facile

comprensione, in quanto gli indicatori definiscono zone ben definite; lo studio si concentra su tre componenti: l'impermeabilità del terreno, la componente edificata con particolare riferimento alla dimensione commerciale e produttiva con relativi impianti in uso e quelli dismessi e il rischio idrogeologico con riferimento agli eventi di piogge intense. Questa scelta è legata alle caratteristiche urbane del territorio in esame e dalla tipologia di studio effettuata.
La scelta degli indicatori deriva dallo studio della precedente letteratura sul tema del quadro operativo della resilienza. Le principali fonti da cui derivano gli indicatori sono state: il programma della Fondazione Rockfeller "100 città resilienti" e il framework "Smart Mature Resilience", entrambi i programmi presentano studi e documenti con indicatori dettagliati per lavorare in un'ottica di operatività della resilienza.
Come riportato nella Tabella 1, gli indicatori sono suddivisi in *sensitività* (stato del sistema) e le *pressioni* che interessano il sistema (quali disturbi e shock). I valori che rientrano nella sensitività sono gli indicatori spaziali distribuiti casualmente sul territorio e che descrivono le effettive condizioni dell'ambiente. Le pressioni sono le aree interessate da agenti esterni all'ambiente che ne determinano la modifica lenta e improvvisa in circostanze lineari o eventi non previsti (ad esempio gli shock come le alluvioni). Il materiale utilizzato per la mappatura deriva dalle elaborazioni dei dati InVEST[8] e dal materiale derivante dall'ufficio tecnico del Comune di Torino, reperito in fase di tirocinio.
Gli indicatori selezionati una volta mappati hanno permesso una sovrapposizione non ponderata (con l'utilizzo di software ArcGis) di elementi di sensitività e di pressioni del sistema che hanno portato ad una valutazione spaziale della vulnerabilità urbana.

4.1.2. Le densità commerciali. Gli impianti dismessi, le aree produttive e commerciali

4.1.2.1. Il commercio

Dalle analisi svolte, sulla base dei dati forniti da Urban Lab e dalla Camera di Commercio, industria e artigianato del Comune di Torino, è emerso che le attività commerciali presenti sul territorio di Torino ammontano a circa 29647. Secondo i dati della Camera di Commercio di Torino, nel 2019 le attività che hanno dichiarato il fallimento su Torino e provincia sono state di circa 244.

Nell'area della provincia di Torino si contano circa 55.821 sedi di imprese[9] (2018), a cui si aggiungono 15.092 unità locali[10], per un totale complessivo di 70.913 localizzazioni registrate. Il settore commerciale è il primo del tessuto imprenditoriale torinese (26,1%); si tratta prevalentemente di piccole imprese con meno di 10 dipendenti (circa il 96%), esse sono

[8](Valutazione integrata dei servizi e dei compromessi degli ecosistemi) insieme di modelli utilizzati per mappare e valorizzare beni e servizi dalla natura che sostengono e soddisfano la vita umana. Aiuta a esplorare come i cambiamenti negli ecosistemi possono portare a cambiamenti nei flussi di molti benefici diversi per le persone.
[5] Le **sedi di impresa**, più comunemente definite sedi legali o sede di una persona giuridica, è il luogo in cui si trova l'organizzazione amministrativa dell'impresa.
[10] Le **unità locali** sono luoghi operativi o amministrativi strettamente subordinato ad una sede legale (ad esempio: un laboratorio, officina, stabilimento, filiale, agenzia ecc.) esso può essere localizzato in luogo diverso da quello della sede principale, nel quale l'impresa esercita stabilmente una o più attività.

concentrate soprattutto nella città di Torino (il 47,7%), e strutturate in maggioranza come ditte individuali (56,6%).

Gli anni della crisi hanno cambiato radicalmente l'andamento del settore, ma hanno influito anche sul comportamento dei consumatori e la creazione di nuovi modelli e soprattutto canali d'acquisto. Negli ultimi anni, si è registrata la chiusura di circa 3.300 unità (-4,5% rispetto al 2012), questo cambiamento può essere imputato al fatto che le sedi imprenditoriali che sono passate a settembre 2017 da oltre 59.700 a poco più di 55.800 (-6,5%), a cui si è invece contrapposta una significativa crescita delle unità locali (+572 unità, ovvero +3,9%).

L'area in cui si sono concentrati maggiormente questi cambiamenti è stata quella della città di Torino, dove tra il 2012 ed il 2017, le attività commerciali hanno subito una progressiva e costante diminuzione (-7,5%). Negli altri territori provinciali le chiusure sono state inferiori: in particolare nell'Area Metropolitana Nord (imputabile principalmente all'area di Settimo Torinese, dove c'è stato un aumento di +79), ha registrato un aumento delle imprese (+121), che ha beneficiato dell'apertura di un'area di vendita outlet commerciale.

Il settore che è stato maggiormente penalizzato è quello del commercio al dettaglio, che rappresenta il 55,2% del comparto (al suo interno è presente anche il commercio all'ingrosso e il commercio di autoveicoli), con la chiusura di oltre 2.550 attività.

Negli ultimi anni il settore più influente è stato quello della ristorazione (ristoranti, bar e altre attività come catering o mense) esso infatti è diventato uno dei settori più dinamici presenti sul territorio: anche se la sua presenza nel comparto rappresenta una quota minore, solo il 7,8% del tessuto imprenditoriale (fine 2017) con quasi 18.500 localizzazioni registrate, di cui 14.691 sedi e 3.807 unità locali, il settore ha realizzato una crescita del +5,1% rispetto al 2012 (+892 esercizi). Questa variazione positiva è da imputare prevalentemente alle unità locali, in particolare alle imprese con sede fuori dalla provincia torinese, che nel complesso sono aumentate del 13,3% rispetto al 2012 a fronte di appena il +3,1% rilevato per le sedi: soprattutto la piazza di Torino risulta dunque essere molto interessante per nuove aperture anche per imprenditori provenienti da fuori provincia.

Il 91% degli esercizi appartenenti a questo settore impiega meno di 10 addetti, rispecchiando così la distribuzione per fascia dimensionale registrata per l'intera provincia, ma la forma giuridica prevalente appare quella delle società di persone (il 45% del totale del settore) a differenza del tessuto imprenditoriale nel suo complesso, dove sono più numerose le imprese individuali (il 46,7% a fronte del 37,9% rilevato per le attività di ristorazione).

Nella ristorazione ad aumentare sono soprattutto i ristoranti (+1.064 unità nei confronti del 2012), la preparazione di cibi da asporto (+322) e la ristorazione ambulante (+67). Per contro i bar hanno accusato una flessione (-369 esercizi) che appare più marcata nel capoluogo torinese rispetto al resto della provincia. In flessione anche la categoria residuale delle mense e dei catering: -94 nei confronti di fine 2012. Sono i ristoranti a conduzione straniera ad ottenere un incremento della consistenza (+467 sul 2012) maggiore rispetto a quello registrato per le altre due componenti imprenditoriali (giovanile +110 e femminile +67).

Come precedentemente anticipato, la pericolosità derivante da fenomeni alluvionali è trattata mediante la sovrapposizione della Mosaicatura ISPRA (2017)[11] delle aree a pericolosità idraulica con la cartografia tecnica digitale di base BDtre, del Comune di Torino e con le attività commerciali presenti all'interno del Comune.

L'area di Torino, secondo la categorizzazione adottata all'ISPRA, rientra in un'unica pericolosità, Bassa – P1, ma a causa dei cambiamenti climatici sempre più evidenti e frequenti sulle condizioni di contesto, la capacità valutativa ha subito notevoli modifiche, influendo particolarmente sulla pericolosità basata sui tempi di ritorno (come la distribuzione e l'intensità dei regimi pluviometrici).

Sulla base dei dati forniti dal Comune di Torino, è stato possibile definire quali sono i settori commerciali presenti sul territorio comunale.

Settori	Numero Numero	Incidenza Incidenza	Settori	
Abbigliamento	117 3,16%	4,63%	Autoveicoli e motoveicoli	80
Alimentari	130 1,03%	5,14%	Bibite	26
Alimentari annessi ad altra attività	14 0,59%	0,55%	Bigiotteria	15
Alimenti biologici	3 0,24%	0,12%	Calzature	6
Articoli funerari	12 0,79%	0,47%	Carburanti	20
Articoli per animali	9 1,11%	0,36%	Cartolerie	28
Articoli per la casa	29 0,20%	1,15%	Casalinghi - Igiene casa e persona	5
Articoli sanitari e ortopedici	9 0,08%	0,36%	Colorificio	2
Articoli sportivi	9 0,08%	0,36%	Complementi d'arredo	2
Audiovisivi	5 0,04%	0,20%	Drogheria	1
Elettrodomestici e/o ricambi	10 1,11%	0,40%	Pasticceria	28
Elettronica	24 0,16%	0,95%	Pescheria	4
Enoteca	6 0,63%	0,24%	Phone center	16
Erboristeria	4 0,40%	0,16%	Pizza al taglio	10
Extralimentari	511 1,66%	20,21%	Profumeria	42
Farmacia	17 0,99%	0,67%	Quotidiani e periodici	25

[11] L'ISPRA realizza la mosaicatura delle aree a pericolosità idraulica perimetrate dalle Autorità di Bacino Distrettuali. La mosaicatura viene effettuata secondo i tre scenari del D. Lgs. 49/2010: pericolosità elevata P3 con tempo di ritorno fra 20 e 50 anni (alluvioni frequenti), media P2 con tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (alluvioni poco frequenti) e bassa P1 (scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi).

Ferramenta	7 0,95%	0,28%	Ricambi auto e accessori	24
Fiori e piante	12 0,04%	0,47%	Sexy shop	1
Fotografia	6 0,59%	0,24%	Supermercato	15
Frutta e verdura	12 1,54%	0,47%	Tabacchi	39
Gastronomia	16 0,99%	0,63%	Telefonia	25
Gelateria	3 0,12%	0,12%	Tessuti	3
Giocattoli	2 5,89%	0,08%	Vendita al dettaglio di cose antiche ed usate	149
Informatica	6 0,20%	0,24%	Vendita non esclusiva di giornali	5
Intimo	5 100,00%	0,20%	**Totale complessivo**	2529
Ipermercato	3	0,12%		
Latteria	3	0,12%		
Librerie	3	0,12%		
Macelleria	37	1,46%		
Minimercato	5	0,20%		
Mista	58	2,29%		
Mobili	52	2,06%		
Negozio con apparecchi automatici	7	0,28%		
Nessuna	666	26,33%		
Non alimentari annessi ad altre attività	13	0,51%		
Non alimentari generici	17	0,67%		
Oggetti preziosi	19	0,75%		
Opere d'arte	6	0,24%		
Ottica	9	0,36%		
Panetteria	27	1,07%		
Panificio	16	0,63%		

Tabella 2 –Le attività commerciali presenti in Torino e la loro incidenza

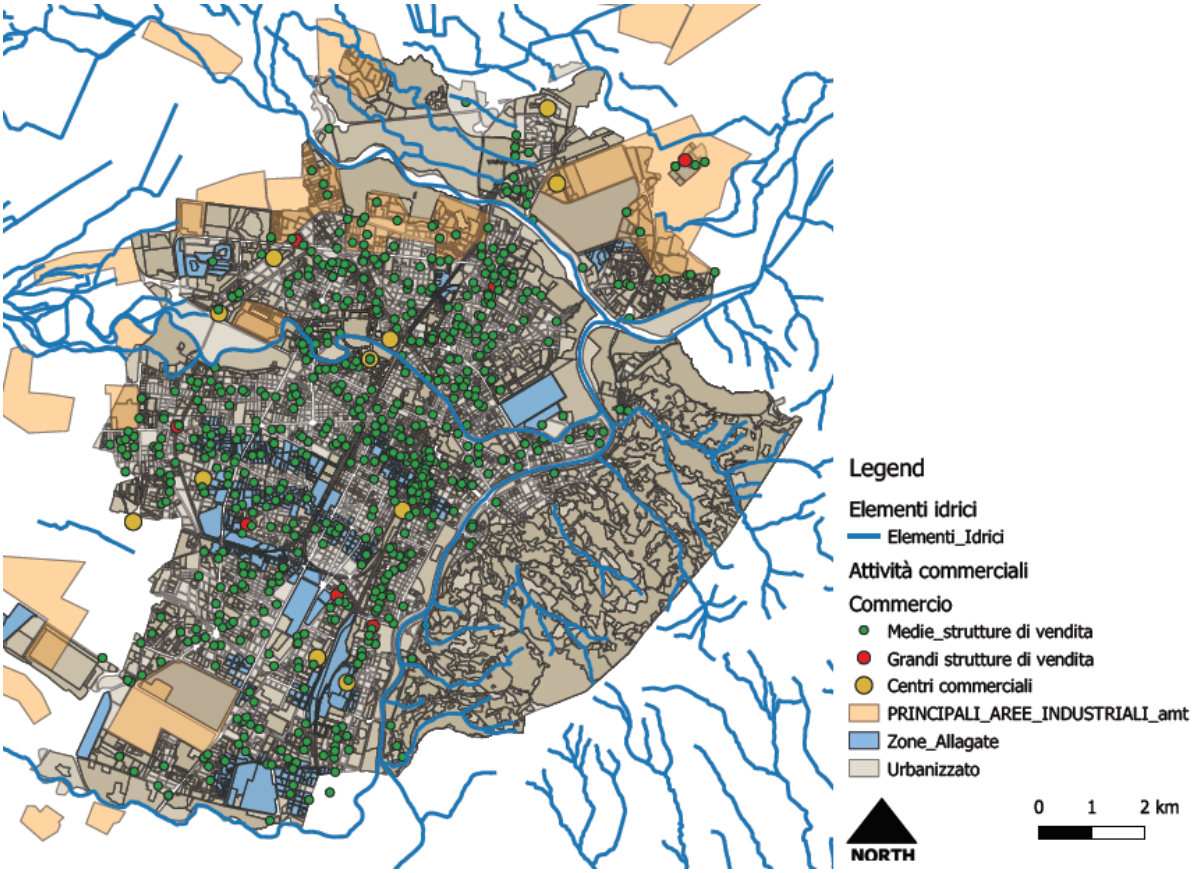


Figura 15 - il rapporto tra la componente idrica e le strutture di vendita

4.1.2.2. I brownfields

La dismissione di impianti produttivi o commerciali è molto comune, sia a causa degli alti costi di smantellamento e bonifica sia a causa della mancanza di funzioni da inserire all'interno di aree così estese. Questi siti, vengono anche definiti "brownfields", nel contesto legislativo italiano è inserito all'interno Codice dell'Ambiente 152/2006; all'interno del codice esso non trova una definizione univoca, ma lo si può intendere come un sito inquinato rispetto ai valori concentrazioni soglia di rischio. Queste sono aree in precedenza utilizzate per industrie, aree militari o commerciali, sono spesso molto inquinati e rischiosi per la salute delle comunità limitrofe a causa del degrado causato dalla dismissione e l'abbandono. Molto spesso sono collocati in aree limitrofe a centri abitati o dentro ai centri urbani, quindi rappresentano aree vulnerabili se lasciati allo stato di abbandono, ma allo stesso tempo possono diventare una grande opportunità in caso di riuso e riqualificazione. La maggior parte di essi sono di proprietà privata e questo rende più difficili le procedure di risanamento e rifunzionalizzazione, ma è anche possibile trovare strutture pubbliche o miste. Quando si incontra il limite della proprietà privata è fondamentale un forte intervento della pubblica amministrazione, puntando sulla promozione di interventi che fanno parte degli obiettivi della strategia Europa 2020: tra le azioni eco-compatibili per la crescita economica rientrano anche gli interventi di riqualificazione delle aree dismesse rientra (*green solution for economic growth*). Gli interventi di riqualificazione di queste aree sono fondamentali a livello urbano in quanto portano benefici a livello ambientale attraverso le operazioni di bonifica, accrescendo

anche la qualità della vita, ma creano opportunità e posti di lavoro, incentivando un'economia sostenibile.
Il tema riveste un ruolo importante sia sul piano ambientale che su quello economico e la programmazione a livello europeo necessiterebbe di una conoscenza più approfondita e aggiornata. Secondo le stime dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA) i dati sui siti contaminati sono pochi e difficilmente reperibili, in quanto manca una vera e propria standardizzazione della definizione di queste aree per tutti i Paesi membri.

All'interno del processo un ruolo importante spetta agli studi sugli impatti sull'ambiente, sulla salute e sull'economia delle aree interessate dall'intervento. Gli effetti sulla salute possono essere stimati utilizzando un modello VIS (Health Impact Assessment), che valuta ex-ante gli impatti negativi e positivi del non intervento ed in seguito dell'intervento, l'obiettivo principale di quest'analisi è diminuire l'esposizione al rischio tra cittadini, oltre a considerare le condizioni socio-economiche, culturali e di opportunità. I valori presi in esame rientrano nelle strategie comunitarie che raccomandano l'inclusione degli stakeholders, soprattutto nelle fasi iniziali di valutazione in quelle finali di esposizione dei risultati e poi di monitoraggio.

Problemi ed ostacoli strutturali a livello nazionale:
· La mancanza di un programma di riqualificazione regolamentato a livello nazionale, che comporta scarse informazioni a livello amministrativo, legale e tecnico e differenze tra le diverse regioni;
· Mancanza di partecipazione della comunità interessata, questo porta ad avere una forte componente di interessi privati, che sovrastano la parte pubblica;
· La scarsa conoscenza della tematica fa sì che gli investitori privati non conoscano i costi e le tempistiche legate ad un intervento di riuso, ma allo stesso tempo che non conoscano anche i vantaggi che comporta un intervento di riutilizzazione e scelgano per la localizzazione di attività economico/industriali in aree greenfields, con gravi ripercussioni a livello ambientale.
· Il prolungato stato di abbandono e di degrado fisico di queste aree porta a elevati costi per la loro riutilizzazione;
· Una delle principali problematiche legate al riuso dei siti dismessi è collegata al valore d'uso con cui quell'area è indicata all'interno del PRG; infatti, c'è la possibilità che un'area sia indicata all'interno del Piano con un uso più remunerativo (come commerciale o residenziale), questo provoca un aumento del valore di mercato dell'area a cui il proprietario non vuole rinunciare. Allo stesso tempo, la dismissione del tessuto industriale continua, in quanto gli altri operatori aspettano un crollo del valore immobiliare per poter investire nell'area. Questo difficilmente avverrà in quanto non è possibile deprezzare l'area finché il PRG manterrà un uso del suolo più remunerativo;
· La crisi economica del 2008 ha influito anche dal punto di vista della sostenibilità, in quanto ha rallentato il processo di recupero dei brownfileds visto il crollo del mercato immobiliare. Inoltre, tutti i procedimenti di acquisizione di queste aree avvenute precedentemente al 2008, oggi gravati da quadri economici deboli, a causa delle valutazioni economiche ed immobiliari superficiali fatti per poter ridimensionare i profitti; Questo ha portato a drastiche riduzioni delle superfici fondiarie o all'inattuabilità degli interventi.

D’altra parte, la Legge Regionale 106/2011, con lo strumento della deroga, ha previsto degli incentivi per la riqualificazione dei brownfields: si tratta di uno strumento legislativo per incoraggiare la riqualificazione del patrimonio esistente favorendo gli interventi in deroga al PRG. Si tratta di interventi che mirano alla rivitalizzazione urbana, lasciando una grande discrezionalità ai privati di esporre parametri e destinazioni d’uso che possono divergere dal piano.

La legge regionale riconosce tre ambiti di attuazione:
- **ottimizzare il patrimonio edilizio già esistente**;
- **riqualificare le aree urbane degradate**, inserendo all’interno di tessuti edilizi disorganici e/o incompiuti funzioni nuove ed eterogenee;
- rilocalizzare gli **edifici a destinazione non residenziale dismessi o in via di dismissione**.

Questo strumento della deroga offre la possibilità inoltre, di trarre vantaggi sia per gli operatori privati sia per l’ente pubblico. Infatti, mentre, per il privato si tratta di ottenere delle premialità urbanistiche contrariamente da quanto disposto dal PRG, il pubblico ne ricava un vantaggio fiscale, in quanto il privato, per poter realizzare l’intervento, dovrà versare un extra onere al fine di acquisire il permesso di costruire.
La legge regionale piemontese, con l’istituzione della deroga, visti i rispettivi vantaggi economici che offre, si impegna a sostenere ed incoraggiare gli operatori privati che vogliono investire in procedure di riqualificazione e a sostenere una politica che si impegna a reimpiegare risorse pubbliche per realizzare aree a servizio pubblico. Questa legge si pone come fine ultimo la promozione e il riutilizzo dei siti abbandonati ed in stato di degrado, che secondo strumenti urbanistici tradizionali e politiche fiscali sembrerebbero non adatti al riutilizzo.

La deroga offre uno spunto innovativo ma provvisorio, in attesa di una normativa organica nazionale, in grado di regolamentare l’intero procedimento.

Il processo di riqualificazione e riuso dei brownfields si svolge a livello locale, in quanto è un fenomeno promosso a livello comunale con l’apporto di operatori privati sempre più diffuso nelle città ex industriali localizzate nel nord Italia. L’elevata presenza di siti dismessi localizzati all’interno dei tessuti urbani è vista a livello comunale come una grande opportunità per avviare processi di trasformazione urbana basati su una forte collaborazione pubblico-privato; anche se il ruolo della comunità ad oggi è ancora debole rispetto alle aspettative di profitto degli operatori privati.

Quando ci si trova di fronte ad un immobile, soprattutto di grandi dimensioni, è necessario innescare un percorso pianificato di riqualificazione, in modo tale da restituire una nuova funzione a questi vuoti urbani a rischio degrado. Ad oggi le esigenze della società sono mutate e bisogna cercare di restituire nuova vita a questo patrimonio edilizio, in modo tale da riscontrare degli effetti positivi anche sul territorio, in termini di crescita economica, sociale ed offrendo una maggiore sicurezza.

4.1.3. Le densità urbane

La maggior parte, se non la totalità, dell'edificato dismesso è semplicemente in attesa di un cambio favorevole delle condizioni economiche per poter attuare la sua trasformazione. Il problema di fondo è che, con il passare del tempo, questo patrimonio si deteriora lentamente ed inevitabilmente, aumentando così lo spreco. Questo dispendio si ripercuote sul *piano ambientale*, in quanto si continuano ad occupare terre libere e fertili per realizzare nuovi edificati, diminuiscono le potenzialità dell'ambiente, con conseguenze sulle superfici agricole, aumenta lo sprawl, causando una dispersione sociale ed un aumento della mobilità. A livello economico, si potrebbe contenere lo spreco fornendo l'opportunità agli operatori privati di riutilizzare, anche in forma temporanea, gli edifici dismessi, in questo modo si fornisce loro la possibilità di investire maggiormente sulle attività piuttosto che sulle strutture. Inoltre, si ha un dispendio energetico causato dalla realizzazione di nuove costruzioni, per lasciare inutilizzata quella quota di patrimonio dismesso esistente. Infine, si constato uno spreco culturale, tralasciando il valore storico culturale testimoniale che presentano molti edifici inutilizzati (Paolella, 2015).

Il patrimonio edilizio dismesso è un bene di proprietà privata, ma ciò che ne deriva da questo abbandono è un danneggiamento di tutta la collettività, un danno a livello sociale. Partendo da questo concetto, si apre una possibilità di intervento concreta, l'intervento della collettività può riempire questo spazio abbandonato e al tempo stesso colmare le esigenze della società; il social housing[12] è una delle possibili risposte ad un problema che all'interno del tessuto urbano si sta espandendo esponenzialmente. L'offerta immobiliare in questo settore è costituita da strutture obsolete, con standard strutturali e dotazioni energetiche inadeguate, risulta quindi difficile un diretto riutilizzo. È quindi necessario intervenire, anche con interventi parziali, per aprire opportunità a questi immobili in modo da impiegarli in ambito sociale, valorizzandoli in modo tale da inserire al loro interno funzioni quali *co-working*, *social housing*, *student housing*, *hostelling* e *co-living*. Questi immobili possono essere recuperati con interventi che sono in grado di contribuire alla rigenerazione urbana e offrire un nuovo modo di vivere gli spazi, nell'ottica dei nuovi obiettivi delle *smart cities*.

Il problema di fondo, come già detto, è la mancanza a livello nazionale; l'obiettivo è chiaro, ma mancano gli strumenti per fare in modo che le amministrazioni e i singoli operatori possano operare. Non c'è una normativa volta a promuovere e semplificare i processi di riqualificazione del patrimonio immobiliare esistente ed attualmente dismesso.

Guardando al futuro, secondo uno studio di Cristiano Radaelli di Planet Idea[13], si stima che entro il 2025 nel mondo, il numero di famiglie colpite da disagi abitativi raggiungerà i 440

[12] «Il mondo che ruota intorno al social housing (che include anche lo student housing) muove circa 3miliardi di euro, di cui 2 allocati nel fondo nazionale. Di questi oltre la metà sono destinati a 214 progetti - di cui 130 già realtà concrete, con 6000 alloggi e 3mila posti letto (il 10% destinato a 12 strutture di student housing). L'84% di questi interventi sono di brownfield»(Paola Delmonte, chief business development officer di CDP – Cassa Deposito e Prestiti-) da "Il sole 24 ore" del 18 Ottobre 2019 di Evelina Marchesini.

[13] società che si occupa di "affordable housing"

milioni circa. Questo vuol dire che quasi 1,6 miliardi di persone abiterà case inadatte, insicure e con gravi problemi di sovrappopolazione.[14]

La densità abitativa, o densità di popolazione, determina il numero di abitanti per chilometro quadrato. Il valore si calcola rapportando il numero di abitanti di uno specifico territorio con la superficie del territorio stesso (espressa in km²).

La densità abitativa media nel comune di Torino, intesa come rapporto tra popolazione residente e superficie territoriale, è di 6.736 abitanti/km².

4.1.3.1. Le infrastrutture e la mobilità veicolare

Le città non sono più costruite a misura dell'uomo, ma si basano sul dualismo edificio-strada, che favorisce lo spazio pieno rispetto al vuoto, considerato una matrice di scorrimento a servizio della mobilità veicolare che popola le nostre città.

Sono ormai anni che si cerca di muoversi verso una mobilità sostenibile attraverso l'adozione del PUMS, offrendo servizi di bike sharing, agevolazioni per gli abbonamenti al trasporto pubblico e la realizzazione di una linea metropolitana. Ma questi interventi hanno portato a pochi progressi concreti. È necessario intervenire sulla redistribuzione dello spazio pubblico, in modo tale da diminuire lo spazio costruito per la circolazione veicolare e restituirlo all'uomo.

I dati di Torino dimostrano che negli ultimi anni è in atto un cambiamento, anche se lento, si è registrato un incremento del numero dei passeggeri che utilizzano il trasporto pubblico, come la possibilità di impiego di mobilità ciclabile. Questo spiraglio fa emergere la mancanza di un piano strategico sistemico, che coinvolga la totalità dei mezzi di trasporto rischia di far svanire i progressi finora registrati.

Analizzando la distribuzione della mobilità della città di Torino l'automobile resta il mezzo più utilizzato (circa il 44%), questo trend che è stato fortemente influenzato dal passato economico della città è altalenante dagli anni 90 e solo negli ultimi anni ha subito un lento calo. Approfondendo il tema della mobilità veicolare, risulta che gli spostamenti nell'area della città di Torino sono quasi per la metà interni al capoluogo, è evidente che l'automobile è un mezzo molto utilizzato anche per percorrere brevi distanze; per questo motivo è molto importante lavorare su politiche di ridefinizione dei tracciati dei mezzi pubblici, in quanto solo in questo modo sarà possibile indurre degli effetti diretti sulle scelte di mobilità.

Dato l'impatto così significativo si è provveduto a calcolare l'impatto della rete infrastrutturale veicolare sul totale della superficie comunale. La rete stradale presente nel comune di Torino occupa circa 16,85 km² su una superficie totale di 130,2 km².

[14] Per contrastare queste problematiche, la città di Milano ha avviato il progetto ReDo, grazie al quale è possibile associare l'idea progettare in chiave *smart* unita alla componente *social,* provando che l'innovazione tecnologica è una componente chiave per la realizzazione di questi interventi, offrendo progetti efficienti, riconoscibili ed interconnessi.

Figura 16 - Gli spostamenti nella città di Torino

Analizzando il tema dei trasporti della città di Torino è doveroso evidenziare che la distribuzione della rete di trasporto pubblico rapportata al migliaio di abitanti presenti è molto limitata rispetto ad altre realtà italiane o europee. Questa carenza deriva anche dalla presenza di un'unica rete metropolitana, infatti la percentuale di utilizzo dei trasporti pubblici si aggira intorno al 20% (AMP).

Nel 2006, dopo circa sei anni di lavori, è stata inaugurata la linea metropolitana M1, con un'estensione di 13,2 km. La sua attuazione ha portato un notevole cambiamento nella mobilità torinese, il suo utilizzo è cresciuto esponenzialmente da allora, raggiungendo i 40 mila passeggeri nel 2015 (GTT, 2016). Il limite di una sola linea è però un evidente problema a scala urbana, in quanto non riesce a raggiungere molte zone della città, come i quadranti nord-est e sud-ovest, che restano totalmente privi di un sistema di mobilità veloce. Nell'ultimo anno, il Comune di Torino ha mosso notevoli passi verso la realizzazione di una linea M2, che vada a colmare la distribuzione non equilibrata della linea M1.

4.1.3.2. Le infrastrutture e la mobilità dolce

I centri storici e le aree periferiche della città sono quello dove è possibile osservare la scarsa qualità e quantità della mobilità pedonale e ciclabile.

La mobilità dolce della città di Torino presenta un sistema non unitario, secondo i dati dell'Agenzia Metropolitana della Mobilità poco più del 3% degli spostamenti che avvengono sul territorio comunale avvengono su due ruote; negli ultimi anni si è registrato un lievissimo aumento dell'utilizzo della mobilità ciclabile, questo deriva dal fatto che la rete ciclabile risulta frammentata e non sufficiente a supportare un sistema di mobilità urbana, con una copertura di circa 5 metri lineari per 100 abitanti.

L'attuale rete ciclabile dell'area metropolitana di Torino copre circa 0,25 km² dei 130 km² di superficie comunale, con percorsi e piste (contro i 16,85 km² di viabilità veicolare), un sistema che attraversa parchi, costeggia infrastrutture viabili e percorre l'area urbana verso i principali punti di attrattivi della città. Si delinea in questo modo un sistema che, dal punto di vista teorico di larga scala, pare funzionale, ma se analizzato seguendo i confini urbani restituisce un quadro critico ed inadeguato nei confronti dei brevi spostamenti. I limiti di questa rete di trasporto risultano essere: la generalizzata frammentazione e l'inadeguata qualità del tracciato (buche, binari dei tram, precedenze negate e inadeguatezza dei controviali e asfalto dissestato) e l'esclusione di molte zone del tessuto consolidato tra cui alcune aree centrali. Spesso queste carenze vengono registrate anche sui tracciati pedonali, che vengono sacrificati in favore della carreggiata stradale.

Il tema della mobilità sostenibile inizia ad essere molto rilevante per la città di Torino, ma allo stesso tempo sta incontrando notevoli ritardi e carenze. Nel 2013 la città di Torino ha approvato il Biciplan, uno strumento operativo che si pone l'obiettivo di promuovere lo sviluppo della mobilità ciclistica urbana, raggiungendo la soglia del 15% degli spostamenti ciclabili nel corso di 10 anni (partendo dal 3% nel 2013) stilando una lista di azioni ed interventi prioritari. Il piano prevede una serie di misure mirate a ricucire un sistema ciclabile frammentato, introducendo corsie preferenziali, zone 30 e l'aumento della rete dagli attuali 190 km a circa 300 km. Da ciò emerge che il primo passo per migliorare la mobilità dolce nel contesto urbano è la questione viabilistica, è necessario potenziare la rete sia dal punto di vista quantitativo sia qualitativo, in modo da offrire un sistema a livello metropolitano in grado di sostenere le politiche ambientali della città metropolitana.

Oltre alla mobilità ciclabile è stata analizzata anche quella pedonale, che sul territorio comunale (130 km²) occupa circa 6,52 km² con aree pedonali e marciapiedi.

4.2. I rischi urbani

4.2.1. Il rischio idrogeologico

I territori urbani sempre più frequentemente sono colpiti da fenomeni di precipitazioni violente e concentrati, lasciando lunghi periodi di siccità. I fenomeni di piogge violente causano fenomeni di esondazioni collegati a numerosissimi danni ad aree residenziali e ad attività produttive.

Il concetto di *rischio idrogeologico* si intende l'eventualità del verificarsi di un evento calamitoso estremo come ad esempio un'alluvione, una frana o una valanga, con ripercussioni a livello antropico ed ambientale. In generale, si intendono tutti i danni reali o potenziali derivanti dall'evento atmosferico straordinario.

A causare questi fenomeni estremi possiamo individuare dei fattori di origine naturale o antropica, in generale I fattori che determinano la formazione di questi fenomeni estremi sono di origine naturale e antropica, generati dagli insediamenti urbani sempre più impermeabilizzati, dal disboscamento e l'uso intensivo dei fondi agricoli.

Il rischio maggiore per quanto riguarda il territorio italiano è il *dissesto idrogeologico*, esso infatti, è causato dalla compresenza e dall' interconnessione dei fattori scatenanti, uniti ad un alto tasso di impermeabilizzazione del suolo e alla forte presenza di territori collinari e montani.

La frequenza e l'intensità sempre maggiori di questi fenomeni causano danni sempre più consistenti al territorio, all'economia e all'uomo, affermando la necessità di opere ed interventi di arginatura e strategie di prevenzione del rischio, non solo più allo scopo di riparare il danno, ma al fine di prevenire e ridurre il fenomeno.

All'interno dei contesti urbani fortemente antropizzati si manifestano sempre maggiormente gli effetti di questi dissesti idrogeologici; la principale criticità all'interno di questi contesti è

la gestione delle acque piovane in eccesso, non che la pressione che esse determinano sui corsi d'acqua in ambito urbano e non.

Ad inizio del Novecento, le trasformazioni per contrastare l'incremento del processo di urbanizzazione, si è trasformata in azioni di tombature parziale o totale dei corsi d'acqua, cementificando le sponde e i letti della rete idrica. Questa carenza di progettazione delle opere di drenaggio delle acque superficiali ha portato ad un conseguente incremento notevole del rischio idrogeologico in ambito urbano.

Quello che comunemente conosciamo come naturale ciclo delle acque, in ambito urbano, è stato totalmente denaturalizzato.

Figura 17 - Il ciclo delle acque

Per ottenere una corretta gestione sostenibile delle risorse, la prima componente su cui bisogna agire è la componente idrica. Quando l'acqua viene filtrata dal suolo, nel suo percorso verso il corpo idrico sotterraneo o verso il sistema fognario, tende a diminuire la sua portata, abbassando a sua volta il rischio di esondazione del corso d'acqua o della rete fluviale, questo sia in un contesto urbano sia in uno rurale. In ambito urbano, il suolo è per la maggior parte impermeabilizzato, quindi non è in grado di fermare o rallentare il corso dell'acqua, che insistente a scorrere sulla superficie finché non incontra uno scolo, verso un fiume o verso un sistema fognario, nei casi estremi il sistema arriva al punto di collasso. Inoltre, il suolo, ovvero il primo metro della crosta terrestre, ha un ruolo fondamentale per quanto riguarda la fissazione del carbonio, in quanto grazie alle sue componenti organiche e vegetali, ha una capacità di trattenimento della CO_2 nettamente maggiore rispetto a quella delle piante e dell'atmosfera unite.

L'impermeabilizzazione dei suoli in ambiente urbano, inoltre, influisce negativamente sulla componente idrica in quanto va ad alterare l'effetto di evapotraspirazione del suolo, quindi la quantità d'acqua che per effetto della traspirazione, in stato di vapore, passa dal terreno all'aria, sfruttando la presenza di piante nel terreno e dell'evaporazione. Questo fenomeno, in un contesto urbano, dove il cemento ha preso il posto del terreno crea gli effetti dell'isola di calore, arrecando rischi per la salute umana a causa delle eccessive temperature.

Inoltre, la presenza di suolo naturale è sinonimo di biodiversità, sia per la forte presenza di vegetazione e fauna al suo interno, sia per il sostentamento che il suolo fornisce all'uomo per l'alimentazione, la riproduzione e il riparo, sia per il suo ruolo di sequestro e di stoccaggio di carbonio da parte di microrganismi presenti nel suolo.

A livello paesaggistico, per il mantenimento della qualità ambientale è necessaria una buona connettività ecologica. La connettività ecologica[15] ai diversi livelli (regionale, nazionale e trans-nazionale) è la prerogativa minima fondamentale per il sostentamento delle faune selvatiche e un habitat di qualità. La presenza di infrastrutture antropizzate (quali le reti stradali, impianti industriali, aree urbanizzate e strutture di ricezione) hanno forti ripercussioni sugli habitat naturali, causandone la loro frammentazione. Inoltre, la presenza di legislazioni diverse in stati confinanti causa un'ulteriore frammentazione degli habitat, in quanto crea limiti invalicabili alla connettività ecologica e alla fauna selvatica, creando anche spiacevoli condizioni di potenziale conflitto con l'uomo.

Per una corretta gestione del rischio idrogeologico sono necessarie delle strategie efficaci e resilienti che valutino anche i fattori scatenanti, devono presentare un piano di azioni e misure alle diverse scale spaziali e temporali, che presentino azioni puntuali che siano in grado di costruire un sistema efficace e reticolare di gestione delle acque meteoriche. Questo può avvenire solo con azioni il più possibile naturali ed il più possibile integrate col sistema acquifero e dei corsi d'acqua. Questo sistema punta a generare un ecosistema fluido ed in evoluzione, in grado di restituire al suolo la condizione di autoregolamentazione.

Da questo è possibile evincere che la gestione dell'acqua in ambito urbano, necessita di forti attenzioni sia ingegneristiche sia, soprattutto, di pianificazione paesaggistica e partecipazione attiva; per ottenere una infrastruttura blu resiliente e sostenibile in ambito urbano è necessario combinare al suo interno la funzionalità e la biodiversità.

Il concetto "rischio territoriale" è complesso e multidimensionale. Adottando un approccio alla lettura del territorio di stampo sistemico è possibile individuare due elementi di descrizione del rischio: la vulnerabilità, cioè l'insieme dei fattori che favoriscono la probabilità di un sistema a subire danni a seguito del manifestarsi di un evento negativo e la resilienza, cioè l'abilità – riferibile a qualsiasi organismo, individuo od organizzazione – di fronteggiare e riprendersi dall'effetto di un'azione perturbante prodotta da un evento negativo. In questo lavoro si ipotizza la costruzione di uno schema di rappresentazione del rischio territoriale, secondo la griglia di lettura vulnerabilità/ resilienza, declinandolo successivamente nelle tre dimensioni della sostenibilità: l'economia, la società e l'ambiente (Graziano 2013). A ciascuna componente della vulnerabilità e resilienza del territorio sono collegati alcuni indicatori, seguendo una sequenza logico-operazionale adatta a misurare un concetto complesso. Il modello definito viene verificato attraverso uno studio sulle province italiane. A partire da un dataset composto da 68 variabili elementari (con un intervallo temporale dal 2007 al 2013) si applica una metodologia di sintesi a "stadi successivi" (Graziano 2013, Graziano e Rizzi 2013, Lel 2012) che utilizza tecniche statistiche multivariate, per giungere a un sistema di indicatori e indici sintetici che descrivono la geografia della vulnerabilità e resilienza delle province italiane.

[15] una disciplina scientifica il cui fine è di permettere la convivenza tra fauna selvatica e esseri umani, sviluppando una rete integrata di strade, aree industrializzate, aree verdi e corridoi ecologici. Una funzionante connettività ecologica permette all'ecosistema di continuare a fornire i servizi di cui noi beneficiamo ogni giorno, spesso senza saperlo (aria ed acqua pulite, foreste, suolo, bellezza paesaggistica, ecc.).

Nell'ambito delle scienze regionali il concetto di rischio territoriale è stato accostato al tema della "capacità di carico" di un sistema locale, adottando un approccio di analisi che presuppone l'identificazione di uno specifico disturbo o una classe di eventi perturbanti. Quando la probabilità che si manifestino eventi specifici è sconosciuta e risulta difficoltoso

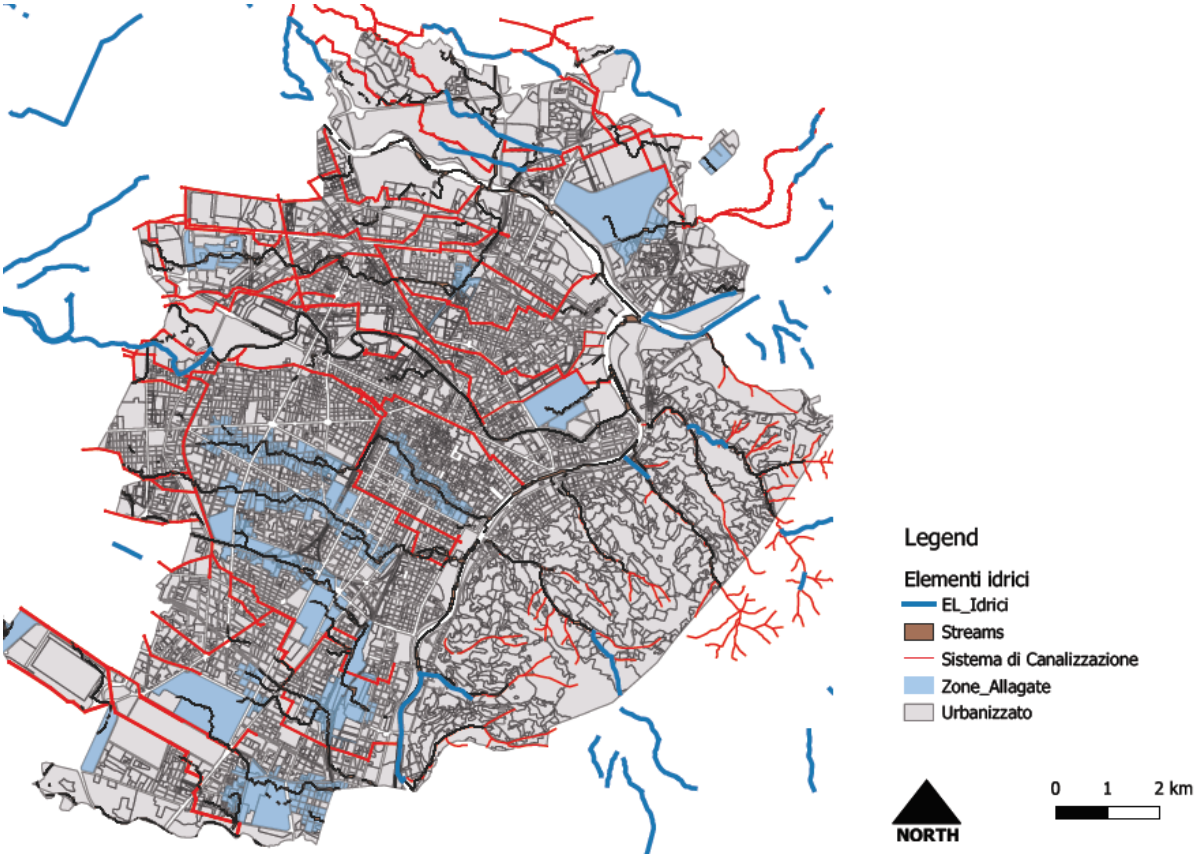


Figura 18 - Gli elementi idrici e le zone allagate

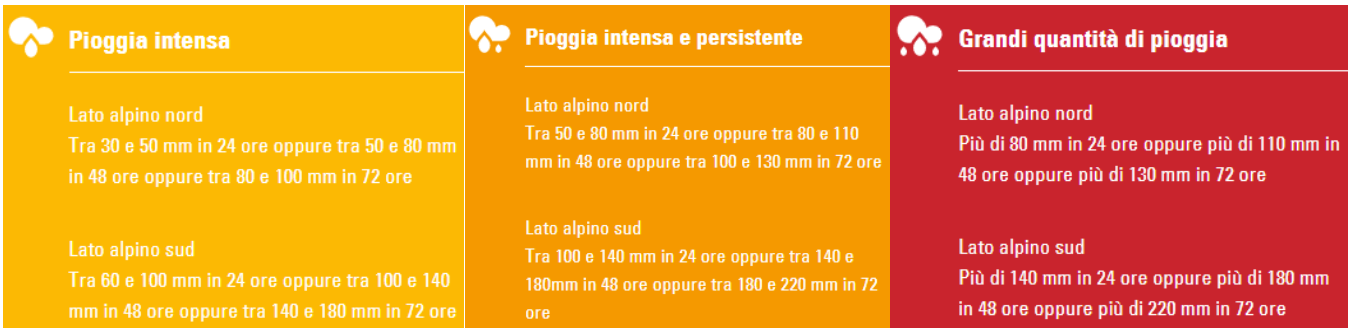
riconoscere chiaramente i punti di soglia del sistema, è auspicabile una fase iniziale di individuazione di tutti gli elementi dell'organizzazione di un sistema territoriale che incidono positivamente e negativamente sulla sua capacità di fronteggiare e rispondere all'impatto di un evento inatteso. Si definisce pertanto un framework teorico concettuale del rischio territoriale, a partire dagli schemi di rappresentazione suggeriti dalla letteratura sulla fragilità dei sistemi territoriali, secondo cui tale grandezza è correlata positivamente a fattori di vulnerabilità e negativamente a fattori di resilienza. Si individuano le componenti di questi concetti complessi e multidimensionali, implementando una strategia di rappresentazione quantitativa a tre dimensioni, corrispondenti alla tre sfere della sostenibilità: economia, società e ambiente.

4.2.2. Il fenomeno delle piogge intense

I fenomeni di piogge intense sono conseguenze dirette dei cambiamenti climatici. Esse consistono in grandi quantità di pioggia concentrate in un breve periodo che possono costituire un pericolo per le persone e causare danni materiali. Si definiscono tali le forti precipitazioni a partire da una quantità di 5 litri/m² in 5 minuti oppure 17 litri/m² in un'ora. Questi valori soglia non sono strettamente vincolanti, ma costituiscono un orientamento. Costituiscono elementi fondamentali nella stima dei potenziali danni, oltre alla quantità delle

precipitazioni, anche gli antefatti metereologici, quindi l'intensità e la durata della pioggia. Per svolgere queste analisi è inoltre necessario valutare la posizione e la topografia dell'area interessata, a prescindere dalle costruzioni antropiche, ed in seguito considerandole. È possibile distinguere tre livelli (o allarmi) di precipitazioni forti:

Uno dei fattori che più influenzano questi fenomeni di precipitazioni forti sono le temperature elevate e le condizioni del vento nell'atmosfera, se la zona delle nuvole è soggetta a forte



turbolenza, le gocce restano all'interno della nuvola per un periodo maggiore, così facendo esse aumentano notevolmente di dimensione. Questo fenomeno può avvenire attraverso diversi processi, il più comune è la collisione con altre gocce; una volta raggiunta una certa dimensione, le gocce tendono a cadere sotto forma di gocce di pioggia. Se però, intorno alla nuvola, è presente un fenomeno di vento a forte velocità esse, invece di cadere dalla nuvola, vengono spinte all'interno di essa. Questo porta ad un ulteriore aumento della dimensione delle gocce; se la forza di gravità delle gocce supera la corrente ascensionale, esse cadono verso il basso. Queste gocce però presentano dimensioni notevolmente più grandi delle normali gocce, quindi raggiungono il suolo ad alta velocità sotto forma di forti precipitazioni.

Possono causare questo fenomeno anche le condizioni di bassa pressione (ostruzione di un fronte caldo o freddo), questo porta ad una precipitazione frontale forte. Questo è molto comune in stagioni di transizione, come la primavera o l'autunno. Esse possono però manifestarsi, sotto forma di precipitazioni intense convettive, anche in situazioni di alta pressione nel periodo estivo: in questa situazione intervengono le stratificazioni verticali dell'area, le condizioni del vento e il tasso di umidità.

Il periodo meno soggetto a questo tipo di fenomeno è quello che va da fine ottobre ad inizio marzo, in quanto la massa d'aria è troppo fredda per poter assorbire il vapore acqueo e l'acqua liquida in grandi quantità.

Gli effetti di questi fenomeni di precipitazioni intense variano a seconda della tipologia di terreno, varia in base alla misura del suolo, dal suo grado di assorbimento e alla sua capacità di drenare l'acqua. Le regioni aride, rispetto a quelle umide, sono le più sensibili a questo fenomeno.

Inoltre, le precipitazioni intense possono portare ad inondazioni, aumentando notevolmente la quantità d'acqua all'interno dei percorsi idrici e causare danni ad edifici e strade.

4.3. La misurazione della vulnerabilità idraulica del Comune di Torino

La misurazione è uno dei requisiti fondamentali per la conoscenza olistica delle dinamiche spaziali. A livello internazionale, sono stati indicati differenti approcci di misurazione della vulnerabilità per la valutazione, la pianificazione e lo sviluppo della tematica della resilienza. Le metodologie utilizzate fino ad oggi presentano modelli di misurazione della resilienza basati su indicatori di facile misurazione, piuttosto che su quelli di maggiore importanza per l'evoluzione della tematica.

La vulnerabilità idraulica in una città densamente urbanizzata come Torino èlegato a fenomeni di pioggia intensa; inserire un evento di assoluta eccezionalità all'interno di un sistema urbano complesso che soffre di una forte sensitività intrinseca ad ogni pericolo idrogeologico.

Il tessuto urbano di Torino è densamente impermeabilizzato, in alcune delle zone produttive raggiunge il 100%, in esse qualsiasi fenomeno di precipitazioni di una certa intensità può provocare un rischio di allagamento in diversi punti della città.

Il sistema antropico ha un fortissimo impatto sul sistema ecologico e paesaggistico. Il tasso del suolo impermeabile è stato determinato attraverso i dati del file *Imperviousness* che stima che circa l'88% dei terreni urbani è impermeabile. Questo livello determina un notevole livello critico, in quanto il territorio urbano è costituito per quasi il 90% da materiali impermeabili ed espongono il suolo ad un completo degrado, ciò comporta un rilevante aumento del rischio idrogeologico e del deflusso superficiale che può essere aggravato da fenomeni di piogge intense. L'attuale strumento di pianificazione urbana della città di Torino, approvato nel 1997 e aggiornato negli anni con diverse varianti, l'ultima nel 2016, ha esaurito la sua capacità di costruzione e la sua efficacia. È quindi necessaria una revisione del documento, che punti ad individuare le zone che devono essere completate, con interventi diretti e con zone di nuova espansione.

I processi di alterazione dei suoli sono in grado di alterarne la qualità, alcuni di questi sono la compattazione, la desertificazione, la salinizzazione e la perdita di sostanza organica. L'impermeabilizzazione del suolo rappresenta una delle forme di degrado più estrema, in quanto costituisce una delle forma di alterazione più significative (Ronchi *et al.*, 2019).

Il consumo di suolo rappresenta una trasformazione irreversibile del suolo, infatti rappresenta una trasformazione che non consente un ritorno alla "naturalità" originaria del suolo (Setälä *et al.*, 2014). Il consumo di suolo è considerato un processo non sostenibile, poiché impedisce che il suolo possa essere riutilizzato per funzioni non antropiche in tempi brevi (Salata & Gardi, 2014).

Questo fenomeno inizia a mutare; infatti, iniziano ad emergere diverse prerogative secondo cui i suoli urbani possono essere influenzati dalla "condizione urbana" planetaria (Brenner, 2002) che ripensa ad un modello più ampio per la classificazione degli usi e delle coperture del suolo, generando una "fluidità" tra il carattere antropico, quello agricolo e quello naturale dei terreni (Salata, 2019). Il modello *"suolo antropizzato uguale al suolo consumato"* è divenuto restrittivo rispetto ad alcune pratiche di de-sigillazione, un processo difficile,

		Descrizione	Uso del suolo (mq)	Indice di copertura (%)	Impermeabilizzazione (mq)	Impermeabiliz. (%)
SUOLO ANTROPIZZATO (suolo consumato - scala regionale e città metropolitana)	SUOLO URBANIZZATO (suolo consumato alla scala urbana)	Tessuto urbano continuo e denso	20.634.623,61	15,87%	19.506.339,73	94,53%
		Tessuto urbano continuo e mediamente denso	17.082.553,95	13,13%	13.821.398,31	80,91%
		Tessuto urbano discontinuo	12.134.627,07	9,33%	7.367.437,89	60,71%
		Tessuto urbano rado	1.120.608,72	0,86%	533.059,31	47,57%
		Zone industr., comm.li e reti di comunicazione continue e dense	9.548.594,92	7,34%	9.543.626,42	99,95%
		Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione discontinue	1.992.460,38	1,53%	1.882.251,38	94,47%
		Reti stradali e spazi accessori	11.403.283,38	8,77%	9.421.082,06	82,62%
		Reti ferroviarie e spazi accessori	655.141,75	0,50%	507.026,81	77,39%
		Aree estrattive, discariche e cantieri indifferenziati	243.628,00	0,19%	209.027,70	85,80%
		Aree estrattive	294.292,00	0,23%	291.120,02	98,92%
		Discariche e depositi di cave, miniere e industrie	832.652,00	0,64%	118.045,69	14,18%
		SUOLO URBANIZZATO	75.942.465,78	58,39%	63.200.415,32	76,10%
	AREE VERDI URBANE	Aree verdi artificiali non agricole indifferenziate	19.330.474,50	14,86%	7.783.982,30	40,27%
		Aree verdi artificiali	3.573,70	0,00%	94,06	2,63%
		Cimiteri	885.612,00	0,68%	885.132,85	99,95%
		Impianti sportivi	931.192,26	0,72%	145.395,04	15,61%
		AREE VERDI	21.150.852,46	16,26%	8.814.604,25	39,61%

Tabella 3 - Uso della componente antropizzata

dispendioso e ancora poco praticato di de-sealing del suolo[16], che permette di raggiungere il saldo netto a zero tanto auspicato dalla Commissione Europea (2016) entro il 2050.

È necessario utilizzare degli indicatori specifici per analizzare gli usi del suolo di questa area, questi infatti, devono essere in grado di descrivere le peculiarità del territorio, nel modo più specifico possibile, in modo da individuare gli interventi e dove è necessario localizzarli.

Nel corso degli ultimi trenta anni, la città di Torino ha subito un drastico cambiamento dal punto di vista fisico e di forma urbana, la città ha abbandonato la sua identità post-fordista obsoleta muovendosi verso una nuova visione urbana. L'incrocio tra le principali classi d'uso del suolo, ed il loro gradiente medio di impermeabilizzazione, racconta le trasformazioni antropiche e profonde che la città ha subito nel corso del tempo. Queste trasformazioni hanno modificato la strutturazione di un tessuto urbano molto denso e poco poroso, con la presenza di una forte infiltrazione di verde nell'area urbana (area collinare e della dorsale nord di confluenza tra i corsi d'acqua Po e Stura) che rappresenta l'unica area naturalistica nella zona urbana.

[16] European Commission, 2012

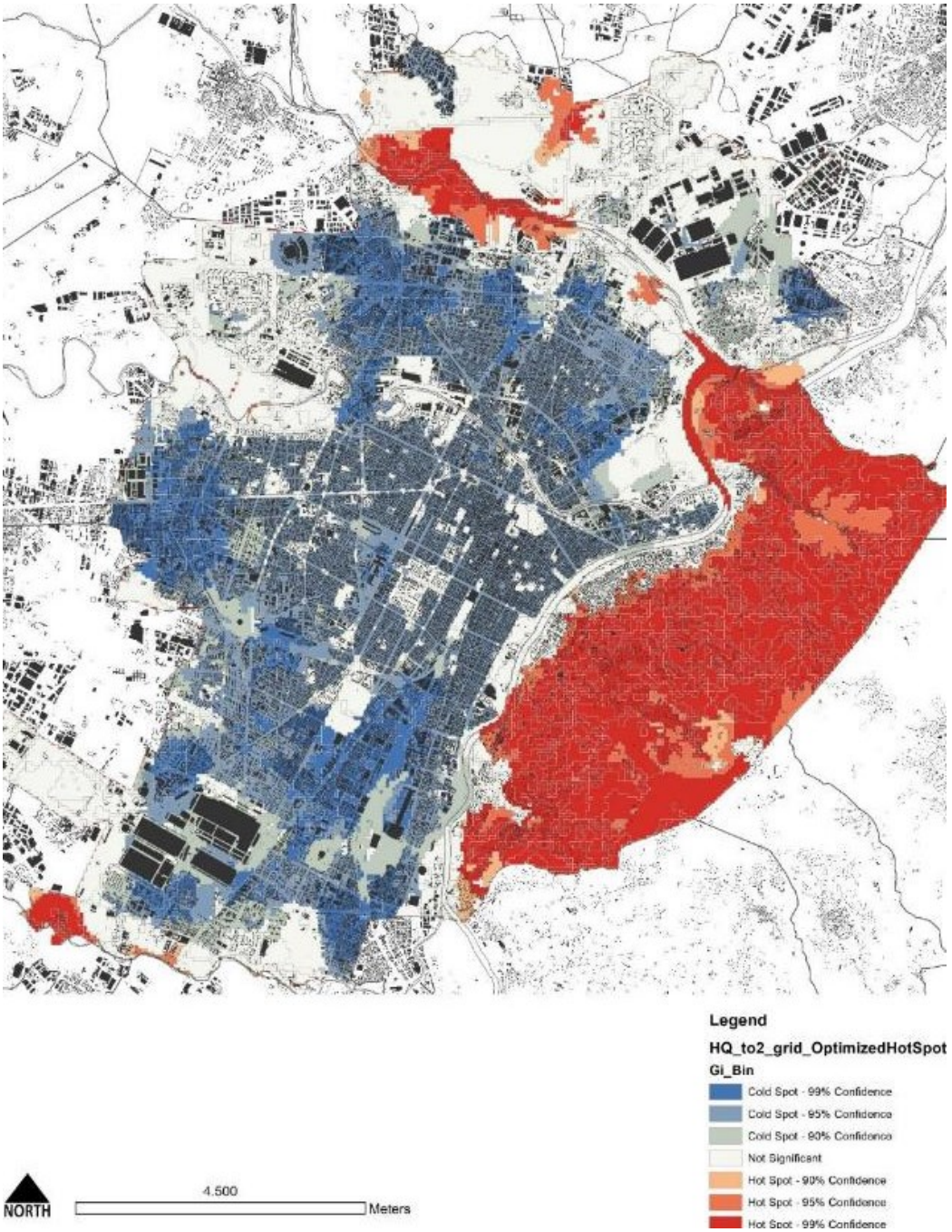


Figura 19 – Carta di esposizione alla vulnerabilità

Questa rappresentazione antropica è rafforzata dalle analisi della componente ecosistemica di supporto dell'Habitat Quality, che grazie all'integrazione dei caratteri di sensitività "differenziali" dei tessuti urbani e una riclassificazione delle aree cluster di qualità ecologica fa emergere un quadro rilevante in aree strategiche: lungo le direttrici Corso Casale/Corso Moncalieri, la collina, Madonna del Pilone e la località Sassi, nonché lungo il fiume Po (Parco del Valentino e Borgo Pilonetto). Mentre per quanto riguarda la capacità ecosistemica di supporto, affiorano aree come Vanchiglia, Vanchiglietta, Crocetta e Borgo San Secondo, che per via della loro densità e compattezza del verde urbano, questo è registrato grazie al

Natural Difference Vegetation Index[17]. Con l'NDVI, che rappresenta un indice di copertura della vegetazione, si riesce a differenziare qualitativamente la componente permeabile urbana, individuando le aree verdi che svolgono maggiormente funzione ecosistemica e che maggiormente abbassano i valori di vulnerabilità a qualsiasi evento estremo.

Entra dunque in campo il concetto di *Adattamento,* esso infatti rappresenta la capacità delle città di rigenerare internamente le proprie funzioni ecosistemiche, reagendo meglio alle condizioni climatiche estreme e alla loro mutevolezza nel tempo (Meerow & Newell, 2017; Meerow & Woodruff, 2019). In questo contesto torna utile l'utilizzo del NDVI per valutare la qualità dell'uso permeabile, in quanto essendo uno strumento molto preciso, utilizzando in modo circoscritto è in grado di offrire buoni risultati. Il verde urbano non è tutto uguale, ma varia le sue connotazioni a seconda della varietà, sulla base della capacità di svolgere più funzioni ecosistemiche, trattenendo particolato atmosferico atmosferico, rilasciando ossigeno e sostenendo la biodiversità urbana.

Da qui parte la necessità di valutare le vulnerabilità delle aree antropizzate, considerando tutte le caratteristiche del territorio, in modo da rendere l'analisi più specifica possibile.

La valutazione della vulnerabilità idraulica è stata svolta considerando i potenziali effetti su uno dei settori più qualificanti della città di Torino, il commercio, fortemente collegato alla caratterizzazione morfologica della città di Torino. Proprio questa caratteristica della città richiede una specifica valutazione di quanto le aree a pericolosità idraulica espongano il sistema commerciale ad un potenziale danno derivato sia dai fenomeni di piena, sia dai fenomeni di pioggia intensa, riconosciuti nella letteratura internazionale come *Cloudburst Events* (Rosenzweig et al., 2019). Negli ultimi anni, i fenomeni di piogge intense si sono moltiplicati e hanno provocato allagamenti in diverse parti della città, creando situazioni di criticità e di danni. Ad oggi gli studi sistematici su questo fenomeno sono in via di sperimentazione, per questo è importante soffermarsi sulla pericolosità in ambito urbano e sulla determinazione di un grado di vulnerabilità sistemica delle aree antropiche, riportando esempi emblematici di città che hanno adottato misure adattive. Infatti, il fenomeno delle piogge intense è quello che negli ultimi anni ha provocato i più grandi impatti in città ricadenti in climi temperati o continentali. In questo studio la vulnerabilità da piogge intense verrà trattata analizzando gli esempi di pianificazione adattiva, valutandone gli impatti e misurandone la capacità di riduzione con approcci sperimentali. Per far ciò è necessario ricorrere alla costruzione di un abaco integrato di diversi modelli ecosistemici che tengano conto dei reticoli idrografici superficiali e sotterranei. Nel caso in cui la canalizzazione sotterranea non sia in grado di sostentare l'afflusso del fenomeno di pioggia intensa è necessario valutare in che modo il sistema del commercio potrebbe subire ripercussioni.

La costruzione della valutazione di sensitività di questo studio si basa sull'incrocio di diversi dataset:

[17] NDVI - indicatore grafico che permette di effettuare delle misurazioni attraverso l'utilizzo del satellite, e valutare se la zona osservata contiene della vegetazione viva.

- Land Cover Piemonte 2010, file raster che deriva dall'integrazione tra il livello europeo e l'arragiamento a livello comunale;
- High Resolution Layer built-up area 2018;
- Normalized Difference Vegetazion Index, indice costruito sulle forti differenze di riflettanza delle piante per determinare la distribuzione spaziale vegetazionale nelle immagini satellitari;
- Distribuzione delle attività commerciali di Torino;
- Mosaicatura ISPRA (2017) delle aree a pericolosità idraulica – Scenari D. Lgs. 49/2010.

4.3.1. Gli usi del suolo

Il lavoro svolto sugli usi del suolo deriva dalla rielaborazione della classificazione degli usi del suolo partendo dalla Land Cover Piemonte (2010) e i dati di Imperviousness (2018), risoluzione a 20 metri. Questa riclassificazione evidenzia che nelle aree antropiche si concentra la maggior parte della popolazione, oltre che la maggior parte delle attività commerciali.

I dati utilizzati per l'analisi del consumo di suolo derivano principalmente dall' ISPRA, più precisamente dalla Mosaicatura P1 uniti ai dati cartografici del PRG del Comune di Torino. Il sistema di classificazione adottato dall'ISPRA segue le caratteristiche dell'elemento, distinguendo: suolo consumato, suolo non consumato tra cui consumo di suolo permanente, consumo di suolo reversibile e suolo impermeabilizzato. La tematizzazione della Regione Piemonte, invece, differenzia: superfici urbanizzate, superfici infrastrutturate, altre superfici consumate (da cui deriva il consumo reversibile e quello irreversibile).

Analizzando il tema del consumo di suolo è emerso quindi, che ogni ente tende ad effettuare una propria classificazione, questo porta anche ad una differente terminologia. Si è quindi proceduto, sulla base delle informazioni raccolte riguardo la copertura del suolo ad una classificazione che racchiuda tutte le informazioni, secondo quanto segue:

Cartografia comunale	Denominazione ISPRA	Denominazione Regione Piemonte	Classsificazione ISPRA	Classificazione Regione Piemonte	Impermeabilizzazione
Edifici, edifici minori	Edifici	**Edifici**	Consumo permanente	(SU) Superficie urbanizzata	si
Particolari architettonici, manufatti, muri, tralicci, argini	Manufatti, serre permanenti pavimentate	**Manufatti**	Consumo permanente	(SU) Superficie urbanizzata	si/no
Attrezzature sportive	Campi sportivi	**Sport**	Consumo permanente	(SU) Superficie urbanizzata	si/no
Aree attrezzate del suolo	Piazzali, parcheggi, cortili	**Superfici attrezzate**	Consumo permanente	(SU) Superficie urbanizzata	si/no
Circolazione	Strade asfaltate,	**Superficie**	Consumo	(SI)	si/no

veicolare, pedonale, ciclabile, sede ferroviaria	sede ferroviaria, aeroporti	**infrastrutturata**	permanente	Superficie infrastrutturata	
Manufatti di trasporto	Manufatti di trasporto		Consumo permanente	(SI) Superficie infrastrutturata	si/no
Viabilità mista secondaria	Strade sterrate		Consumo di suolo reversibile	(SI) Superficie infrastrutturata	no
Discariche	Discariche	**Discariche**	Consumo permanente	(SR) Superfice reversibile	si
-	Campi fotovoltaici a terra	**Superfice reversibile**	Consumo di suolo reversibile	(SR) Superfice reversibile	si
Aree in trasformazione	Cantieri	**Cantieri**	Consumo di suolo reversibile	(SR) Superfice reversibile	no
Aree non strutturate	Altre superfici non strutturate in terra battuta	**Non strutturato**	Consumo di suolo reversibile	(SR) Superfice reversibile	no
Scavi	Aree estrattive non rinaturalizzate		Consumo di suolo reversibile	(SR) Superfice reversibile	no
Aree bagnate, specchi d'acqua e invasi, drenaggi, opere idrauliche	Acque	**Acque**	Suolo non consumato	(SNC) Suolo non consumato	no
Forme naturali del terreno	Suoli non consumati	**Suolo**	Suolo non consumato	(SNC) Suolo non consumato	no
Giardini, Colture, boschi, pascoli	Vegetato	**Verde**	Suolo non consumato	(SNC) Suolo non consumato	no

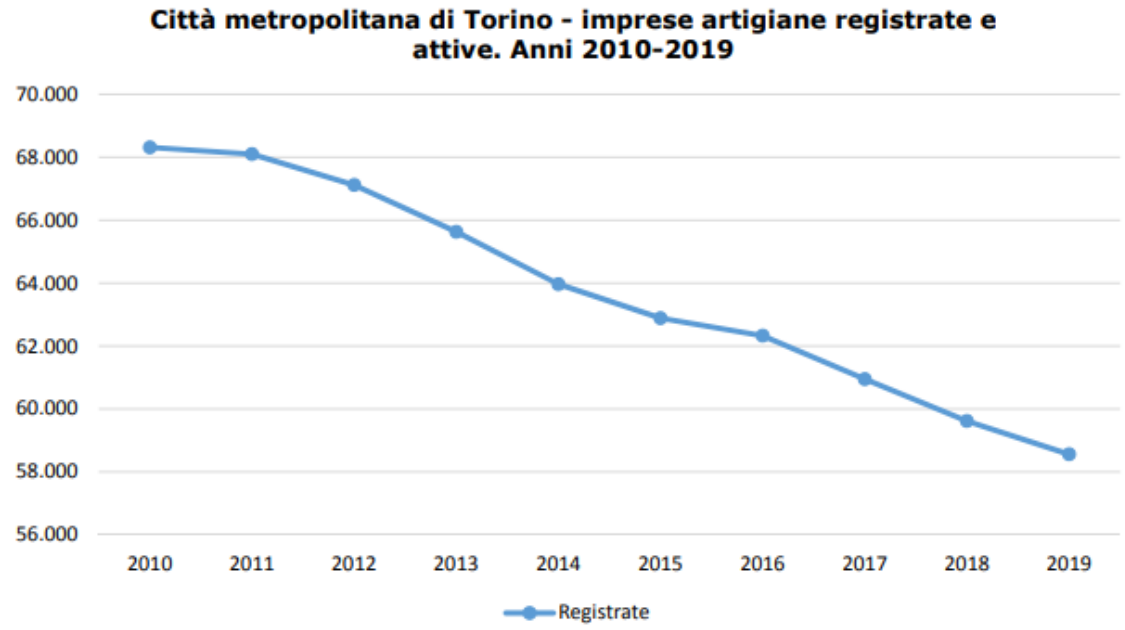
Tabella 4 - Il tema del consumo di suolo tra diversi enti

Fonte: Comune di Torino, ISRA, Regione Piemonte

Per l'analisi svolta si è scelto di utilizzare la denominazione della Regione Piemonte per la sua semplificazione esaustiva.

La città di Torino è interessata da una elevata condizione di impermeabilizzazione del suolo considerato antropizzato, questa condizione riguarda anche il 40% dei suoli sigillati classificato come *verde urbano*.

Il tessuto urbano della città di Torino si presenta denso e continuo, rappresenta un'area urbanizzata impermeabile al 94%, con un indice di copertura pari al 15,87% e con un indice di copertura della vegetazione pari a 0,46, il più basso. Questo fa si che Torino abbia una particolare propensione a subire danni da parte di un fenomeno piovoso, sia esso di lunga



Fonte: elaborazioni Camera di commercio di Torino su dati InfoCamere

durata e legato ai fenomeni di piena del Po sia per un evento piovoso caratterizzato da una forte intensità e una breve durata, definito come pioggia intensa. I suoli permeabili, caratterizzati dalla presenza di vegetazione arboreo- arbustiva, essi infatti servono a trattenere le acque, sia come immagazzinamento per un lento rilascio derivato dall'assorbimento dell'acqua nel suolo superficiale, sia per la capacità delle stesse piante di trattenere l'acqua derivante dalle piogge, prima che la vegetazione, satura d'acqua la rilasci completamente al suolo generando i tipici fenomeni di run-off superficiali, che sono i più dannosi, o sub-superficiali, nella parte più superficiale del suolo.

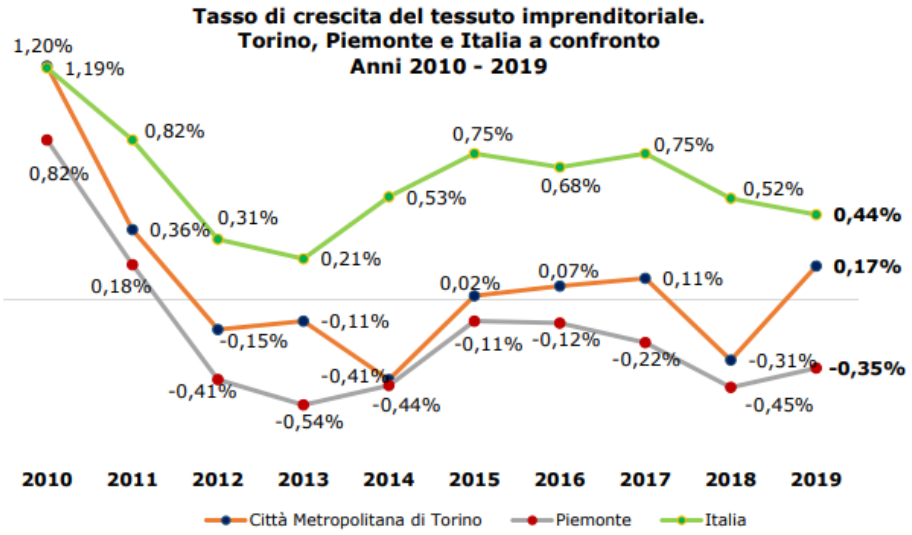
I suoli liberi e che presentano una rigogliosa vegetazione aumentano sia i fenomeni di evapotraspirazione sia i fenomeni di ricarica della falda, essi costituiscono le due modalità attraverso le quali l'acqua piovuta non entra a far parte del processo di scorrimento.

4.3.2. La densità della componente commerciale

La Città metropolitana di Torino, a fine 2019, contava 219.513 imprese, con un calo di 18.300 unità (-7,7%) rispetto ai valori del decennio precedente, ed un calo del -0,6% dal 2018.

Nello specifico, per quanto riguarda la città di Torino, si contano circa 30 mila attività, suddivise in diverse tipologie: 3270 di tipo alimentare, 15000 extra alimentare, 3581 di tipologia mista e oltre 5000 attività non rientrano nelle definizioni precedenti e non presentano una classificazione specifica. Dopo un triennio di diminuzione costante delle aperture di nuove imprese, si è notato un leggero aumento delle nuove aperture (+0,17%) , ed in parallelo si è registrato un calo di 817 imprese chiuse. La ritrovata natalità non è

sufficiente quindi a garantire una consistente ripresa del tessuto imprenditoriale torinese, soprattutto per quanto riguarda il settore del commercio.



Fonte: Elaborazioni Camera di commercio di Torino su dati InfoCamere

Il periodo medio di inizio attività è il 2004.

La valutazione della vulnerabilità idraulica ha tenuto conto dei potenziali effetti sul commercio, che costituisce uno dei settori più qualificanti della città di Torino; esso infatti è fortemente collegato alla caratterizzazione morfologica della città di Torino. Elemento di grande caratterizzazione del commercio di Torino è la presenza nell'area del centro storico di spazi porticati, essi propongono una forte diversificazione di attività, sia di tipologia sia di dimensioni (piccole e medie). Questa conformazione della città richiede un'accurata valutazione di quanto le aree a pericolosità idraulica espongano il sistema commerciale ad un potenziale danno derivato sia dai fenomeni di piena (per la quale si utilizzano i dati derivanti dalla Pianificazione nelle Autorità di Bacino), sia dai fenomeni di pioggia intensa.

4.3.2. Le vulnerabilità da fenomeni alluvionali

Nel corso di un evento di piena fluviale[18] si verifica un'esondazione quando la portata supera la capacità massima del fiume e le opere di difesa non sono più in grado di contenere il deflusso. L'alluvione è un fenomeno che provoca un allagamento temporaneo di parti del terreno che abitualmente non sono coperte dall'acqua. La causa di questa inondazione può derivare da fiumi, torrenti, canali, laghi e, in alcune zone costiere, anche dal mare.

Secondo la Direttiva 2007/60/CE[19], la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni ha l'obiettivo di istituire un quadro di riferimento per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni.

[18] quando si ha una elevazione della superficie libera di un corso d'acqua, causato dall'aumento della portata in seguito al verificarsi di precipitazioni più o meno intense.
[19] Direttiva Alluvioni o Floods Directive europea, recepita in Italia con il D.Lgd. 49/2010.

Le basi dati su cui si basa questo studio derivano dalla Mosaicatura ISPRA (2017) delle Aree a Pericolosità Idraulica con cartografia BDtre del Comune di Torino e con le attività commerciali situate all'interno del territorio comunale; questi due dati sovrapposti permettono l'individuazione delle aree più soggette a rischio.

La metodologia con cui l'ISPRA realizza la sua mosaicatura delle Aree a Pericolosità Idraulica deriva dalla perimetrazione delle Autorità di Bacino Distrettuali; la mosaicatura deriva dall'analisi dei tre scenari contenuti nel D. Lgs. 49/2010:

- **Pericolosità elevata - P3 (alluvioni frequenti)** con tempo di ritorno fra 20 e 50 anni;
- **Pericolosità media - P2 (alluvioni poco frequenti)** con tempo di ritorno fra 100 e 200 anni;
- **Pericolosità bassa - P1 (scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi).**

L'area di Torino è caratterizzata da una Pericolosità bassa – P1, malgrado ciò, i continui mutamenti causati dai cambiamenti climatici hanno fortemente modificati gli scenari valutativi, soprattutto quelli della pericolosità idraulica. Infatti, i cambiamenti climatici hanno permesso il verificarsi di eventi che hanno completamente mutato i dati teorici finora validi come i tempi di ritorno, in quanto hanno stravolto le condizioni del contesto, quali la distribuzione e l'intensità dei regimi pluviometrici. Un esempio emblematico di questo è il caso di Moncalieri, comune situato nella prima cintura a sud di Torino, che nel 2016 è stato colpito da una violenta alluvione, in questo caso l'area interessata dall'allagamento era nettamente superiore al perimetro indicato come pericoloso.

La sovrapposizione di questi due layer restituisce una mappatura delle aree di città costruita che sono interessate, in caso di bassa esposizione al fenomeno di allagamento; queste aree sono considerate vulnerabili, soprattutto in aree sensibili, quale il punto di confluenza del fiume Dora, costituito da un tessuto edilizio denso che può essere fortemente colpito in caso di fenomeno di piena. In queste zone che emergono dalla sovrapposizione è importante determinare la valutazione dell'esposizione delle attività commerciali, in quanto rappresenta una potenziale vulnerabilità dell'economia torinese. Da essa emerge che circa 2500 attività commerciali sono localizzate in aree alluvionali, in caso si verificasse un fenomeno di esondazione; il 70% di esse è costituito da attività commerciali di piccole dimensioni esse, infatti, costituiscono il tessuto più diffuso e pregiato del tessuto commerciale torinese.

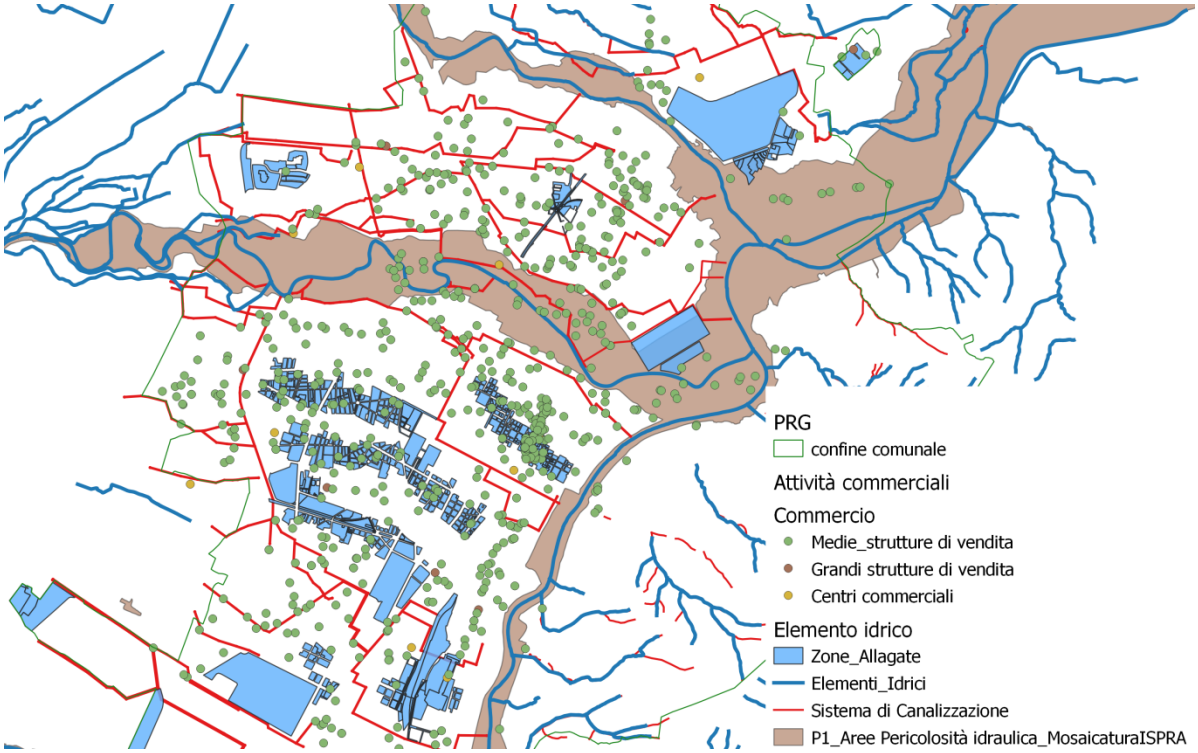


Figura 20 - il sistema torinese del commercio e il suo rapporto con la componente idrica

4.3.3. La pericolosità derivante dall'allagamento da *piogge intense*

Il tessuto urbano di Torino, dal punto di vista idrografico, è caratterizzato dalla presenza di una fitta rete di canali, in gran parte coperti, soprattutto nel centro urbano. Il problema nasce al verificarsi di un fenomeno di precipitazione, in quanto i canali che sono stati coperti non riescono a supportare il deflusso delle acque nel terreno e la rete fognaria non è stata adeguatamente dimensionata per concorrere allo smaltimento delle acque meteoriche.

Analizzare le aree soggette ad allagamento è piuttosto articolato, in quanto bisogna considerare il deflusso delle acque piovane in presenza della componente antropica, non in una normale condizione di alvei naturali, infatti esse hanno completamente modificato con la loro presenza il sistema di canalizzazioni e scolmatori sotterranei. Per poter studiare con maggiore facilità la tematica si è ricorso all'utilizzo di una metodologia di modellistica ecosistemica adottata dal centro di ricerca R3C. Questa metodologia prevede il confronto dei sistemi idrici modellati artificialmente con la reale situazione di contesto, fortemente modificata dalle condizioni antropiche dei contesti urbani. Per far ciò è stato utilizzato il modello *Streams*, dal modello del trattenimento dei nutrienti InVEST[20], il cui obiettivo è mappare i flussi d'acqua che scorrono a prescindere dal costruito e che derivano dai bacini idrografici e il loro trasporto agli specchi d'acqua. Partendo da queste informazioni è possibile valutare il servizio di ritenzione dei nutrienti da parte della vegetazione naturale. È interessante osservare i problemi di qualità delle acque superficiali e può essere valutato in

[20] Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs

termini economici o sociali, come i costi di trattenimento evitati o il miglioramento della sicurezza attraverso l'accesso all'acqua potabile.

Il modello è stato utilizzato per verificare la rete di streaming creata dal Modello Digitale del Terreno, con l'utilizzo di un file raster con valori che variano da 0 (pixel di suolo) a 1 (pixel di flusso d'acqua superficiale). Quindi analizzando un ambiente non impermeabilizzato i pixel di flusso indicano ove sono presenti specchi d'acqua presenti sul territorio, dimostrando che il modello riporta le condizioni reali del terreno. Ciò nonostante, può anche creare un modello di output che diverge dalle reali condizioni del terreno, questo perché è possibile cambiare le dinamiche idrauliche naturali con l'apposizione di invasi artificiali, quali i canali o gli scolmatori. Il modello degli streams rileva una notevole differenza tra quelle che sono le condizioni naturali dell'alveo con le relative modellazioni digitali e quelle che invece sono le opere di canalizzazione che, in caso di crisi dei canali e delle condotte artificiali, permettono di identificare la vulnerabilità del sistema antropico. In tal caso, grazie alla condizione orografica del terreno è possibile individuare le aree che potrebbero essere soggette ad allagamento, tornando a svolgere la funzione naturale di alveo. Questi elementi della valutazione sono importanti in aree in cui i fenomeni di Pioggia intensa hanno saturato le vecchie aree di deflusso oramai modificate e non più presenti nella cartografia storica urbana evidenziate dalle fasce di pericolosità idraulica.

Nella applicazione della metodologia il modello prevede l'accostamento del modello degli streams con degli elementi idrici da DBTre; per rendere il lavoro completo è stato necessario ultimare gli elementi idrici confrontandosi con il layer delle canalizzazioni riportate nella tavola del Piano Regolatore Generale.

In questo modo, il risultato è un quadro completo ed aggiornato del reticolo idrico superficiale e sotterraneo del Comune di Torino, per far ciò è stato necessario ricorrere alla georeferenziazione scalata delle condutture e all'eliminazione delle sovrapposizioni tra i reticoli idrici superficiali e quelli sotterranei, soprattutto nella zona collinare. Questo lavoro è stato necessario in quanto le fonti dei dati risultavano essere incompleti ed inaccurati, ma questa ultima elaborazione ha portato ad un risultato nettamente superiore rispetto al contenuto dei singoli layer divisi.

Infine, la sovrapposizione tra le aree di Stream con i reticoli idrici e calcolate con delle successive "selezioni per localizzazione" le aree degli streams sostanzialmente difformi delle aree canalizzate. Questo procedimento è stato eseguito con l'utilizzo dei buffers agli elementi idrici e alle canalizzazioni ed eseguendo una serie di selezioni delle aree senza sovrapposizione tra i buffer.

L'individuazione e la successiva valutazione della pericolosità delle aree soggette ad allagamento nel caso in cui si verifichi un evento di pioggia intensa derivano dalla localizzazione delle aree di streams non ricadenti in aree canalizzate o con condutture potenzialmente a rischio qualora il sistema delle condutture e delle canalizzazioni vada in congestione.

Figura 21 - Modello Streams

Dalla comparazione di questi due layer di dati emerge che l'ingente opera di canalizzazione nell'area tra la Dora e la Stura, dove originariamente si trovava l'alveo di un corso d'acqua derivante dalla Stura che confluiva in essa ad est dell'area "Basse di Stura"; è possibile inoltre constatare che l'opera di canalizzazione, estremamente semplificata, nell'area a sud della Dora, che vede la costruzione di un bypass lungo Corso Telesio/Corso Brunelleschi che raccorderebbe un antico attraversamento di ben 4 corsi d'acqua tributari al Po, localizzati tra la Dora e il Torrente Sangone che separa i comuni di Torino e Nichelino.

Ciò nonostante, una delle zone soggette ad una particolare criticità idraulica è quella compresa tra la Dora e la Stura, questo è confermato anche dai recenti eventi alluvionali e di allagamento. La potenziale fragilità di un sistema idraulico unico che delinea la zona del Quadrilatero Romano a Nord e confluisce a Sud nel Po e nell'area del Lingotto.

Per definire la vulnerabilità del sistema costruito è necessario valutare le ripercussioni che un evento di pioggia intensa avrebbe sul sistema delle canalizzazioni. I problemi sorgono in zone dove il sistema di canalizzazione è deviato per lasciare spazio al sistema del costruito, come quella localizzata tra il fiume Dora e il fiume Sangone, un territorio molto ampio e densamente edificato. In questa zona infatti, l'unico punto di confluenza è nella zona di Corso Marconi, dove il sistema si riversa nel Po, all'altezza del Castello del Valentino. Non è possibile definire la reale portata di questo impianto di canalizzazione, ma è chiaro che non esistono alternative e questa risulta essere in conflitto col sistema resiliente, organizzato e diversificato. Analizzando un sistema emerge quindi che, la resilienza sistemica non è strettamente connessa alla massimizzazione dell'efficienza delle singole componenti, quanto alla ridondanza delle stesse. Infatti, è possibile osservare che nel caso in cui una componente non sia in grado di svolgere la sua funzione, si può andare incontro ad un possibile allagamento di intere porzioni di città densa, mettendo a rischio l'intero sistema.

Torino presenta da questo punto di vista un grande limite, in quanto non è in grado di proporre differenti soluzioni alla problematica della pericolosità idraulica, in quanto la città è fortemente soggetta ai rischi derivanti da fenomeni piovosi a causa della sua elevata impermeabilizzazione; sembrano infatti molteplici le aree che oltre al pericolo di alluvione si prestano a pericolo di allagamento.

Attraverso il procedimento di *overlay* è stato possibile localizzare le aree di pericolosità, definendo quelle zone del sistema antropico potenzialmente esposte al fenomeno di allagamento dovuti alla criticità del sistema di canalizzazione antropica. Escludendo le aree puntuali che sono situate a Nord rispetto alla Dora, come Cimitero Monumentale, Area Rebaudengo-Fossata, Area Fiat lungo Strada di Settimo, Area delle Vallette, emergono anche tutte zone della città densa che potrebbero essere colpite da un'elevata criticità:

1. **Porta Susa** da via Cernaia, lungo l'asse di Via dell'Arcivescovado, fino a Corso Vittorio Emanuele II;
2. **Zona Cenisia,** da Via Bordonecchia fino a Via Frejus;
3. **L'asse che da zona Cenisia arriva fino a zona Crocetta**, da Via Monginevro lungo Corso Peschiera fino alla Crocetta;
4. L'**asse da Via Tirreno fino a Corso Unione Sovietica**;
5. **Zona Lingotto**, l'area che comprende Lingotto e il Villaggio Olimpico;
6. **Zona Mirafiori**;
7. L'area di **Parco Colonnetti** a nord del Sangone.

Queste zone rappresentano sono i punti nevralgici della città densa, che al verificarsi di fenomeni di piogge intense, potrebbero subire gravi danni.

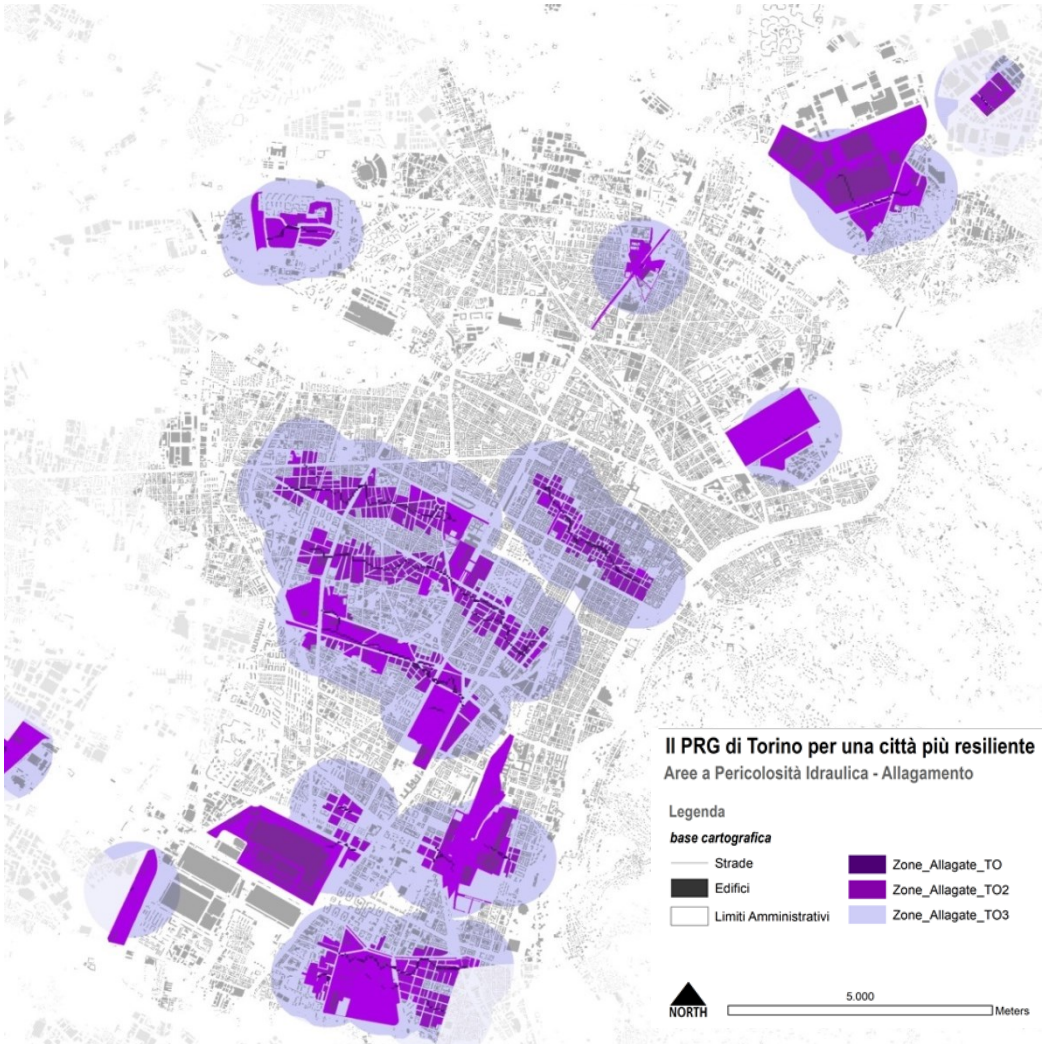


Figura 22 - Sovrapposizione del modello Streams con il Reticolo idrografico armonizzato

PARTE III

5.Ridurre la sensitività urbana e l'individuazione delle aree di intervento

5.1. L'individuazione delle aree di intervento

Sulla base delle analisi effettuate sul territorio della città di Torino sono emersi gli elementi di vulnerabilità del territorio e quali sono le aree più interessate da questi fenomeni.

Per rendere l'analisi più comprensibile si è provveduto a costruire una base di indici.

Indicatori di Stato	Sensitività	Imperviousness	Superfici impermeabili; le aree costruite	2012	%	57%
Pressioni del sistema	Disturbi	Suolo urbanizzato	Aree costruite	2016	%	65%
	Shock	Allagamento	Rischio di alluvione	2006	%	9%
		Flussi	Aree che sono minacciate da processi di deflusso elevati	2010	%	10%

5.2. Le azioni e le misure volte alla riduzione della sensitività urbana

Dall'incrocio dei dati delle attività commerciali e dei dati di pericolosità idraulica è emerso quali sono le aree che maggiormente necessitano di interventi.

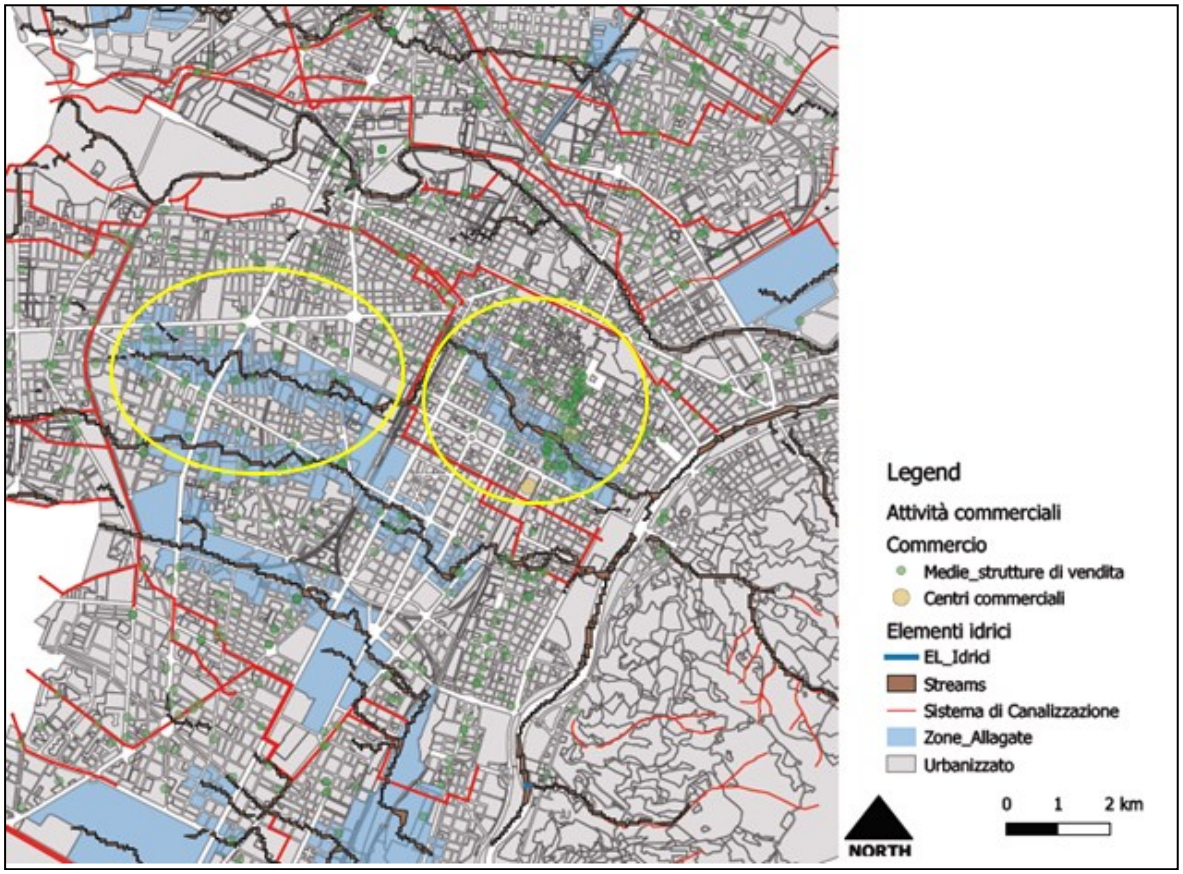


Fig.1 – Le aree di intervento

Sulla base delle aree precedentemente individuate si sono individuate azioni e misure che mirano a ridurre le sensitività urbane.

Per quanto concerne i fenomeni di piogge intense, è possibile definire differenti misure volte a prevenire il livello di vulnerabilità dell'area individuata e dello stato della stessa. Si tratta di due step, in primis l'individuazione di misure preventive, ovvero di accorgimenti di base a cui si uniscono elementi progettuali.

Le *misure preventive,* per le aree poco esposte ai rischi ma localizzate su terreni molto impermeabilizzati, possono essere:

- Valvole contro il ristagno che impediscono alle canalizzazioni di infiltrarsi all'interno dei sotterranei degli edifici;
- Soglie elevate per lucernari e porte;
- Cantine in calcestruzzo senza pavimento naturale.
- Mantenere le grondaie libere da foglie;
- Controllare regolarmente il corretto funzionamento delle strutture costruttive;
- Pulizia regolare dei condotti principali.

Il secondo step riguarda l'individuazione di soluzioni di progettazione urbanistica, in grado di diminuire la sensitività delle aree e della componente commerciale, nonché di rigenerare gli spazi pubblici sensibili. Queste misure costituiscono un primo passo verso la costruzione di un abaco di soluzioni sistemiche in grado di offrire differenti possibilità per la riduzione delle sensitività urbane.

5.3. I tipi di intervento

Sulla base di ricerche e analisi delle letterature e dei piani nazionali sono stati individuati una serie di interventi in grado di offrire una soluzione per le aree esposte alle vulnerabilità idrauliche causate dai cambiamenti climatici.

Sono stati analizzati differenti strumenti pionieristici ed innovativi, quali il Piano di Adattamento di Bologna (BLUE AP PROJECT - Buone pratiche di adattamento) e quello di Mantova.

A. MISURE DI DRENAGGIO SOSTENIBILE

Si tratta di una serie di soluzioni tecnologiche (canali, ruscelli o altri tracciati d'acqua superficiali aperti o incorporati nel terreno) in grado di aumentare la permeabilità delle superfici urbane, favorendo l'infiltrazione nel terreno e l'immagazzinamento delle acque in piccole unità all'interno del territorio urbano, riducendo significativamente la portata dei corsi d'acqua e migliorandone la qualità degli argini. Per far si che queste misure siano efficaci è necessario ridurre i volumi di run-off, facendo in modo di aumentare le infiltrazioni nel terreno e l'accumulo delle acque derivanti da eventi meteorici in modo tale da restituirli gradualmente nel sistema di circolazione naturale. Queste misure prevedono la raccolta e il riutilizzo delle acque piovane per usi urbani non potabili, come l'irrigazione del verde urbano, il lavaggio delle strade… Sono uno strumento che si inserisce perfettamente nelle

differenti categorie di paesaggi, in quanto vengono progettate a seconda dell'ambiente e del contesto in cui si inseriscono.

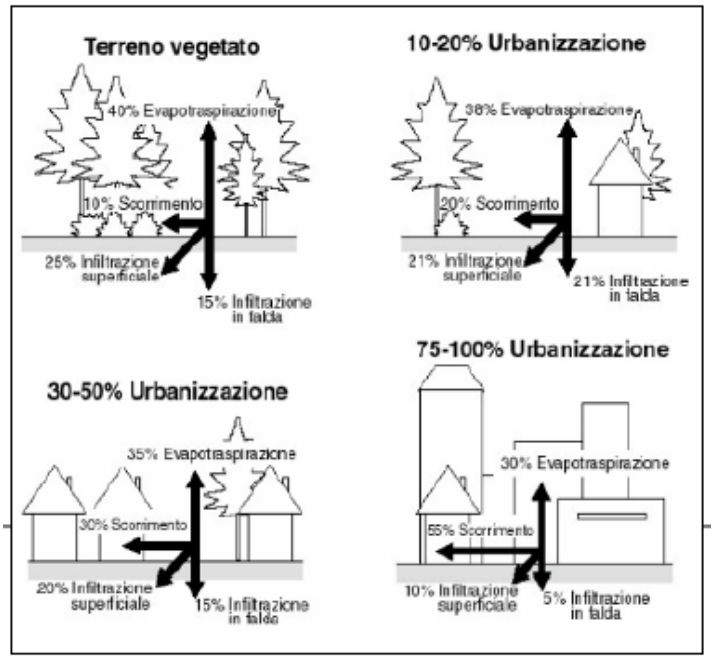


Figura 2 –I sistemi urbani di drenaggio sostenibile

Alcune tecniche per il drenaggio sostenibile delle acque piovane possono essere:
A.1.1 Trincee filtranti: consistono in una serie di scavi, ricoperti di sabbia o di ghiaia, che favoriscono l'infiltrazione dei volumi di run-off e l'infiltrazione nel sottosuolo. La progettazione di queste trincee avviene in seguito allo studio dei fenomeni idraulici, in quando la trincea deve essere dimensionata in modo tale da svuotarsi completamente nelle 12-24 ore successive all'evento piovoso, considerando anche le caratteristiche del terreno. La trincea filtrante ha inoltre lo scopo di contribuire al mantenimento del bilancio idrico e alla ricarica delle falde sotterranee. Data la necessità di terreno libero questa misura non risulta opportuna per le aree individuate, in quanto fanno parte del tessuto consolidato della città.

Figura 3 - esempi di trincee filtranti

A.1.2 Canale filtrante e scoli: solitamente utilizzate in ambito urbano, sono utili anche per contenere le acque piovane e filtrarle nel sottosuolo. Grazie ad un sistema di canalette laterali le acque di pioggia vengono inserite in un sistema di raccolta delle acque meteoriche o filtrano nel sottosuolo. Le acque in eccesso vengono smaltite grazie al moto orizzontale; è quindi necessario prevedere una zona di uscita delle acque, con delle zone di acqua profonda in modo tale da rallentare il flusso e favorire il deposito di materiali, nei punti di intersezione dei reticoli idrografici.

Figura 4 - canale filtrante

La gestione delle misure di drenaggio sostenibili dipende dalle misure adottate, le soluzioni che richiedono l'inerbimento necessitano poi del taglio periodico dell'erba. In generale tutte le misure di drenaggio richiedono un richiedono materassi di ghiaia che richiedono semplicemente una verifica periodica di corretta funzionalità.

A.2 Pavimentazioni permeabili (o drenanti): sono soluzioni molto utili nei parcheggi, nelle aree pedonali o viali ciclabili, sono costituite da blocchi di cemento o da graticci di plastica rinforzata caratterizzati dalla presenza di vuoti colmati da materiale permeabile, in modo tale da consentire le infiltrazioni d'acqua. Esse permettono la riduzione delle superfici impermeabili e dei volumi delle acque di dilavamento. Sono elementi utilizzati sia nelle nuove urbanizzazioni che negli interventi di ampliamento. Questo tipo di copertura sfrutta la permeabilità del suolo sottostante, che deve avere un livello di argilla inferiore al 30%.

Questa misura consente di ridurre del 60% i volumi di run-off e di migliorare la qualità delle acque di dilavamento, in quanto permette la filtrazione degli olii e dei materiali solidi trasportati. Secondo uno studio dell'EPA[21] il fenomeno di run-off è ridotto del 40% sulle superfici drenanti verdi rispetto ad una superficie asfaltata. Migliorare la capacità di drenaggio in un'area urbana consolidata permette di non sovraccaricare la rete fognaria e di evitare problematiche derivanti dalla presenza di ingenti quantità d'acqua in aree carrabili o pedonali. Per far si che la pavimentazione permeabile svolga al meglio la sua funzione è necessario che almeno il 40% della superficie totale sia composta da vuoti, in modo da permettere le infiltrazioni, è necessario inserire uno strato di sabbia ed un filtro in tessuto tra i moduli e lo strato in ghiaia (dimensionato per poter immagazzinare il primo volume di pioggia), in modo tale da permettere una maggiore capacità di filtraggio.

Questa misura ha un costo di messa in opera analogo alle pavimentazioni in blocchi di pietra ed inferiore ad una asfaltatura.

Grigliati in calcestruzzo inerbiti Blocchi in calcestruzzo con aperture a nido d'ape riempite con terreno organico e inerbite (percentuale di verde 40%). Parcheggi e strade d'accesso	

[21] Environmental Protection Agengy

Cubetti con fughe larghe inerbite Cubettatura con fughe larghe con l'ausilio di distanziatori (percentuale di verde 35%). Parcheggi, aree ciclabili e pedonali, cortili, spiazzi, strade d'accesso	
Grigliati plastici inerbiti Grigliati plastici riempiti con terreno organico e inerbiti (percentuale a verde supera il 90%). Parcheggi, strade d'accesso	
Masselli porosi Le fughe vengono riempite con sabbia. Strade e piazzali poco trafficati, piazzali di mercato, parcheggi, piste ciclabili e pedonali, cortili, terrazze	

Tabella 2 - esempi di pavimentazione permeabile

La cura di queste pavimentazioni avviene mensilmente, mantenendo la superficie libera da sedimenti e verificando che il sistema drenante funzioni correttamente, invece annualmente è necessario verificare che non ci siano danneggiamenti e a cadenza biennale effettuare un intervento di pulizia della copertura con aspirazione, in modo tale da liberare la superficie.

Rain garden: sono dei piccoli giardini, prevalentemente privati e a filo strada, progettati per immagazzinare e filtrare le acque piovane, solitamente è presente una vegetazione in grado di sopportare le inondazioni. Il deflusso derivante soprattutto dal tetto viene raccolto, filtrato e successivamente restituito o drenato direttamente nel terreno circostante.

Fig. 5 Rain Garden

Questi sistemi prevedono numerosi benefici, quali:

- La **laminazione delle acque**, in quanto catturano il deflusso delle piogge, forniscono uno stoccaggio favorendone l'infiltrazione e migliorando il suolo, dato che permette l'assorbimento di materiale organico;

- Il **rallentamento del deflusso**, perché hanno una buona capacità di stoccaggio e di rallentamento del deflusso;

- L'aumento dell'evapotraspirazione, offrono la possibilità di impiantare alberi e questo permetterà un aumento dell'evapotraspirazione a seconda della vegetazione e della dimensione;

- L'**aumento della permeabilità** che porta al ricarico della falda attraverso il processo di infiltrazione che aumenta all'aumentare del tempo di ristagno, a seconda della permeabilità del suolo e della superficie interessata;

- La riduzione delle temperature, introduzione di questi sistemi di stoccaggio a livello urbano offrono la possibilità di aumentare il livello di densità vegetativa e contribuiscono alla creazione di isole fresche.

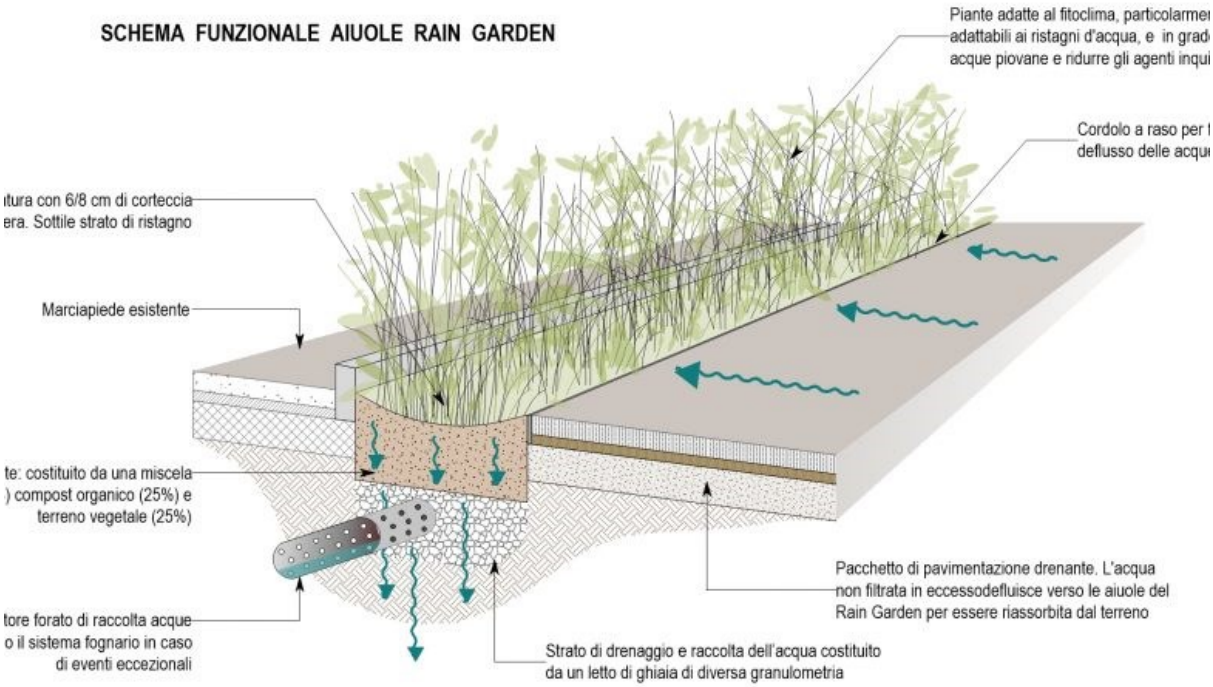


Figura 6 – Schema riassuntivo del funzionamento dei rain garden

B. MISURE DI RIDUZIONE DEL DEFLUSSO SUPERFICIALE ECCEZIONALE

B.1 Tetti verdi: una superficie orizzontale o di modesta inc
un edificio o di una struttura che viene localizzata p
conservazione di una copertura aggiuntiva costituita da spec

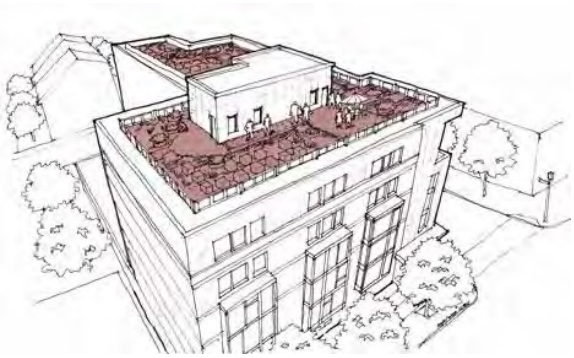


Figura 7 - Tetti verdi

Lo scopo principale del tetto verde è la realizzazione d
vegetale", in grado di fornire un substrato di sostegno con
stesso tempo contribuisce all'attuazione di diversi

obiettivi ambientali, come:

- la riduzione di radiazione solare nell'infrarosso tra
  cui è presente, nonché la diminuzione dell'inquinamento;
- la mitigazione delle temperature, grazie ai processi di evapotraspirazione e l'incremento della biodiversità in ambiente urbano;
- la regimazione delle acque meteoriche piovane;
- l'arricchimento della disponibilità di aree ecologiche in ambienti densamente antropizzati.

A livello di singolo edificio, la capacità di trattenere l'acqua e di rilasciarla successivamente accentua l'effetto di raffrescamento dell'edificio.

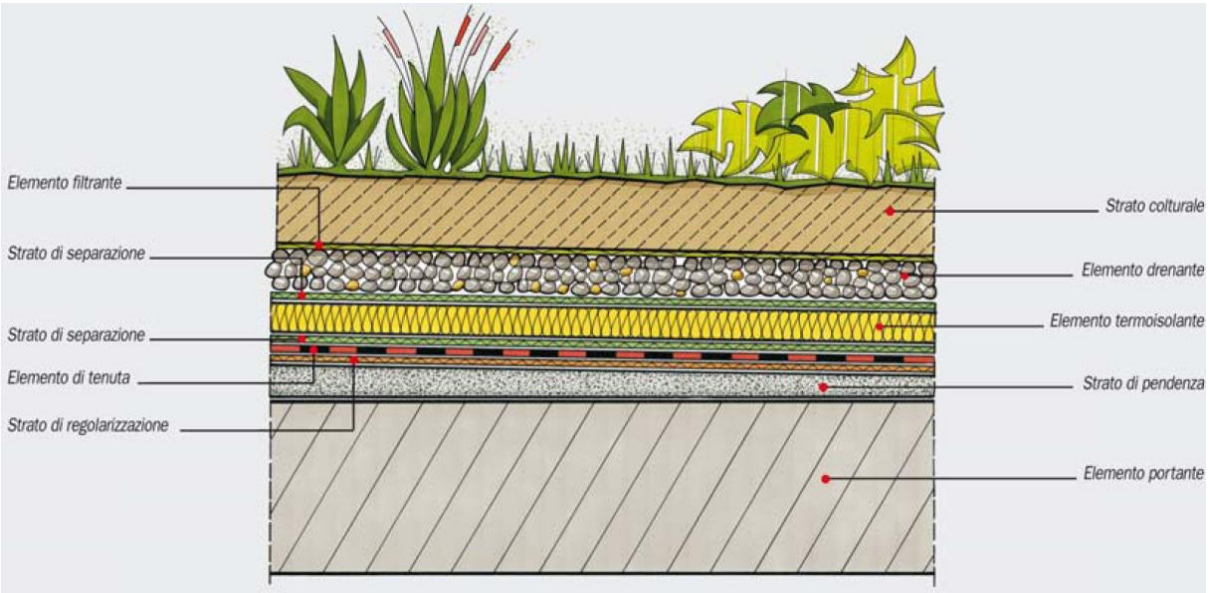


Figura 8 - Gli strati dei tetti verdi

Esistono due tipologie di tetti verdi, quelli **a carattere estensivo** e quelli **intensivi**. I sistemi estensivi sono più semplici e sono realizzati subito sopra al filtro geotessile con uno strato di 5-10 cm di terreno, vengono piantumati con vegetazioni in grado di sopportare periodi di siccità. Mentre i sistemi a carattere intensivo sono più complessi, con una vegetazione più variegata e possono essere utilizzati come spazi fruibili, diventando veri e propri spazi pubblici.

Figura 9 - tetti verdi estensivi

Quando si tratta di inserire su una struttura esistente un sistema di tetto verde è necessario uno studio per verificare il carico massimo sopportabile dal tetto (considerando che il peso minimo da considerare è di 150 kg/m²) e il possibile aumento del rischio sismico a causa di questo incremento di peso. L'aspetto più significativo nella progettazione di un tetto verde è lo studio del drenaggio per scongiurare la diffusione di zanzare ed insetti.

Figura 10 - Tetti verdi intensivi

Le specie vegetative utilizzate sono diverse, ma hanno la caratteristica di essere specie resistenti alle avversità e poco esigenti di cure, in grado di offrire una copertura continua. A seconda della tipologia di tetto potranno essere scelte specie con fioritura o meno, sono in ogni caso raccomandate specie autoctone per il loro adattamento alle condizioni climatiche locali.

A livello urbano, l'utilizzo di questi sistemi all'interno dei centri storici è un po' difficoltoso in quanto la quasi totalità degli edifici presenta tetti a falde e coperture in tegole. Sono quindi più indicati per i condomini a tetto piano, di recente costruzione, o per gli edifici con funzioni commerciali e/o industriali.

Figura 11- sistema misto verde/fotovoltaico

Il tetto verde risulta attrattivo in tutti quei casi in cui è possibile rendere la superficie fruibile, ai condomini o al pubblico (con accordi compensativi tetto verde/volumetria) o essere almeno "godile" visivamente. Quando si sceglie di installare un sistema di tetto verde si deve considerare che si ridurrà la superficie su cui installare altre funzioni, come i pannelli solari. Solo di recente sono stati realizzati interventi misti che prevedono l'utilizzo sia del verde sia del fotovoltaico, dove si sfrutta l'energia prodotta per alimentare il sistema di irrigazione presente sul tetto.

I costi per la realizzazione dei tetti verdi risultano ancora oggi piuttosto onerosi (tra i 50 e i 150 €/m²), sia per quanto riguarda la esecuzione sia per quanto riguarda il mantenimento. I costi risultano molto ridotti se la progettazione e la realizzazione dello stesso avviene in concomitanza con la progettazione dell'intero edificio.

La gestione di questi sistemi differisce a seconda della tipologia di copertura. Per quanto riguarda i tetti verdi estensivi, gli interventi risultano essere semestrali e consistono nella rimozione delle erbacce e al controllo della componente tecnica, come gli scarichi e le impermeabilizzazioni. Mentre per i sistemi verdi intensivi sono necessari interventi di manutenzione paragonabili a quelli di un normale giardino (concimazione, irrigazione e taglio dell'erba).

Figura 12 - Tetti verdi a Chicago, giardini pensili in Svizzera e Germania

Figura 23 - Depuratore di Laimburg (BZ), l'ospedale di Bolzano, la ex Fornace al Bersaglio - Faenza (RA)

B.2 Verde di balconata: spesso il verde su balconi e terrazzi ha un mero valore estetico, altre volte, se ben progettato, è in grado di mitigare la temperatura estiva all'interno degli edifici, oltre che svolgere una funzione di filtro per l'ingresso di inquinanti atmosferici. La progettazione di questi interventi è importante in quanto è possibile anche in spazi limitati inserire un numero consistente di specie vegetali, in grado di fungere da schermo per le radiazioni solari e per l'inquinamento dell'aria a seconda della varietà (arbusti o rampicanti) e della superficie fogliare occupata. Questa tipologia di intervento può essere inserita su facciate di palazzi da sei piani in su con balconi di dimensioni standard.

Il verde condominiale rappresenta in molte realtà urbane un patrimonio eccezionale, in quanto in molte zone delle città il numero di arbusti su terreni privati è nettamente superiore a quelli inseriti in aree pubbliche. Gli spazi verdi comuni, all'interno delle realtà condominiali, sono in grado di produrre gli stessi risultati del verde di balconata o su terrazze.

Fig.13 – Balconate verdi

La problematica legata al verde di balconata necessita di una costante e minuziosa manutenzione. Solo in casi straordinari è possibile inserire specie arboree, nella maggior parte delle situazioni si tratta di inserire piante o alberelli ceduati; per i rampicanti sono indicate le specie del *Clematis* (a cui appartengono le più conosciute caprifogli e clematidi), del *Trachelospermum* (tra le più note varietà di gelsomino, i sempreverdi e le caduche) e il genere *Hedera* (che presenta diverse specie adatte a differenti climi). Spesso i rampicanti necessitano di strutture a supporto del verde di balconata per poterlo gestire e mantenerlo nelle forme volute.

Clematis

Trachelospermum

Hedera

Tabella 3 - Specie rampicanti

La necessità principale è l'approvvigionamento idrico, fattore non trascurabile nella progettazione dell'intervento, in modo tale da predisporre gli allacciamenti per utilizzare le

acque bianche e grigie per l'irrigazione. Per quanto riguarda l'approvvigionamento idrico è possibile valutare soluzioni differenti e talvolta anche combinate, come sistemi di irrigazione a goccia, l'utilizzo di materiali e strumenti per l'immagazzinamento dell'acqua nei vasi e nelle fioriere o l'impiego di specie con moderate necessità idriche. Se si tratta di interventi a livello condominiale è possibile inserire un sistema centralizzato di distribuzione delle acque, in grado di offrire un adeguato rifornimento d'acqua ai singoli balconi con un'opportuna distribuzione ed evitando il gocciolamento sui marciapiedi.

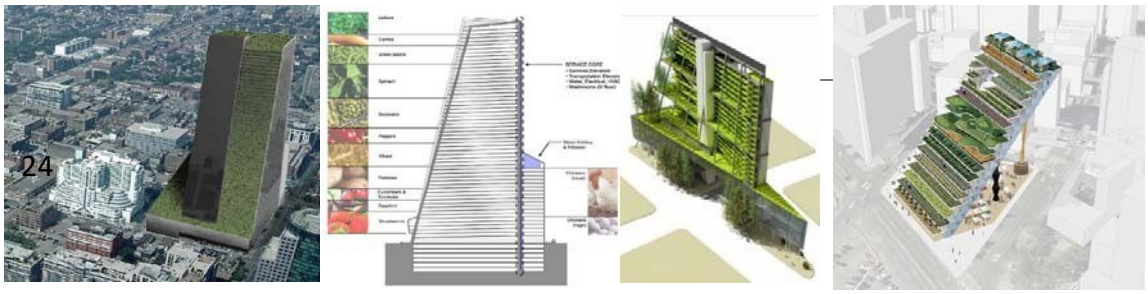


Figura 24 – Esempi di progettazione di balconate verdi

In alcuni comuni italiani per la progettazione e la realizzazione di interventi di balconate verdi sono previsti incentivi e concorsi, come ad esempio Roma "Il festival del verde e del paesaggio", Parma "concorso – Balconi in fiore" e Grado (GO) "Concorso - Balcone e giardino fiorito".

C. MISURE DI RIDUZIONE DEL SURRISCALDAMENTO

C.1 Tetti freschi – cool roofs: sono una tipologia particolare di tetti che, grazie al loro rivestimento offrono un'elevata capacità di rifrazione dell'irradiazione solare incidente, tendono a scaldarsi poco e allo stesso tempo a riflettere energia termica nell'infrarosso; questo permette al tetto di restituire nell'atmosfera, grazie all'irraggiamento termico, la gran parte della frazione di irraggiamento solare assorbito. A livello pratico può essere un intervento molto semplice, in quanto è sufficiente applicare sulla superficie del tetto uno strato di copertura esterna di colore chiaro, se possibile bianco e di carattere non metallico.

Figura 255 - Esempio vernici cool roof

Ad esempio, in una giornata limpida, in un paese con clima caldo, una tradizionale copertura scura raggiunge facilmente i 40°-50° in più rispetto alla temperatura esterna, mentre nel caso di un tetto bianco, nelle medesime condizioni, la temperatura supera al massimo i 5° in più.

Questo permette notevoli vantaggi, quale un maggiore confort termico all'interno dell'edificio, minori consumi energetici (con una riduzione che va dal 10 al 15% in meno), i minori costi di raffrescamento, di ventilazione dell'aria e il rallentamento del

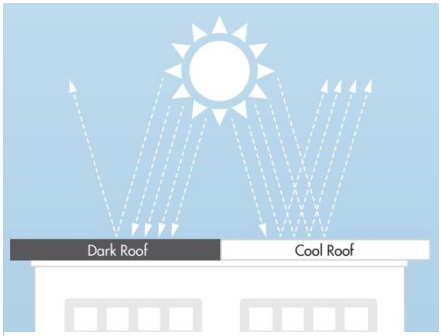


Fig.16 – La riflettanza sulle superfici chiare e su quelle scure

processo di degrado della struttura edilizia. Gli interventi di cool roof su larga scala offrono un'ottima soluzione alle problematiche di surriscaldamento estivo, sia a livello urbano sia dei singoli edifici, riducendo la temperatura degli agglomerati abitativi e mitigando gli effetti dell'isola di calore urbana. La capacità di riflettere la maggior parte dell'energia solare nello spazio grazie ai tetti bianchi impedisce al terreno di assorbirne una parte significativa e di favorire il raffrescamento della temperatura terrestre, ridimensionando la percentuale dell'effetto di riscaldamento da CO_2.

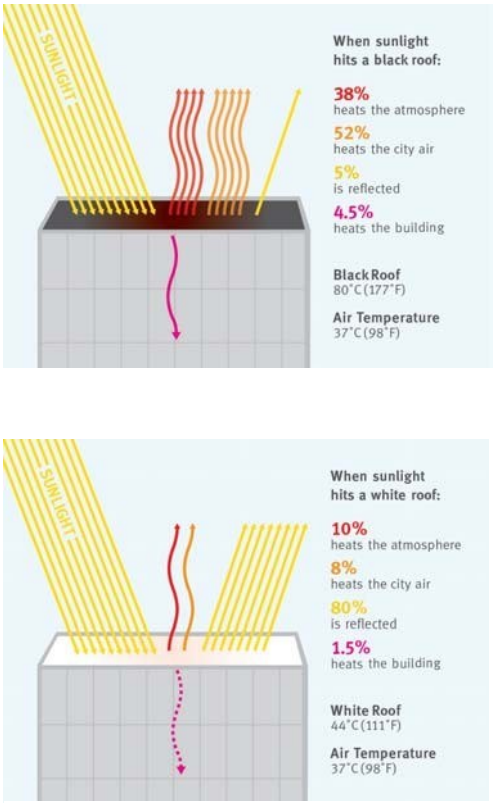


Fig.17 – Esempi di SRI

I materiali utilizzati per questi interventi sono caratterizzati da elevati valori di riflettanza solare (RS) che riduce l'assorbimento della radiazione solare nei materiali di costruzione in modo da limitare l'innalzamento termico diurno e da elevati livelli di emissività nell'infrarosso (EI) emessi in fase notturna, in modo da dissipare il calore accumulato durante la giornata, senza trasferirlo all'interno dell'edificio.

L'SRI (Solar Reflectance Index) è il parametro, calcolato in base alla funzione solare e a quella dell'emissività, che indica la capacità del materiale di restare fresco sotto la radiazione solare. Normalmente, i materiali utilizzati per le costruzioni hanno un elevato livello di emissività che va dall'80 al 90% e una bassa riflettanza solare (SR) che causa l'innalzamento della temperatura, a parte i metalli.

La riflettanza solare dei materiali da costruzione, nella maggior parte dei casi va dal 20 al 30%, quando sono presenti vernici organiche le variazioni cromatiche vanno dal quelle chiare.

Ad oggi, quando si parla di *cool roof* ci si riferisce a vernici acriliche a base di biossido di titanio, alcune vengono semplicemente rivestiti altre sono delle vere e proprie membrane impermeabilizzanti. Quando si parla di cool roof non si intendono semplicemente le vernici, ma sono compresi tutte le soluzioni tecnologiche che permettono di ottenere delle coperture riflettenti, come membrane, bitumi, mattonelle solari per lastricati e guaine. La difficoltà nella realizzazione di questi materiali sta nel fatto di creare una superficie perfettamente bianca che sia in grado di mantenere le proprietà antisolari anche con l'invecchiamento, nonostante l'organicità dei materiali e l'azione degli agenti atmosferici.

Materiali	RS (%)
Guaina bituminosa	12
Guaina impermeabilizzante	20
Piastrelle in cemento	29
Piastrelle in argila rossa	27
Marmo	39
Vernice organica colore bruno	58
Vernice organica colore verde	72
Vernice organica colore bianco	86

Tabella 4 - coefficiente RS (%) dei materiali

I costi di manutenzione e di ripristino sono da sostenere ogni due o tre anni e sono un fattore che incide fortemente sul costo di installazione e sulla scelta dei materiali impiegati. Effettuare un trattamento di tipo cool con vernici a base organica ha costi molto contenuti, ma paragonato ad un intervento con materiali alternativi e meno sensibili al degrado, che comportano una spesa iniziale

maggiore ma puntano sul contenimento dei costi di manutenzione e ripristino, risultano fortemente sfavoriti.

La certificazione che attesta le proprietà emissive dei materiali per cool roofs è il Product Rating Program del Cool Roof Rating Council del CRRC.

C.2 Pavimenti freddi – cool floors: si tratta di una pavimentazione stradale che utilizza additivi per riflettere la radiazione solare a differenza di una normale pavimentazione scura. I tradizionali marciapiedi scuri contribuiscono alle isole di calore in quanto assorbono l'80-95% della luce solare e raggiungono la temperatura superficiale di picco di 48-67° C. Le tipologie di pavimentazione tradizionale tendono a trasferire il calore verso il basso, accumulandolo nel sottosuolo e rilasciandolo successivamente nella fase notturna. È possibile trasformare una normale pavimentazione stradale scura in modo tale da aumentare la riflettanza solare dell'albedo attraverso il metodo del whitetopping che consiste nel rivestire la pavimentazione di asfalto esistente con uno strato di cemento Portland o semplicemente aggiungendo degli strati riflettenti e delle guarnizioni su quelli già esistenti. La realizzazione di una nuova pavimentazione è in grado di aumentare l'albedo grazie all'utilizzo di miscele modificate, pavimentazioni permeabili e pavimentazioni vegetate.

Fig.18 – Cool pavement

L'utilizzo di sistemi di *cool pavement* come strategia globale è in grado di ridurre la temperatura a livello urbano e portare ad una serie di vantaggi a livello energetico, in quanto la riduzione della temperatura dell'aria grazie alla riflettanza solare dei marciapiedi può ridurre il consumo di energia. Un aumento di circa 10-35% della riflettanza della pavimentazione a livello urbano è in grado di ridurre la temperatura dell'aria di circa 0,6° C con derivanti benefici i energia e riduzione dei livelli di ozono. In contemporanea i marciapiedi permeabili, attraverso l'evapotraspirazione concorrono alla riduzione della temperatura dell'aria, permettendo all'acqua piovana di infiltrarsi nel suolo e riducendo il deflusso piovano nelle fognature.

Fig.19 – Esempi di cool pavement Oslo Opera House

6. Conclusioni. Una prima proposta dei tipi di intervento per ridurre la sensitività idraulica

Le realtà urbane italiane si trovano spesso in ritardo nella spinta sostenibile-resiliente rispetto ad altre città europee e mondiali. Le città italiane, di diverse dimensioni, ad oggi manifestano una sparsa capacità di affrontare le numerose sfide climatiche che si presentano e le nuove strategie urbanistiche per contrastarle. La città di Torino rientra in questa categoria, a causa della struttura del territorio e alle numerose, e sempre crescenti vulnerabilità che interessano il territorio.

A seguito delle analisi svolte e all'incrocio con gli scenari di intervento individuati, sono emerse quali sono le aree che necessitano maggiormente di interventi al fine di ridurre le vulnerabilità urbane. Dall'intersezione dei dati della vulnerabilità commerciale e quelli della vulnerabilità idraulica si individuano le due aree più interessate da questi fenomeni, si tratta della zona Cenisia e dell'asse che taglia diagonalmente il centro di Torino dalla stazione di Porta Nuova a quella di Porta Susa. Queste due aree sono già densamente edificate, fanno parte del tessuto consolidato della città di Torino e hanno subito più o meno recentemente degli interventi di trasformazione a livello urbanistico. Questi interventi hanno solo in parte considerato la componente di pericolosità idraulica ed in particolare il fenomeno delle piogge intense, che negli ultimi tempi a causa dei continui aggravamenti dei cambiamenti climatici, esponendo sempre maggiormente le realtà urbane come Torino.

6.1. I criteri per la definizione dei tipi di intervento

Sulla base degli studi nazionali analizzati, come il "BLUE AP PROJECT - Buone pratiche di adattamento" della città di Bologna e il Piano di Adattamento della città di Mantova, sono state individuate una serie di misure volte a ridurre la vulnerabilità della componente commerciale e di quella idraulica. Data la posizione dei siti individuati, è importante tenere conto della componente preesistente e considerare la tipologia edilizia presente nelle zone interessate. Per quanto riguarda l'area centrale, l'introduzione di misure di riduzione del deflusso superficiale eccezionale, può interessare solo la parte di balconate verdi e non la componente di tetti verdi, a causa dei tetti a falde; questa tipologia di interventi è più indicata per edifici di più recente costruzione o edifici a tetto piano. Sulla base delle zone individuate risultano più adatti gli interventi di drenaggio sostenibile, come la canalizzazione filtrante, da inserire anche parzialmente ai margini delle zone ciclabili o pedonali in modo tale da prevenire episodi di allagamenti e a permettere il deflusso dei volumi di run-off dovuti ad eventi di pioggia intensa. Possono essere introdotti con la stessa funzione i rain garden o degli interventi di pavimentazione drenante, che possono essere inseriti anche all'interno in spazi privati o condominiali, per aiutare il deflusso urbano ed evitare il sovraccarico della rete di acque reflue urbane in caso di eventi metereologici.

Per quanto riguarda la zona centrale gli interventi che risultano possibili possono essere in parte misure di riduzione del deflusso superficiale eccezionale, considerando che non è possibile la sostituzione integrale della pavimentazione ma solo parziale e con l'inserimento di alcune zone di rain garden o canali filtranti, misure di drenaggio sostenibile, che a causa della presenza quasi totale

di tetti a falda risulta possibile solo su edifici di nuova costruzione e anche misure di riduzione del surriscaldamento, con la parziale sostituzione (ove non è possibile inserire pavimentazione drenante) di pavimentazione "fredda" o coperture bianche per i tetti piani che per diverse ragioni non possono essere convertiti in tetti verdi. Le misure di riduzione del surriscaldamento vengono inserite in quanto la loro applicazione non ha conseguenze dirette sulla riduzione della sensitività idraulica, ma svolgono una funzione di mitigazione per quanto concerne il cambiamento climatico, il che ha degli effetti positivi anche sulla componente idraulica.

		Zona Cenisia	Zona centro
A. Misure di riduzione del deflusso superficiale eccezionale	A.1.1/A.1.2 Trincee e canali filtranti		
	A.2 Pavimentazioni permeabili		
	A.3 Rain garden		
B. Misure di drenaggio sostenibile	B.1 Tetti verdi		
	B.2 Verde di balconata		
C. Misure di riduzione del surriscaldamento	C.1 Tetti freddi		
	C.2 Pavimenti freddi		

Adatto		Parzialmente adatto		Non adatto

Ogni soluzione ha una sua declinazione particolare, un orizzonte temporale e una fattibilità diversa. Sulla base di ciò le soluzioni necessitano di una classificazione in base alla famiglia, in modo tale da diventare efficaci ed operative. Infatti, queste sono soluzioni che non possono essere inserite direttamente all'interno di un piano, ma necessitano di essere catalogate in tipi di interventi che vengono classificati per rispondere al problema della vulnerabilità idraulica. Queste possono essere classificate sulla base di:

I. Lo spazio, se sono rivolti ad un soggetto pubblico o a un privato;
II. La città, da cui deriva la potenzialità di trasformazione, a seconda che si tratti della manutenzione e del mantenimento (della città consolidata) o di interventi di rigenerazione o di riprogettazione degli spazi (città della trasformazione);
III. Gli strumenti, su cui andare ad intervenire in modo tale da integrare e rendere operativa tale misura.

Questa classificazione offre una serie di soluzioni in grado di inserirsi all'interno della pianificazione del Comune di Torino a diversi livelli e con differenti orizzonti, ma con un fine ultimo in comune, puntare ad ottenere un metabolismo urbano resiliente. Queste tipologie di intervento non possono essere inserite direttamente all'interno del Piano Regolatore Comunale, ma necessitano di essere catalogate e classificate per rispondere, a seconda del caso e della necessità, a problematiche generali, come la vulnerabilità idraulica. Analizzandole emerge che si inseriscono in orizzonti temporali e fattibilità diverse, alcune misure rientrano nella programmazione ordinaria

della città (gli interventi sui singoli edifici, come rifacimento tetto rientrano nelle Norme Tecniche Attuative), altre fanno parte della programmazione più ampia che individua la azioni che la Pubblica Amministrazione inserisce all'interno della programmazione triennale.

6.2. Lo spazio, pubblico o privato

Questa prima categorizzazione è fondamentale, in quanto distingue gli spazi pubblici da quelli privati. Gli interventi individuati possono coesistere in entrambi gli spazi o meno, a seconda del tipo di azione, ma anche dei costi di realizzazione e di manutenzione che essi comportano.

		PUBBLICO	PRIVATO
A. Misure di riduzione del deflusso superficiale eccezionale	A.1.1/A.1.2 Trincee e canali filtranti	X	
	A.2 Pavimentazioni permeabili	X	X
	A.3 Rain garden	X	X
B. Misure di drenaggio sostenibile	B.1 Tetti verdi		X
	B.2 Verde di balconata		X
C. Misure di riduzione del surriscaldamento	C.1 Tetti freddi		X
	C.2 Pavimenti freddi	X	X

6.3. La città, consolidata o della trasformazione

Classifica gli interventi a seconda che si occupino di manutenzione e mantenimento della città consolidata o della rigenerazione o la riprogettazione degli spazi (città della trasformazione).

		CITTA' CONSOLIDATA	CITTA' DELLA TRASFORMAZIONE
A. Misure di riduzione del deflusso superficiale eccezionale	A.1.1/A.1.2 Trincee e canali filtranti		X
	A.2 Pavimentazioni permeabili	X	X
	A.3 Rain garden	X	
B. Misure di drenaggio sostenibile	B.1 Tetti verdi	X	X
	B.2 Verde di balconata		X
C. Misure di riduzione del surriscaldamento	C.1 Tetti freddi	X	X
	C.2 Pavimenti freddi	X	X

6.4. Gli strumenti che possono recapitare le misure

Ricollegandosi alla classificazione degli spazi pubblici o privati, troviamo la definizione degli strumenti che possono recapitare quella misura e renderla operativa, a seconda dell'orizzonte temporale e della fattibilità dei singoli interventi.

		STRUMENTO
A. Misure di riduzione del deflusso superficiale eccezionale	A.1.1/A.1.2 Trincee e canali filtranti	Piano del verde
	A.2 Pavimentazioni permeabili	NTA
	A.3 Rain garden	NTA
B. Misure di drenaggio sostenibile	B.1 Tetti verdi	Regolamento edilizio + NTA
	B.2 Verde di balconata	Regolamento edilizio
C. Misure di riduzione del surriscaldamento	C.1 Tetti freddi	Regolamento edilizio
	C.2 Pavimenti freddi	Regolamento edilizio

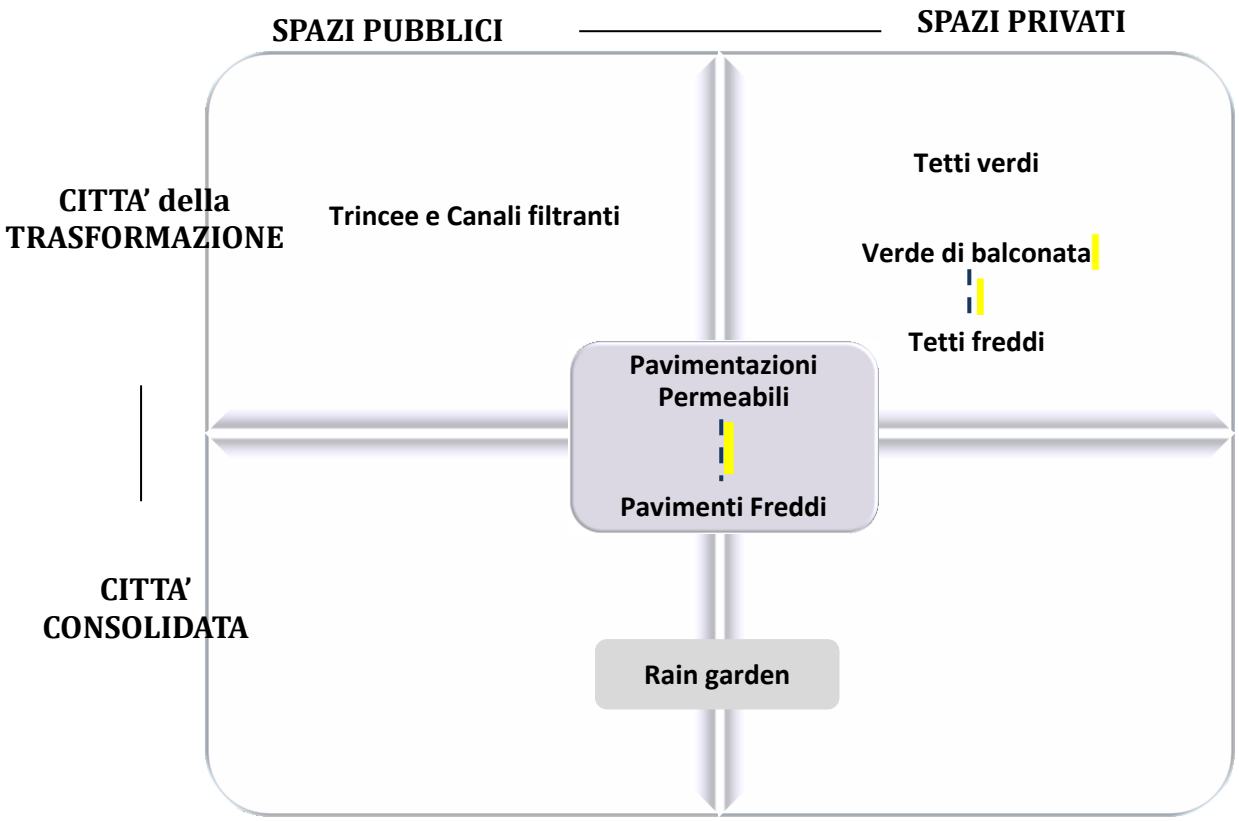
Nello specifico, il Regolamento Edilizio è un articolato normativo che accompagna il PRG ma che riguarda gli spazi privati, l'edilizia di base minuta (colore facciate, trattamento balconate, tetti, agenti, tettorie, trattamento dei materiali, pavimentazioni). Esso rientra nelle competenze dell'ufficio di edilizia privata.

Le Norme Tecniche Attuative (NTA), invece, riguardano gli spazi pubblici e privati che hanno a che fare con superfici fondiarie o territoriali, le zone di città consolidata con zone a terra che necessitano di spazi di relazione, in lotto, tutte le misure che riguardano il trattamento delle superfici a terra (no in elevazione) (la densità arborea, le rampe d'accesso, giardini e pertinenze, le regole del PRG). Le NTA rientrano nelle pratiche del settore urbanistico.

Il Piano del verde, nel caso specifico di Torino (o Piano dei servizi) riguarda il verde pubblico, le strade alberate, tutte le tipologie trasformative dei boulevard, de-impermeabilizzazione. Il Piano del verde è lo strumento che si occupa della programmazione triennale delle opere pubbliche, all'interno del piano e della pianificazione e rientra nelle competenze degli uffici delle infrastrutture e lavori pubblici.

Per far si che il metabolismo urbano risulti resiliente è necessario un dialogo e una collaborazione attiva tra i tre uffici, in modo tale che queste misure si inseriscano come tasselli all'interno degli ingranaggi, rappresentati dagli strumenti operativi, al fine di ottenere un funzionamento ottimale della macchina operativa del Comune di Torino.

MATRICE DEI TIPI DI INTERVENTO PER RIDURRE LA SENSITIVITÀ IDRAULICA



STRUMENTI

Bibliografia

100 Resilient Cities, 2020. *100 Resilient Cities.* Disponibile a: http://100resilientcities.org/;

Adger W.N., 2006, "Vulnerability", in *Global Environmental Change*, 16, pp. 268–281, Elsevier, Amsterdam;

Adger, W.N., 2003. Social capital,collective action and adaptation to climate change. Economic Geography, vol. 79, pp. 387-404;

Antonini A. (2018), Resilienza per le città adattative: sperimentazioni per l' adattamento in ambito urbano. Il Patto dei Sindaci per l'Adattamento: la piattaforma di supporto e monitoraggio;

Berkes, F.& Folke C, 1998. *Linking social and ecological systems:management practices and social Mechanisms for building resilience*. Cambridge University Press;

Brunetta, G. (2016) The resilience concept and spatial planning in European protected areas development. Parks of the Future. Protected Areas in Europe Challenging Regional and Global Change;

Brunetta, G. and Caldarice, O., 2017. Cambiamento climatico e pianificazione urbanistica. Il ruolo delle aree urbane nella costruzione di strategie adattive e resilienti. Planum Publisher;

Brunetta, G. and Caldarice, O., 2019a. Planning for climate change: Adaptation actions and future challenges in the Italian cities. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 101, pp.609–613;

Brunetta, G. and Caldarice, O., 2019b. Spatial Resilience in Planning: Meanings, Challenges, and Perspectives for Urban Transition, *ISBN: 978-3-319-71061-7 - Sustainable Cities and Communities. Springer International Publishing;*

Dallara A., Rizzi P. (2012), *Geographic Map of Sustainability in Italian Local Systems*, Regional Studies, Vol. 46.3, pp. 321-337;

Davoudi, S. (2009) Flaming the role of spatial planning in climate change. Electronic Paper, vol 43. Disponibile a: http://www.ncl.ac.uk/media/wwwnclacuk/globalurbanresearchunit/files/electronicworkingpapers/ewp43.pdf;

Davoudi, S., Brooks, E., &Mehmood A., 2013. Evolutionary Resilience and Strategies for Climate Adaction. *Planning Practice & Research*, vol. 35, pp.307-322. Disponibile a: http://dx.doi.org/10.1080/02697459.2013.787695;

Ecoscienza, (2014), Bologna di fronte all'adattamento climatico. Blue Ap, 2014, vol. 5. Disponibile a: http://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2014_5/BlueAp_ES2014_05.pdf;

Faludi, A.,(1987), A decision-centred view of environmental Planning: Oxford Pergamon Press;

Farruggia A., Ferrara V., 2007, Clima: istruzioni per l'uso. I fenomeni, gli effetti, le strategie, Edizioni Ambiente, Milano;

Folke, C. (2006) Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. Global Environmental Change, vol. 16, pp.253-267;

Forman R.T.T., 1995, Land Mosaics, the ecology of landscapes and regions, Cambridge University Press, Cambridge;

Gabellini, P. (2013) Pensare alla "resilienza" come "re/volution". In: INU XXVIII, 2013. Congresso Nazionale Istituto Nazionale di Urbanistica. Salerno, Palazzon del Comune , Ottobre 2013. Italia.

Disponibile a: http://www.inu.it/wpcontent/uploads/Mantini_RIGENERAZIONE_URBANA_RESILIENZA_REVOLUTION.pdf;

Gallopin G.C., 2006, “Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity”, in Global Environmental change, 16 (2006), pp. 293–303, Elsevier, Amsterdam;

Gibelli M.G., 2008, “Indicatori ambientali e paesaggistici”, in *Valutazione Ambientale*, 14 (2008), Edicom Edizioni, Monfalcone;

Gibelli e Dosi (2017) “Conoscere la vulnerabilità per sviluppare resilienza”, Ecoscienza, 5. Disponibile a: https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2017_5/gibelli_dosi_es2017_05.pdf ;

Graziano, P. (2014) "Rischio, vulnerabilità e resilienza territoriale: il caso delle province italiane", *EyesReg* Vol. 4(1);

Holling, C.S., 1973. Resilience and Stability of Ecological Systems. Annual Review of Ecology and Systematics, 4(1), pp.1–23;

Holling, C.S., 1986. The Resilience of Terrestrial ecosystems. Sustainable of Terrestrial Ecosystems;

Holling, C.S., 1996. Engineering resilience versus ecological resilience, National Academy of Engineering. Engineering Within Ecological Constraints, (1996), pp.31–44;

Holling C.S. (2001), *Understanding the Complexity of Economic, Ecological and Social Systems, Ecosystems,* 4, pp. 390-405;

IPCC, 2014. Climate Change 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report;

IPCC, 2018. 2018: 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;

La Cecla, F. (2015) “Contro l’urbanistica”, *La cultura delle città. ISBN 9788806220860* - Edizioni Enaudi;

Maragno, D., (2018), “ICT, resilienza e pianificazione urbanistica. Per adattare le città al clima”, ISBN: 9788891781260 – Franco Angeli

Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2015. *Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici SNAC*. Disponibile a: http://www.pdc.minambiente.it/sites/default/files/allegati/Strategia_nazionale_adattamento_cambiamenti_climatici.pdf;

Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2017. *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici PNACC*. Disponibile a: https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/adattamenti_climatici/documento_pnacc_luglio_2017.pdf;

Newman, P., Beatley, T. and Boyer, H., (2009) “Resilient cities. Responding to Peak oil and climate change”, *Island Press*

Paolella e Gaudioso (2016) "Disponibile! Il diritto dei cittadini a riusare spazi abbandonati. Esperienze di partecipazione attiva", pagg. 6-11;

Ronchi, S. *et al.* (2019) "Policy instruments for soil protection among the EU member states: A comparative analysis", *LAND USE POLICY*. Elsevier, 82, pagg. 763–780;

Roscelli, R. (2014) "Manuale di estimo - Valutazioni economiche ed esercizio della professione." *UTET*

Setälä, H. *et al.* (2014) "Urban and agricultural soils: Conflicts and trade-offs in the optimization of ecosystem services", *Urban Ecosystems*, 17(1), pagg. 239–253;

UN, 1992. Earth Summit: Agenda 21. In: *The United Nations Programme of Action from Rio, The Final Text of Agreements Negotiated by Governments at the United Nations Conference on Environment and Development* (UNCED), 3–14 June 1992, Rio de Janeiro, Brazil;

Sitografia

Agenzia della Mobilità Torinese http://mtm.torino.it/it

Arpa Piemonte http://www.arpa.piemonte.it/

Camera di Commercio Torino https://www.to.camcom.it/

Comune di Torino http://www.comune.torino.it/

Edizioni Ambiente http://freebook.edizioniambiente.it/articolo/18/Un_aspetto_importante_della_lotta_allo_spreco_la_riqualificazione_di_edifici_abbandonati

Gruppo Trasporti Torinese http://www.gtt.to.it/cms/

Il Sole 24 ore https://www.ilsole24ore.com/art/edilizia-sociale-italia-750mila-immobili-abbandonati-rigenerare-AC2Wfvs

Istituto Nazionale di Urbanistica http://INU.it/ , http://www.inuedizioni.com/it/

Intergovernmental Panel on Climate Change https://www.ipcc.ch/reports/

Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente http://www.irea.cnr.it/

Istituto Nazionale di Statistica - ISTAT https://www.istat.it/

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale https://www.isprambiente.gov.it/it

Legambiente https://www.legambiente.it/

Researchgate https://www.researchgate.net/

R3C http://www.r3c.polito.it/

Scienza in rete https://www.scienzainrete.it/contenuto/articolo/riqualificazione-di-siti-industriali-dismessi

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente https://www.snpambiente.it/

Urban Center Torino http://www.urbancenter.to.it/

Indice Figure

CAPITOLO 1

Fig. 1 - Fondazione Cariplo – Arch. Angela Colucci

Fig. 2 - Duvigneaud e Denaeyer-De Smet "Il metabolismo urbano di Bruxelles" (1977)

CAPITOLO 2

Fig. 1 - IPCC (2014)

CAPITOLO 3

Fig. 1 – Ortofoto Comune di Torino (2018)

Fig. 2 - Comune di Torino, le tre centralità

Fig. 3 - Indirizzi di politica urbanistica. Assessorato all'urbanistica del comune di Torino (2008)

Fig.4 - Torino strategica "Mappatura delle trasformazioni metropolitane" (2011)

Fig.5 - Elaborazione del Quindicesimo rapporto Rota (2014)

Fig.6 - elaborazione personale, dati: Comune di Torino, Urban Center Torino

Fig.7 - elaborazione personale, dati: Comune di Torino, Urban Center Torino

Fig.8 - elaborazione personale, dati: Comune di Torino, Urban Center Torino

CAPITOLO 4

Fig.1 - Rapporto Ambientale SNPA

Fig.2 - elaborazione R3C dati: Comune di Torino, R3C

Fig.3 - elaborazione R3C dati: Comune di Torino, Urban Center Torino

Fig.4 - elaborazione personale, dati: Comune di Torino, Urban Center Torino

Fig.5 - Report sulla mobilità veicolare in Piemonte (2017)

Fig.6 - Meteorete.it

Fig.7 - elaborazione personale, dati: Comune di Torino, Urban Center Torino

Fig.8 - elaborazione R3C dati: Comune di Torino, R3C

Fig.9 - elaborazione personale, dati: Comune di Torino, Urban Center Torino

Fig.10 - elaborazione R3C dati: Comune di Torino, Urban Center Torino

CAPITOLO 5

Fig.1 - elaborazione personale, dati: Comune di Torino, Urban Center Torino

Fig.2 - Piano di Adattamento della città di Bologna

Fig.3 - vecchie e nuove tecniche per gestire meglio l'acqua in città: esempi di progetti e realizzazioni innovative Dr. Fabio Masi - Ing. Riccardo Bresciani IRIDRA Srl - Firenze

Fig.4 - vecchie e nuove tecniche per gestire meglio l'acqua in città: esempi di progetti e realizzazioni innovative Dr. Fabio Masi - Ing. Riccardo Bresciani IRIDRA Srl - Firenze

Fig.5 – fotovoltaicosulweb.it

Fig.6 - CISM green garden

Fig.7 - Piano di Adattamento di Mantova

Fig.8 - Architettura e bioarchitettura Romina Monti

Fig.9 - http://nsa.nonsoloambiente.it/ambiente/francia-il-tetto-verde-diventa-legge/

Fig.10 – Climagreen.com

Fig.11 - Nonsoloambiente.it

Fig.12 - Piano di Adattamento di Mantova

Fig.13 - Piano di Adattamento di Mantova

Fig.14-Green Roof www.greenroofsafari.com/index.html

Fig.15 - Cool roof http://www.coolrooftoolkit.org

Fig.16 - Residential Roofing https://www.seamlessroofersinc.com/residential-roofing/

Fig.17 - Piano di Adattamento di Mantova

Fig.18 - Cool roofhttps://www.indiamart.com/proddetail/white-cool-roof-tile-21592118130.html

Fig.19 - https://www.visitnorway.it/listings/lopera-e-balletto-norvegese/45267/

Indice tabelle

CAPITOLO 4

Tab.1 - Indicatori di vulnerabilità del sistema urbano, fonte: Comune di Torino, Urban Center Torino

Tab.2 – Le attività commerciali presenti su Torino e la loro incidenza, fonte: Comune di Torino, Camera di Commercio di Torino

Tab.3 - Uso della componente antropizzata, fonte: Comune di Torino

Tab.4 - Il tema del consumo di suolo tra diversi enti, fonte: Comune di Torino, ISRA, Regione Piemonte

CAPITOLO 5

Tab.1 – Indicatori di vulnerabilità del sistema urbano, fonte: Comune di Torino, Urban Center Torino

Tab.2 – esempi di pavimentazione permeabile, fonte: Piano di Adattamento della città di Bologna

Tab.3 - specie rampicanti, fonte: Piano di Adattamento della città di Bologna

Tab.4 - Tabella 4 - coefficiente RS (%) dei materiali, fonte: Piano di Adattamento della città di Bologna

Ringraziamenti

Giunta al termine di questo elaborato, voglio dedicare un ringraziamento speciale alla mia relatrice, la Professoressa Grazia Brunetta che nell'ultimo anno mi ha accompagnato e spronato il mio interesse per l'argomento qui trattato, al mio co-relatore, il Dottor Stefano Salata, per la sua disponibilità, la pazienza e per avermi mostrato aspetti relativi alla pianificazione che senza di lui probabilmente avrei ignorato.

Sono grata ogni giorno per le persone che ho al mio fianco oggi e per l'amore e la lealtà che negli anni ho conquistato.

Alla mia famiglia, Mamma, Paolo, Ginevra e Riccardo, per l'affetto e per avermi insegnato che, in fondo, gli ostacoli esistono per essere superati.

Ai Nonni, Gino per la sua forza e la sua costante presenza, Luciana, che mi è comunque sempre vicina. A Dario e Piera, nonni acquisiti, ma sempre presenti.

A Lorenzo, per l'amore, la fiducia, il sostegno e per avermi insegnato che vicino a lui sono una persona migliore. Grazie di essere al mio fianco.

A Clara, la mia migliore amica, compagna di avventure, di viaggi e di colazioni, per avermi dimostrato che le amicizie estive possono diventare molto di più.

A Elisa, per gli anni di scuola, di amicizia, i traguardi raggiunti insieme e gli Spritz che migliorano la settimana.

A Federica, l'amica di sempre, che nonostante gli anni e la distanza è sempre presente.

A Fede Thai, per la spontaneità, la sincerità e per avermi dimostrato nell'ultimo anno che cos'è forza.

A Sple, che mi ha insegnato a vedere le cose in modo differente.

All'amicizia, che negli anni mi ha accompagnato, spronato e aiutato. Ai compagni universitari, Alessandro, Donato e Federica, che hanno allietato i lavori di gruppo.

Concludo questo percorso con la consapevolezza di aver raggiunto un grande traguardo e con la speranza per un futuro pieno di gratificazioni e successi, ma pur sempre con tutti voi al mio fianco.

Grazie

Carlotta, Luglio 2020