

DIREZIONE OPERE PUBBLICHE

SCR PIEMONTE S.p.a.		CITTA' DI TORINO	
LIVELLO PROGETTUALE		PROGETTO ESECUTIVO	
CUP C13D21002930001	TITOLO INTERVENTO "TORINO, IL SUO PARCO, IL SUO FIUME: MEMORIA E FUTURO"		
CODICE OPERA 22043D02	INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE E RECUPERO AREE VERDI DEL PARCO DEL VALENTINO		
Tavola n. 110	TITOLO TAVOLA PE - RELAZIONE DI SOSTENIBILITA' DELL'OPERA		
DATA 01 DICEMBRE 2023	SCALA	AREA PROGETTUALE AMBIENTE E TERRITORIO	
FORMATO ELABORATO A4	CODICE GENERALE ELABORATO 22043D02 0 0 E GE 00 CB 110 0		
NOME FILE 22043D02_0_0_E_GE_00_CB_110_0			
VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE	
0	01 dicembre 2023	Prima redazione	
RTP PROGETTAZIONE  AG&P greenscape srl (mandataria) via Savona 50 20144 Milan - Italy  m t a ASSOCIATI (mandante) Via Benedetto Marcello 10, 20124 Milano		TIMBRI - FIRME Responsabile del progetto: Arch. Paolo Palmulli Responsabile progetto architettonico: Arch. Antonio Troisi	
RTI ESECUZIONE  CONSORZIO STABILE A.L.P.I. scarl Viale Rimembranze 28 - 20045 Lainate (MI)			
ORGANISMO DI CONTROLLO		S.C.R. PIEMONTE S.P.A.	
Progetto Costruzione Qualità PCQ S.r.l. Responsabile di commessa: Ing. Nicola TORCIANTI		Responsabile del Procedimento: Dott. Davide Ceraso	

INDICE

1.	PREMESSA	3
1.1	SINTESI DEL PROGETTO	3
1.2	OBIETTIVI DELL'OPERA.....	4
1.3	STAKEHOLDERS.....	4
2.	RISCONTRO DEL PRINCIPIO DNSH.....	6
3.	CONTRIBUTI AGLI OBIETTIVI AMBIENTALI.....	7
3.1	MITIGAZIONE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI	7
3.2	ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI.....	7
3.3	USO SOSTENIBILE E PROTEZIONE DELLE ACQUE E DELLE RISORSE MARINE	7
3.4	TRANSIZIONE VERSO UN'ECONOMIA CIRCOLARE	7
3.5	PREVENZIONE E RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO	8
3.6	PROTEZIONE E RIPRISTINO DELLA BIODIVERSITÀ E DEGLI ECOSISTEMI	8
4.	VALUTAZIONE DEL CICLO DI VITA DELL'OPERA	9
4.1	STRUTTURA STUDIO LCA.....	9
4.2	SCOPO DELLO STUDIO	9
4.3	FASE DI INVENTARIO (LIFE CYCLE INVENTORY)	9
4.3.1	Interventi e materiali	9
4.3.2	Processi di riutilizzo materie prime.....	10
4.3.3	Gestione dei rifiuti	11
5.	STIMA DELLA CARBON FOOTPRINT.....	12
5.1	CRITERI DI STIMA	13
5.2	BILANCIO DELLE QUANTITA' DI GHG EMESSI E ASSORBITI.....	13
5.2.1	Gas serra selezionati	14
5.2.2	Limiti del sistema e fonti di emissione.....	14
5.3	QUANTIFICAZIONE CF	14
5.3.1	Metodologia di calcolo	14
5.3.2	Calcolo	16
5.3.3	Risultati.....	19
6.	CONSUMI ENERGETICI	24
6.1	L'IMPOSTAZIONE PROGETTUALE	24
6.2	CONSUMO ENERGIA E ACQUA.....	24
7.	MISURE PER LA RIDUZIONE DEI CONSUMI DI MATERIA E DEI TRASPORTI	26
8.	IMPATTI SOCIO ECONOMICI.....	27
9.	MISURE DI TUTELA DEL LAVORO DIGNITOSO.....	28
10.	SOLUZIONI TECNOLOGICHE INNOVATIVE	29
11.	ANALISI DI RESILIENZA	30
11.1	ANALISI DEI RISCHI CLIMATICI.....	30
11.1.1	Piano di resilienza climatica della Città di Torino	30
11.1.2	Vulnerabilità dell'opera	38

11.1.3	Vulnerabilità dell'opera rispetto ai rischi individuati	39
11.2	CONTRIBUTO DELL'OPERA ALLA MITIGAZIONE DEI RISCHI INDIVIDUATI.....	41

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la “Relazione di Sostenibilità Ambientale” prevista dalle linee guida di cui al documento del Ministero delle Infrastrutture e della mobilità sostenibile “Linee guida per la redazione del progetto esecutivo da porre a base dell’affidamento di contratti pubblici di lavori del PNRR e del PNC” di luglio 2021.

1.1 SINTESI DEL PROGETTO

Le azioni progettuali per la riqualificazione del Parco del Valentino, di seguito descritte, hanno come risultato atteso la restituzione alla cittadinanza di un brano di paesaggio che rappresenta un’opportunità di socialità, di movimento e di svago di alta qualità oltre che di riscoperta storica e di incremento della biodiversità verde.

Il progetto paesaggistico si articola prevalentemente in alcune azioni cardine, riassumibili come segue:

- La depavimentazione con il conseguente nuovo dimensionamento della rete dei percorsi principali.
- La creazione di nuove occasioni d’uso degli spazi verdi pubblici a disposizione la collettività.
- La risistemazione di un lungofiume più vivibile ed accessibile.
- L’incremento delle aree a verde e la messa a dimora di nuove alberature.

L'intervento che maggiormente modificherà la percezione del parco è rappresentato dalla rimozione della pavimentazione in conglomerato bituminoso e la riduzione delle sezioni dei viali, nel rispetto della storicità del sito. Il progetto prevede infatti la sostituzione dell’asfalto in favore del calcestruzzo drenante color ocra, con la sezione stradale, attualmente con marciapiede su entrambi i lati della carreggiata, ridotta a circa 9 metri, dagli originari 20, variabili a seconda della localizzazione, dando maggiore spazio ai prati ed alle nuove alberature, permettendo quindi alla natura di riappropriarsi dei propri spazi. La risistemazione qui descritta prevede, inoltre, la pedonalizzazione dell'area parco con la ricollocazione dei parcheggi esistenti all’interno del padiglione sotterraneo Morandi, offrendo maggiore spazio e sicurezza di fruizione ai pedoni ed ai ciclisti.

Il sistema di viali metterà in connessione alcune polarità progettuali sulle quali si è deciso di concentrare le attività con specifici interventi di riqualificazione, meglio descritti nei relativi elaborati di progetto, di cui di seguito si propone una sintesi.

In particolare, nella parte meridionale del parco, lungo l’asse di viale Boiardo, si prevede la valorizzazione delle seguenti aree:

- piazza Rita Levi Montalcini;
- area di pertinenza Fontana dei 12 Mesi;
- area del Roseto.

Relativamente al lungofiume invece il progetto prevede di renderlo più fruibile e gradevole con il recupero delle aree di sosta, il restauro degli arredi presenti, integrati con arredi nuovi e la valorizzazione degli affacci principali. In particolare, lungo questo tratto vi sono diverse discese verso l'acqua, in stato di degrado, che il progetto prevede di restaurare e ripristinare. Nello specifico, gli interventi di restauro riguardano il sistema di *Rocailles* storiche qui presenti, così come in altre zone del parco.

A questi interventi va aggiunta la copertura del Padiglione 5 Morandi per il quale il progetto prevede la sistemazione superficiale dello stesso. Qui è prevista la rifunzionalizzazione e la modellazione delle bocche di areazione di un’area che sia in grado di accogliere attività e divertimenti in bicicletta, skateboard, rollers, giochi individuali e di gruppo senza però costituirsi come area specializzata dedicata ad una singola disciplina o attività.

Nella sua globalità il progetto prevede l'introduzione di numerose nuove specie vegetali, principalmente arboree, che saranno messe a dimora su tutta l'area di intervento, in particolare nelle porzioni di verde ricavate dal restringimento dei viali. Le nuove piantumazioni sono costituite da specie autoctone o naturalizzate, tra cui si citano: *Quercus robur*, *Liquidambar styraciflua*, *Gleditsia triacanthos* 'Inermis', *Quercus ilex*, *Platanus hybrida*, *Acer platanoides*, *Celtis australis* e *Cedrus deodara*, alcune delle quali sono storicamente presenti nel Parco.

Per una migliore fruibilità del Parco del Valentino si prevede l'inserimento di nuovi arredi e la sostituzione/ricollocaimento degli arredi in buone condizioni lungo i viali a sezione variata. Si prevede l'inserimento, in maniera capillare su tutta l'area, di nuovi chioschi dotati anche di servizi igienici accessibili a tutti. Infine, è prevista la rimozione dei cordoli a vista, per una maggiore permeabilità e un accesso agevolato anche a carrozzine e passeggini, con l'obiettivo di annullare le barriere architettoniche attualmente presenti in sito.

1.2 OBIETTIVI DELL'OPERA

Al termine del processo progettuale e di realizzazione dell'opera la cittadinanza potrà vivere un parco più verde, più attivo e più sicuro, in maggiore connessione con la natura, in cui praticare liberamente sport e poter godere della storia che permea l'area. I nuovi centri di attivazione, menzionati nel precedente paragrafo, permetteranno alle persone di godere del contesto fluviale, leggere e studiare in un contesto naturale e isolato dai rumori della Città. Un rinnovato sistema di percorsi favorirà l'attività fisica all'aria aperta e garantirà la fruizione anche alle fasce più vulnerabili della popolazione. Un rinnovato sistema di affacci e discese al fiume offre l'occasione di godere di romantici scorci sul paesaggio fluviale, con la possibilità di ammirare la fauna locale esistente.

Nel complesso, gli interventi previsti permetteranno alla cittadinanza di godere dei numerosi servizi ecosistemici forniti dal parco, caratterizzato da una manutenzione bassa e scarsa richiesta di input idrici, energetici e di manodopera, nell'ottica di una sempre maggiore sostenibilità dell'opera nella sua totalità.

Le strategie di progetto, con l'obiettivo di migliorare la qualità percettiva e fruitiva del parco, si declinano in 3 obiettivi principali:

- Continuità: un nuovo dimensionamento e rifunzionalizzazione della rete dei percorsi, per restituire un disegno compositivo più simile a quello ottocentesco e offrire più verde all'utenza, oltre a garantire maggior spazio alla pedonalità;
- Permeabilità: la progettazione di un waterfront più visibile ed accessibile, con nuovi affacci e possibilità di godere delle discese al fiume;
- Attrattività: Creazione di nuove occasioni d'uso degli spazi pubblici per la collettività, con l'inserimento di nuovi punti di aggregazione per le attività all'aperto, per lo studio e la lettura in corrispondenza dei nuovi spazi culturali.

1.3 STAKEHOLDERS

In occasione del rilancio economico indotto dai fondi PNRR emessi dall'Unione Europea, la Città di Torino ha presentato al Ministero della Cultura una proposta di intervento relativo all'area del fiume Po ("*Torino, il suo parco e il suo fiume: memoria e futuro*") che vede come attività portante e complessiva la riqualificazione del Parco del Valentino.

Le macro-azioni che compongono il progetto di intervento di riqualificazione e recupero aree verdi del Parco del Valentino vengono di seguito sintetizzate:

- valorizzazione funzionale e paesaggistica;

-
- maggior connessione abitato - parco/fiume;
 - valorizzazione di Viale Mattioli e Viale Medaglie D'Oro al fine di creare un percorso privilegiato tra il Castello del Valentino, sede della facoltà di architettura e Torino Esposizioni.
 - riqualificazione delle aree sull'asse di Viale Boiardo, in connessione con il complesso di Torino Esposizioni

Le sopracitate azioni di progetto, unitamente a quelle precedentemente descritte nei paragrafi di cui sopra si rivolgono al miglioramento della capacità fruitiva da parte della cittadinanza di quello che a tutti gli effetti può essere considerato il parco più importante e maggiormente fruito della Città di Torino.

Le aree di pertinenza del Parco del Valentino, data la sua eterogeneità, si rivolgono già oggi ad un ampio bacino di utenti, meglio descritti come segue:

- studenti del polo di architettura, presso il Castello del Valentino;
- visitatori dell'orto botanico;
- visitatori della Promotrice delle Belle Arti;
- associati ai numerosi circoli di canottieri lungo fiume;
- utenti dei locali e discoteche presenti;
- visitatori del Borgo Medioevale.

Come visibile da questo specchio sintetico i portatori di interesse verso l'area in oggetto sono innumerevoli e diversificati nella età degli stessi.

Gli stakeholder interessati dall'intervento in questione saranno ancora maggiormente rappresentati in seguito agli interventi di riqualificazione del comparto: ampliamento del polo universitario, nuova Biblioteca civica e teatro Nuovo che interesseranno il comparto di Torino Esposizioni. Questi interventi porteranno infatti nuovi fruitori in diversi momenti della giornata.

Il progetto mira quindi a massimizzare la capacità ricettiva del parco stesso, espandendo le aree a verde e la capacità di offrire luoghi di ristoro e relax su tutta l'area parco, andando ad aumentare quella che è l'offerta già presente oggi, aumentandola in quantità e qualità.

Punto cardine delle azioni di riqualificazione è rappresentato dall'eliminazione delle aree a parcheggio lungo i percorsi principali del parco stesso, il dialogo con gli enti nella fase progettuale ha infatti portato alla definizione della destinazione a parcheggio del padiglione Morandi, in sostituzione dell'attuale dotazione di parcheggio raso.

2. RISCONTRO DEL PRINCIPIO DNSH

L'asseverazione del rispetto del principio di "non arrecare un danno significativo" ("Do No Significant Harm" - DNSH), come definito dal Regolamento UE 852/2020, dal Regolamento (UE) 2021/241 e come esplicitato dalla Comunicazione della Commissione Europea COM (2021) 1054 è lo strumento attraverso il quale viene verificato che l'opera contribuisca in modo sostanziale alla tutela ambientale senza arrecare danno a nessuno degli obiettivi del Green Deal.

Il riscontro del rispetto del principio DNSH è stato svolto in un apposito elaborato allegato alla presente relazione.

3. CONTRIBUTI AGLI OBIETTIVI AMBIENTALI

La presente relazione di sostenibilità dell'opera è redatta in applicazione e secondo gli orientamenti tecnici stabiliti dalla Commissione Europea nel documento "Orientamenti tecnici sull'applicazione del principio «non arrecare un danno significativo» a norma del regolamento sul dispositivo per la ripresa e la resilienza 2021/C 58/01".

Ai fini del regolamento RRF, il principio DNSH va interpretato ai sensi dell'articolo 17 della Tassonomia Europea (Regolamento UE 2020/852). Tale articolo definisce il «danno significativo» per i sei obiettivi ambientali contemplati come segue:

3.1 MITIGAZIONE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Si considera che un'attività arreca un danno significativo alla mitigazione dei cambiamenti climatici se conduce a significative emissioni di gas a effetto serra.

3.2 ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Si considera che un'attività arreca un danno significativo all'adattamento ai cambiamenti climatici se conduce a un peggioramento degli effetti negativi del clima attuale e del clima futuro previsto su sé stessa o sulle persone, sulla natura o sugli attivi.

In questo caso l'opera in progetto ha un ruolo chiave nell'adattamento agli effetti del cambiamento climatico. Nello specifico contribuiranno all'adattamento:

- le nuove pavimentazioni drenanti;
- le nuove piantumazioni in sito, con conseguente aumento della superficie ombreggiata;
- le maggiori aree verdi, con conseguente maggior capacità di ritenzione di acque meteoriche;

3.3 USO SOSTENIBILE E PROTEZIONE DELLE ACQUE E DELLE RISORSE MARINE

Si considera che un'attività arreca un danno significativo all'uso sostenibile e alla protezione delle acque e delle risorse marine, se conduce al peggioramento del buono stato o del buon potenziale ecologico di corpi idrici, comprese le acque di superficie e sotterranee, o al buono stato ecologico delle acque marine.

La progettazione ha tenuto conto delle direttive in merito e mira ad un utilizzo sensibile delle risorse idriche, nello specifico le nuove aree verdi sono state pensate per minimizzare le necessità irrigue delle nuove essenze inserite da progetto. Le aree con ala gocciolante sono infatti minime e si limitano alle sole aree di inserimento di nuove specie arbustive ed erbacee (vedasi roseto, area intorno al monumento e aiuole nei pressi del castello). Per quanto concerne i prati di nuova realizzazione si è provveduto a specificare un mix di graminacee in grado di resistere agli stress idrici estivi e non, che sempre più spesso caratterizzano il contesto torinese e pertanto non è previsto alcun impianto irriguo ad hoc per tali aree. Anche le scelte arboree sono ricadute su specie in grado di fare un utilizzo limitato delle risorse idriche ed in grado di rispondere bene ai cambiamenti climatici sempre più evidenti.

3.4 TRANSIZIONE VERSO UN'ECONOMIA CIRCOLARE

Si considera che un'attività arreca un danno significativo all'economia circolare, compresi la prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti, se conduce a inefficienze significative nell'uso dei materiali o nell'uso diretto o indiretto di risorse naturali, o se comporta un aumento significativo della produzione, dell'incenerimento o dello smaltimento dei rifiuti oppure se lo smaltimento a lungo termine dei rifiuti potrebbe causare un danno significativo e a lungo termine all'ambiente.

In questo contesto dato l'aumento potenziale dei rifiuti derivanti dal nuovo verde in progetto, tra alberature, arbustive e nuovi tappeti erbosi, si suggerisce un riutilizzo degli stessi da parte della Città, incaricata della manutenzione, al fine di produrre nuovi fertilizzanti o compost riutilizzabili direttamente in sito.

3.5 PREVENZIONE E RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO

Si considera che un'attività arreca un danno significativo alla prevenzione e alla riduzione dell'inquinamento se comporta un aumento significativo delle emissioni di sostanze inquinanti nell'aria, nell'acqua o nel suolo.

In questo caso la progettazione non ha alcun impatto negativo, andando a migliorare le capacità di permeabilità dei suoli e aumentando la capacità del sito di produrre ossigeno ed abbattere CO₂.

3.6 PROTEZIONE E RIPRISTINO DELLA BIODIVERSITÀ E DEGLI ECOSISTEMI

Si considera che un'attività arreca un danno significativo alla protezione e al ripristino della biodiversità e degli ecosistemi se nuoce in misura significativa alla buona condizione e alla resilienza degli ecosistemi o nuoce allo stato di conservazione degli habitat e delle specie, compresi quelli di interesse per l'Unione Europea.

Anche quest'ultimo punto è positivamente recepito dal presente progetto in quanto la progettazione include nuove specie vegetali capaci di estendere lo spettro di quelle già attualmente presenti in sito, arricchendo la biodiversità cittadina e fornendo nuovi spazi vitali alla fauna locale.

4. VALUTAZIONE DEL CICLO DI VITA DELL'OPERA

La Life Cycle Assessment (LCA) è una metodologia che permette la valutazione degli impatti associati al ciclo di vita di un prodotto, processo o servizio durante il suo ciclo di vita. Questo metodo si pone come strumento per la valutazione di impatti verso l'ambiente e può essere utilizzata per: identificare opportunità di miglioramento delle performance ambientali di un prodotto; fornire informazione ai decisori politici o di mercato per l'attuazione di strategie; fornire indicatori di performance ambientali rilevanti ai fini di marketing.

A livello internazionale la metodologia LCA è regolamentata dalle norme ISO della famiglia 14040 in base alle quali uno studio di valutazione del ciclo di vita prevede: la definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione dell'analisi (ISO 14041), la compilazione di un inventario degli input e degli output di un determinato sistema (ISO 14041), la valutazione del potenziale impatto ambientale correlato a tali input e output (ISO 14042) e infine l'interpretazione dei risultati (ISO 14043)

4.1 STRUTTURA STUDIO LCA

A livello internazionale la metodologia LCA è regolamentata dalle norme ISO della famiglia 14040 sulla base delle quali uno studio di valutazione del ciclo di vita si articola in quattro differenti fasi:

- la definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione dell'analisi (ISO 14041);
- la compilazione di un inventario degli input e degli output di un determinato sistema (ISO 14041);
- la valutazione del potenziale impatto ambientale correlato a tali input e output (ISO 14042);
- l'interpretazione dei risultati (ISO 14043).

4.2 SCOPO DELLO STUDIO

Lo scopo di questo studio è quello di descrivere i principali processi di cui si compone l'intervento e i materiali di costruzione impiegati e descrivere le azioni intraprese per cercare di ridurre i consumi di risorse e la produzione di rifiuti in un'ottica di economia circolare e sostenibilità.

4.3 FASE DI INVENTARIO (LIFE CYCLE INVENTORY)

Il progetto è articolato in interventi riguardanti le diverse componenti del Parco ognuno di essi si pone con uno specifico obiettivo. Sulla base delle informazioni fornite nel cronoprogramma e nel computo metrico estimativo allegati al presente progetto, è stato elaborato un inventario dei principali interventi che concorrono alla realizzazione del progetto e i materiali ad essi associati.

4.3.1 *Interventi e materiali*

Ai fini della valutazione è stato scelto un approccio che considerasse quanto avviene a monte del cantiere, con la produzione e trasporto delle materie prime, durante il cantiere e al suo termine.

Relativamente alle materie prime, il progetto prevede l'approvvigionamento di quantitativi di materiali differenti alcuni dei quali in quantità tali da non essere associati a impatti significativi e, di conseguenza, da poter essere considerati trascurabili ai fini delle successive valutazioni. Di seguito sono elencate le principali attività esaminate e i materiali associati:

ATTIVITÀ	MATERIALI
Produzione materie prime	<ul style="list-style-type: none"> • calcestruzzo; • aggregati; • materiali lapidei; • acciaio; • terra agraria; • conglomerato bituminoso; • materiale ferroso; • pozzetti calcestruzzo; • pannelli fotovoltaici;
Approvvigionamento materie prime	<ul style="list-style-type: none"> • nuove pavimentazioni; • nuove aree verdi; • nuovi arredi urbani; • nuova rete acque; • impianto illuminazione parco; • impianto elettrico chioschi; • impianto fotovoltaico chioschi; • impianti meccanici chioschi; • impianti meccanici irrigazione; • forniture chioschi; • padiglione Morandi;
Fase di cantiere	<ul style="list-style-type: none"> • attività mezzi cantiere (scarificatore, piattaforma aerea, dumper etc.)
Conferimento a trattamento	<ul style="list-style-type: none"> • demolizione pavimentazione; • scavo per realizzazione nuovi sottoservizi; • scavi realizzazione nuovi impianti; • scavi realizzazione nuovi impianti;

4.3.2 Processi di riutilizzo materie prime

Le soluzioni progettuali sono state definite cercando di contenere, quando possibile, i consumi di nuovi materiali. Questo obiettivo è stato perseguito grazie all'applicazione dei Criteri Ambientali Minimi per l'edilizia e per l'arredo urbano la cui applicazione introduce l'obbligo di approvvigionamento di elementi dotati di specifiche caratteristiche come, per esempio, una specifica soglia di materiale proveniente da processi di riciclo o recupero. Infatti, parte del materiale adoperato per la realizzazione del nuovo sottofondo sarà costituito da aggregati riciclati provenienti da idonei impianti di recupero.

Allo stesso modo l'arredo urbano attualmente presente sarà in parte smontato, prima dell'inizio delle attività, e rimontato una volta terminati i lavori.

Il contenimento nell'uso delle risorse sarà garantito invece dalla scelta di essenze vegetali dotate di un contenuto fabbisogno idrico e resistenti al caldo ma anche da scelte gestionali che prevedono un numero ridotto di sfalci rispetto a quelli che vengono attualmente effettuati così da diminuire il numero di interventi di manutenzione nel corso dell'anno.

4.3.3 *Gestione dei rifiuti*

Data la tipologia di operazioni previste, le principali tipologie di rifiuti saranno originati durante la fase di cantiere in seguito alla demolizione della pavimentazione stradale e dalle operazioni di preparazione delle aree verdi quali:

- calcestruzzo;
- cemento;
- macerie;
- ferro;
- acciaio;
- sfalci e risultanze abbattimento.

L'applicazione dei criteri DNSH farà sì che il materiale proveniente dalle demolizioni dovrà essere gestito in modo da contenere il conferimento in discarica e pertanto una quantità non inferiore al 70% sarà preparata per il riutilizzo, riciclaggio o altre operazioni di recupero

5. STIMA DELLA CARBON FOOTPRINT

I cambiamenti climatici innescati dalle attività antropiche rappresentano una delle principali sfide mondiali di questo secolo. A partire dalla metà del XVIII secolo si assiste a un forte incremento nell'emissione di gas a effetto serra (GreenHouse Gasses, GHG), in particolare anidride carbonica, come conseguenza del massiccio utilizzo di combustibili fossili. Questi gas, grazie alla loro capacità di intercettare alcune componenti della radiazione solare, sono in grado di alterare il bilancio radiativo incrementando la quantità di radiazione trattenuta nell'atmosfera. Nel corso degli ultimi secoli, oltre all'uso di risorse fossili, lo sviluppo industriale è stato strettamente legato a un crescente consumo di risorse determinando la perdita di superfici naturali e interi ecosistemi, i quali fungono, tra le altre cose, da serbatoi di anidride carbonica.

Tutte queste azioni hanno portato ad uno squilibrio nel ciclo del carbonio dove, con il passare dei decenni, le emissioni di CO₂ non sono più state compensate dagli assorbimenti portando a un continuo innalzamento delle concentrazioni in atmosfera, il quale è avvenuto a tassi senza precedenti passando dalle circa 260 ppm dei livelli preindustriali, fino alle 414 ppm misurate nel 2021.

La principale conseguenza della maggiore concentrazione atmosferica di anidride carbonica, ma anche di altri gas climalteranti, è l'incremento della temperatura media della superficie terrestre. Questa, direttamente e indirettamente, è a sua volta causa di altre problematiche divenute sempre più ricorrenti come l'incremento di fenomeni estremi, scioglimento dei ghiacciai, ondate di calore etc.

La maggioranza della comunità scientifica concorda nella necessità di un intervento per scongiurare ulteriori innalzamenti di temperatura. Secondo l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), le attuali emissioni di gas serra totali dovrebbero essere ridotte in una misura compresa tra il 50 e 80 % entro il 2050 per riuscire a stabilizzare l'incremento di temperatura a 2°C rispetto al livello preindustriale.

Ogni processo, industriale e non, comporta l'emissione in atmosfera di quantità variabili GHG e misurare la quantità ad esso associata rappresenta un metodo per riuscire a stabilirne l'impatto. A tal fine, un utile strumento che può essere utilizzato è rappresentato dalla Carbon Footprint (di seguito CF) la quale quantifica di tutti i composti climalteranti associati a un processo. Essa può essere definita come la quantità di tutti i gas serra, espressi in termini di equivalenti di CO₂, emessi verso l'atmosfera da un individuo, organizzazione, processo, prodotto o evento all'interno di un sistema.

Quantificare le emissioni da parte di un'attività o processo permette di avere un chiaro quadro dell'impatto che essa può avere sull'ambiente permettendo una gestione attiva ma anche l'attuazione di misure di mitigazione agendo sulle fonti individuate. Ciò porta a una maggiore efficienza in termini ambientali, la quale a sua volta può tradursi in costi ridotti.

I principali standard utilizzati per la rendicontazione dei gas serra sono:

- GHG protocol del World Resource Institute (WRI)/World Business Consult on Sustainable Development (WBCSD) il quale si articola in due standard:
 - Una rendicontazione legata al ciclo di vita del prodotto;
 - una rendicontazione relativa alle organizzazioni.
- Norma ISO 14064: questa norma fa parte della famiglia delle ISO 14000 che riguardano la gestione ambientale e delle ISO 14060 le quali forniscono chiarezza e coerenza per la quantificazione, il monitoraggio, la rendicontazione e la validazione o verifica delle emissioni e delle rimozioni di gas serra (GHG). Nello specifico la ISO 14064 specifica i principi e i requisiti

per il calcolo e il reporting dell'emissione e rimozione dei GHG ponendosi l'obiettivo di standardizzare la rendicontazione della CF. Si compone di:

- parte 1: relativa al calcolo e reporting delle emissioni e rimozioni a livello di organizzazione;
- parte 2: descrive linee guida specifiche per i progetti finalizzati alla riduzione delle emissioni o alla loro rimozione;
- parte 3: fornisce specifiche e guida per la validazione e la verifica delle asserzioni relative ai gas ad effetto serra prodotte dalle aziende

5.1 CRITERI DI STIMA

Il calcolo della carbon footprint si compone di una serie di step volti all'acquisizione di dati che coprano tutto il ciclo di vita del prodotto/processo in esame al fine di poter di avere le informazioni necessarie per il calcolo delle emissioni complessive. Questi possono essere così descritti:

- selezione dei GHG;
- definizione dei confini e individuazione sorgenti di emissione e pozzi;
- raccolta dei dati relativi alle emissioni ed assorbimenti.

Il processo inizia con la selezione dei GHG rilevanti ai fini del calcolo in quanto alcuni composti possono essere emessi in quantità tali da essere trascurabili dato il loro contributo al processo totale.

La definizione dei confini consiste nel decidere l'estensione del calcolo ovvero stabilire quali sub-processi/attività, facenti parte del processo/attività principale, dovranno fare parte dello studio. Una volta fatto ciò, dovrà essere deciso quali tipologie di emissioni conteggiare e, a seconda dello scopo dello studio e del livello di dettaglio che si vuole ottenere, è possibile selezionare, in aggiunta alle emissioni dirette: le emissioni incorporate nell'energia acquistata; tutte le emissioni dirette non comprese nelle due categorie precedenti (trasporto dei beni, smaltimento, etc.). Tali emissioni dovranno essere categorizzate sulla base di:

- tipologia di composto;
- sorgente;
- tipologia.

Allo stesso modo, se presenti, dovranno essere considerati eventuali pozzi, legati al processo/attività, in grado di assorbire le emissioni di GHG prodotte.

Sono possibili diversi approcci relativi alla raccolta dei dati ognuno associato a una determinata difficoltà e ad un'accuratezza del dato. È possibile ottenere dati attraverso misurazioni dirette o tramite stime basate su modelli o bibliografia ma la scelta è dipendente dall'accuratezza del risultato che si vuole ottenere. Nonostante le misure dirette siano preferibili esse richiedono un maggior impiego di risorse (tempo e denaro) e di conseguenza frequentemente si ripiega sugli altri due approcci.

L'ultima fase vede il calcolo di quanto raccolto e sua conversione in equivalenti di anidride carbonica CO_{2e} grazie all'utilizzo di fattori di conversione messi a disposizione da parte dell'IPCC.

5.2 BILANCIO DELLE QUANTITA' DI GHG EMESSI E ASSORBITI

Come sopra illustrato nel corso degli anni sono state sviluppati diverse metodologie finalizzate alla standardizzazione del metodo per il calcolo dell'impronta di carbonio come il GHG protocol e le norme ISO del gruppo 14000 le quali sono riferite a prodotti e organizzazioni. La tipologia di progetto in esame non rientra tra quelle sopra indicate e attualmente non sono presenti linee guida specifiche. Nonostante ciò, si è cercato di seguire lo schema proposto dalle suddette al fine di dare rigore al metodo utilizzato.

5.2.1 Gas serra selezionati

L'anidride carbonica è solo uno dei molteplici composti in grado di alterare il bilancio radiativo e, oltre ad essa, altri composti sono in grado di intercettare la radiazione infrarossa. La scelta dei gas è stata effettuata prendendo come riferimento quelli considerati dal protocollo di Kyoto ossia CO₂, CH₄ e N₂O, HFC, PFC e SF₆ e focalizzandosi su quelli che saranno verosimilmente prodotti dalle attività che avranno luogo all'interno dei confini del sistema. Sulla base di ciò, si è ritenuto opportuno quantificare i seguenti GHG:

- CO₂;
- CH₄;
- N₂O.

5.2.2 Limiti del sistema e fonti di emissione

La scelta dei confini costituisce un punto cardine nel processo di quantificazione della CF in quanto, sulla base di quanto impostato come limite, permette di definire quali processi, e quindi quali emissioni, saranno computate nel calcolo. Nella seguente tabella sono descritte le attività considerate:

Tabella 5-1: Fonti di emissione legate alle attività di realizzazione del progetto

ATTIVITÀ	FONTI EMISSIONE	TIPOLOGIA EMISSIONE
Produzione materiale	Processo industriale	Diretta
Approvvigionamento materie prime	Trasporto su strada	Diretta
Attività di cantiere	Attività mezzi d'opera	Diretta
Smaltimento rifiuti	Trasporto su strada	Diretta
Fase di esercizio	Attività di manutenzione, funzionamento impianti elettrici	Diretta e indiretta

Essendo ancora ad un livello di progettazione preliminare e trattandosi di una stima, sono stati selezionati i processi/materiali principali in modo da non valutare fattori che apporterebbero un contributo non significativo al calcolo.

5.3 QUANTIFICAZIONE CF

5.3.1 Metodologia di calcolo

Al fine di svolgere il calcolo della Carbon Footprint è stato predisposto un apposito modello di calcolo in grado di elaborare le informazioni in ingresso e restituire la quantità totale di GHG espressi come CO_{2eq}. Sulla base del cronoprogramma e del computo metrico estimativo sono state estrapolate le informazioni relative ai mezzi d'opera, tipologia e quantità materiali approvvigionati, numero di trasporti e altre informazioni necessarie per il calcolo della CF. Dato che la fase di cantiere richiederà due anni per giungere alla conclusione, le emissioni sono state calcolate per ogni singolo anno tenendo inoltre conto delle operazioni di manutenzione necessarie e della CO₂ prodotta nella fase di esercizio.

I dati riferiti alle diverse tipologie di attività sono stati ottenuti da molteplici fonti, tra cui report di agenzie, database e articoli peer-reviewed.

Il calcolo delle emissioni generate dalla produzione dei materiali impiegati è stato condotto utilizzando l'Emission Factor Database (EFDB) dell'IPCC (<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php>) nel quale sono riportati i fattori di emissione per diversi progetti e altri parametri, supportati da documentazione tecnica, che possono essere usati per stimare le emissioni e assorbimenti di GHG e dalla letteratura disponibile. Inoltre è stato fatto del database Inventory of Carbon and Energy, detto ICE, il quale è un database che riporta i fattori di emissione dei materiali da costruzione (

La quantificazione delle emissioni provenienti dal trasporto e dai mezzi d'opera ha richiesto l'individuazione di appositi fattori di emissione (di seguito EF) che permettessero la di legare la loro attività all'emissione di composti a effetto serra. Per fare ciò, sono stati utilizzati due fonti differenti:

- INventario EMISSIONI ARia della Regione Lombardia, relativamente al trasporto di materiale (<https://www.inemar.eu/xwiki/bin/view/Inemar/HomeLombardia>);
- "EMP/EEA air pollutant emission inventory guidebook" (disponibile al seguente link: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>), pubblicato dall'agenzia europea per l'ambiente (European Environment Agency, EEA), strutturata in parte A e parte B per quanto concerne i mezzi d'opera.

INEMAR è un database progettato per realizzare l'inventario delle emissioni in atmosfera, il quale permette di stimare le emissioni dei principali macroinquinanti, frazioni carbonio del particolato, idrocarburi policiclici aromatici, metalli pesanti e degli inquinanti aggregati.

Nell'inventario sono riportati i EF, in g/km, categorizzati sulla base della tipologia di veicolo. Questo valore nel modello è moltiplicato per la distanza percorsa da ogni mezzo in modo da ottenere la quantità di GHG emesso. Tale valore è successivamente convertito, mediante degli indici di conversione per il calcolo del Global Warming Potential (GWP) pubblicati dall'IPCC, in CO_{2eq}.

Relativamente ai mezzi d'opera, per la determinazione delle emissioni è stato fatto riferimento alla guida redatta da parte dell'EEA il quale oltre a fornire i EF categorizzati per settore, si pone l'obiettivo di fornire una procedura per la compilazione di inventari di emissioni in modo che questi siano trasparenti, consistenti, completi, comparabili e accurati.

Nella parte B vengono descritte le linee guida per il calcolo delle emissioni nei diversi settori presi in considerazione (combustione, processi industriali e utilizzo di prodotti, agricoltura, rifiuti, altre risorse e risorse naturali). Essa, sulla base della quantità di informazioni disponibili, propone diverse metodologie di calcolo caratterizzate da un crescente livello di dettaglio (sia delle informazioni in input richieste che in output).

Le informazioni utilizzate sono quelle di cui al capitolo 1 il quale fornisce metodologie per la stima delle emissioni provenienti dal settore della combustione. Qui il paragrafo 1.A.4 descrive i metodi per il calcolo delle emissioni per i mezzi d'opera impiegati in diversi settori ai quali si riferisce come Non Road Mobile Machinery (NRMM) i quali sono tutti accumulati dall'utilizzo del motore a pistone alimentato da combustibili fossili quali: diesel, benzina e Gas di Petrolio Liquefatti (GPL).

Come sopra indicato, la guida propone tre diversi livelli di calcolo:

- Tier 1: fornisce un EF, per ogni inquinante, usando come discriminante la tipologia di combustibile;
- Tier 2: il EF viene fornito, non solo sulla base del combustibile, ma anche sul livello tecnologico del motore;
- Tier 3: rappresenta il metodo più completo ma che richiede la maggior quantità di dati in input. Oltre a quanto richiesto per il tier precedente, viene considerata anche la potenza del motore e il fattore di emissione è espresso in grammi per unità di potenza. Inoltre, nella formula del calcolo vengono introdotti alcuni fattori di correzione come, per esempio, numero di motori, età del motore.

Nonostante l'utilizzo del tier 3 permetta una stima più accurata, trattandosi di una fase di progettazione preliminare, la sua applicazione sarebbe subordinata all'utilizzo di dati non ancora a disposizione e pertanto è stato scelto il tier 2.

Per ogni mezzo e per ogni composto, i fattori di emissione sono stati moltiplicati per prodotto tra il consumo specifico orario (ottenuto dalle schede tecniche e/o dall'esperienza del progettista) e le ore di lavoro. In questo modo è stata ottenuta la quantità di GHG che, per mezzo degli indici di conversione sopra descritti, è stata espressa in termini di CO_{2eq}.

Nel calcolo della CF oltre alle emissioni, sono stati quantificati anche gli assorbimenti in quanto il Parco, grazie all'estensione della sua componente vegetale, è in grado di contribuire all'assorbimento della CO₂. Per fare ciò, sono stati presi come riferimento i dati riportati al documento Piano delle Regole del Piano di Governo del Territorio del Comune di Milano, il quale descrive le metodologie di calcolo per la minimizzazione delle emissioni di carbonio e per il raggiungimento dell'indice di riduzione di impatto climatico. Tale documento ipotizza che:

- ogni 1000 m² di superficie verde vengano assorbite, annualmente, 6 tonnellate di CO_{2eq} (fonte: CeRTES -Centro Ricerche Tappeti Erbosi - Università Facoltà Agraria di Pisa);
- ogni albero piantumato sequestri 50 kg/CO₂ ogni anno (fonte: Assessing urban tree carbon storage and sequestration in Bolzano, Italy – Alessio Russo, Francisco J. Escobedo, Nilesh Timilsina, Armin Otto Schmitt, Sebastian Varela & Stefan Zerbe International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem 13th January 2014 –Valore medio estrapolato da tab. 5).

Sulla base degli elaborati progettuali, e delle informazioni disponibili, l'assorbimento totale di anidride carbonica è stato ottenuto moltiplicando i fattori di assorbimento di cui sopra rispettivamente per la superficie totale e per il numero complessivo di alberi.

L'ultimo passo è stato la determinazione del punto di compensazione ovvero il momento in cui le emissioni prodotte dalla realizzazione del progetto saranno eguagliate dagli assorbimenti dovuti alle modifiche progettuali ma anche, per completezza di informazione, dall'intero Parco. La determinazione è avvenuta calcolando il punto di intersezione tra:

- retta assorbimenti attribuibili alle modifiche progettuali e retta emissioni del progetto.
- retta della cumulata degli assorbimenti e retta emissioni di progetto;

L'intercetta rappresenta una stima del tempo necessario affinché l'anidride carbonica emessa nell'ambito del progetto sia totalmente assorbita.

5.3.2 Calcolo

Produzione materie prime

Ai fini del calcolo, sono stati considerati i processi di produzione delle principali materie prime impiegate per la realizzazione delle opere del progetto. Ai fini del calcolo, è stato deciso di computare le materie nel primo anno suddividendole nelle seguenti categorie:

- aggregati (materiali strato fondazione e per il sottofondo);
- calcestruzzo;
- materiali lapidei (graniglia calcarea, ciottoli, cordoli in granito, lastre in granito e/o pietra, cubetti porfido);
- acciaio;
- terra agraria;
- conglomerato bituminoso;

-
- materiale ferroso;
 - pozzetti in calcestruzzo;
 - pannelli fotovoltaici.

Ognuno delle suddette è caratterizzato da uno specifico fattore di emissione dipendente dalla tipologia di materie prime utilizzate e della quantità di energia necessaria alla sua realizzazione.

Per la determinazione dei fattori di emissione di ciascun materiale è stato fatto affidamento alle fonti sopra descritte e le emissioni sono state determinate tramite il prodotto tra la quantità di materia e l'EF associato alla produzione di 1 tonnellata di output.

Approvvigionamenti

Le emissioni associate al trasporto delle materie prime sono state calcolate considerando che in questa fase saranno utilizzati prevalentemente mezzi pesanti (superiori alle 3,5 t) per i quali gli EF (kg/km percorso) sono stati reperiti consultando il database INEMAR della Lombardia. Si è assunto che la totalità dei materiali verrà approvvigionata prima dell'avvio della fase di cantiere e, pertanto, le emissioni associate saranno attribuite all'anno 1.

Si è considerato l'approvvigionamento dei seguenti materiali:

- nuove pavimentazioni;
- nuove aree verdi;
- nuovi arredi urbani;
- nuova rete acque;
- impianto illuminazione parco;
- impianto elettrico chioschi;
- impianto fotovoltaico chioschi;
- impianti meccanici chioschi;
- impianti meccanici irrigazione;
- forniture chioschi;
- padiglione Morandi strato di fondazione.

Sulla base della capacità di carico dei mezzi e dei quantitativi da trasportare, sono stati calcolati i carichi necessari per il trasporto e, supponendo una distanza di 100 km tra il punto di produzione e l'area di cantiere, si è proceduto a calcolare i chilometri complessivi. Moltiplicando questo valore per l'EF di ogni composto e il suo rispettivo GWP è stato ottenuto il quantitativo di emissioni relative al trasporto di ciascun materiale che sono poi state sommate tra di loro in modo da avere il valore complessivo per questa fase.

Cantiere

Durante la fase di cantiere, nei due anni, saranno coinvolti i seguenti mezzi d'opera:

- escavatore;
- miniescavatore;
- dumper;
- muletto;
- lama cingolata;

-
- rullo compressore;
 - rullo compressore;
 - autobetoniera;
 - autopompa per cls;
 - autocarro con cestello;
 - autocarro con gru;
 - carriola a motore;
 - pala meccanica (minipala);
 - centrale di betonaggio;
 - riciclatrice di asfalto;
 - tosaerba;
 - mezzi cura verde.

I fattori di emissione per i mezzi sopra elencati sono stati presi da EMP/EEA air pollutant emission inventory guidebook, parte B capitolo 1.A.4 considerando la categoria "1.A.2 g vii- Mobile Combustion in manufacturing industries and construction" nella quale sono racchiusi i mezzi e veicoli utilizzati in industria e nel settore delle costruzioni.

Non essendo possibile conoscere le specifiche dei mezzi utilizzati dal futuro aggiudicatore dell'appalto, per ogni tipologia è stato supposto l'utilizzo di mezzi attualmente in vendita sul mercato reperendo le relative schede tecniche in modo da derivare i consumi orari specifici. Dal cronoprogramma sono stati ottenuti i giorni di utilizzo di ciascun mezzo e, supponendo un uso giornaliero di 8 ore, sono state calcolate le ore di lavoro complessive che, moltiplicate per i consumi orari e l'EF, hanno permesso di ottenere le emissioni di GHG successivamente convertite in equivalenti di CO₂.

Smaltimento

Similarmente alla fase di approvvigionamento, sulla base della capacità di carico dei mezzi e della quantità di materiale da trasportare ai centri di trattamento, è stato ottenuto il quantitativo di emissioni associate allo smaltimento di rifiuti.

Fase di esercizio

Le emissioni generate durante l'anno in seguito alla conclusione del progetto sono riconducibili prevalentemente all'attività di manutenzione e ai consumi elettrici per il funzionamento dell'impianto di illuminazione e delle pompe a servizio dell'irrigazione e delle fontane.

Per la fase di manutenzione sono state considerate le attività necessarie per il mantenimento del verde quali:

- ridimensionamento di siepi, arbusti e alberi;
- rimozione biomassa morta;
- sfalcio delle superfici verdi;
- trasporto addetti alla cura del verde;
- trasporto materiale di scarto.

I consumi elettrici durante la fase di esercizio saranno riconducibili al funzionamento dell'impianto di irrigazione e illuminazione pubblica, dei chioschi e dei servizi igienici i cui i dettagli sono descritti in modo approfondito al successivo capitolo.

Assorbimenti

L'assorbimento di anidride carbonica è stato valutato in quanto rappresenta uno dei principali effetti positivi associati alla realizzazione del progetto. Tale valore è stato calcolato basandosi sull'incremento delle aree verdi, dovuto al restringimento della sezione stradale, e sull'incremento degli individui che andranno a costituire il patrimonio arboreo.

La rimozione della sezione stradale porterà ad un incremento della superficie a verde a bordo della strada che passerà, una volta ultimati i lavori, da 89.102 m² a 109.399 m² pari ad un incremento complessivo di 20.297 m².

La componente arborea sarà incrementata tramite la piantumazione di circa 555 nuovi individui raggiungendo, al netto degli abbattimenti, il valore di 1617.

Gli assorbimenti attribuibili alle modifiche operate dal progetto sono stati calcolati come la somma del prodotto tra l'incremento della superficie a verde e del numero di alberi per il fattore di assorbimento di queste due componenti di cui al paragrafo 5.3.1.

La quantità di anidride carbonica assorbita dalla totalità del Parco è stata calcolata in modo analogo ma utilizzando il numero complessivo di alberi e l'estensione delle aree verdi al termine dell'opera.

5.3.3 Risultati

Nella Tabella 5-2 sono riportate le emissioni calcolate suddivise per fase di realizzazione e anno mentre nella Figura 5.1 il contributo percentuale delle diverse attività alla Carbon Footprint del progetto.

Tabella 5-2: Emissioni provenienti dalla realizzazione del progetto

FASE	TIPOLOGIA	VALORE t CO ₂ eq
FASE DI CANTIERE		
Anno 1		
Produzione materie prime	Emissioni produzione materiali	2583,8
Approvvigionamenti/trasporti	Emissioni associate al trasporto	90
Cantiere	Emissioni associate ai mezzi d'opera	91,4
Smaltimento	Emissioni associate al trasporto	176,3
Totale anno 1		2941,0
Anno 2		
Cantiere	Emissioni associate ai mezzi d'opera	63,8
Totale anno 2		63,8
Totale fase di cantiere		3005,4
FASE ESERCIZIO (anno)		
Manutenzione	Emissioni associate a mezzi d'opera e trasporto	19
Consumi elettrici	Emissioni consumo energia elettrica	33,8
Contributo annuo fase di esercizio		52,7

La Carbon Footprint stimata del progetto è pari a 3005,4 t di CO_{2eq} frutto delle diverse attività necessarie per la realizzazione dell'intervento.

È possibile osservare come quasi la totalità dei gas serra sia riconducibile al primo anno nel quale ha luogo circa il 97% delle emissioni della fase di cantiere mentre il restante 3% avviene nel secondo anno. Tale differenza è imputabile alla decisione di computare il trasporto, e soprattutto, la produzione dei materiali, nel primo anno. Difatti quest'ultima categoria, da sola, contribuisce all'86% della Carbon Footprint totale dell'intervento.

Alcuni processi di produzione sono caratterizzati da un'elevata impronta di carbonio come, per esempio, la produzione di acciaio. Difatti questo processo ha il fattore di emissione più alto tra tutti i materiali considerati, pari a 1,46 t CO_{2eq} per tonnellata di acciaio, conseguenza dell'elevata richiesta di energia necessaria per raggiungere le temperature di processo.

Anche la produzione del calcestruzzo è un processo energivoro e, alle emissioni legate all'utilizzo di combustibili, si aggiunge il rilascio di anidride carbonica dovuto al processo di produzione del cemento. Ogni tonnellata di calcestruzzo prodotta comporta il rilascio di 0,15 t CO_{2eq}.

Considerando i rilevanti quantitativi previsti per la realizzazione dei viali in calcestruzzo drenante, circa 9900 t, la produzione di calcestruzzo è responsabile di quasi il 50% delle emissioni GHG totali del progetto.

La stima dell'impronta imputabile alle operazioni di approvvigionamento e smaltimento restituisce un valore pari a 90 t di CO_{2eq} e 176 t di CO_{2eq} che corrisponde, rispettivamente a circa il 3% e 6% del totale dei gas serra emessi. Tali valori sono stati calcolati supponendo una distanza di 100 km tra il Parco e i punti vendita/conferimento. Nonostante si tratti di contributi modesti, se comparati a quelli delle altre attività, le successive fasi di progettazione dovranno tenere comunque conto del loro apporto cercando di minimizzare, ove possibile, la distanza tra i suddetti luoghi in modo da diminuire le emissioni legate al trasporto stradale.

Il cantiere si articolerà in due anni e sulle base delle informazioni contenute nel cronoprogramma è stato possibile stimare che questo sarà responsabile del rilascio di 154 t di CO_{2eq} pari al 5% del totale.

Una volta ultimata la fase di cantiere le uniche emissioni saranno quelle associate alle operazioni di manutenzione ordinaria del verde e ai consumi elettrici necessari per il funzionamento dei chioschi, degli impianti di irrigazione e illuminazione, i quali sono stimati in 52 t di CO_{2eq}.

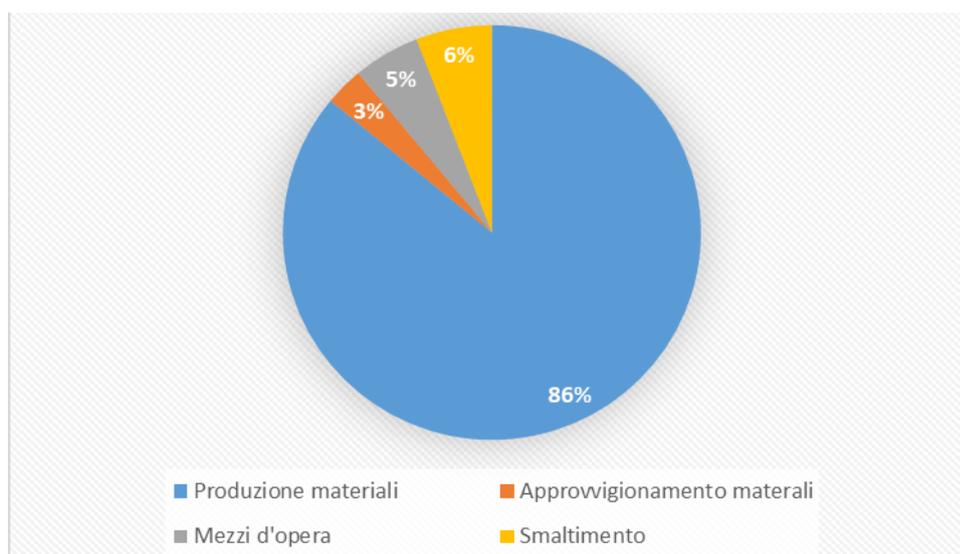


Figura 5.1: Contributo delle attività alla Carbon Footprint del progetto

La seguente tabella illustra gli assorbimenti annui, espressi come t di CO_{2eq}, dovuti all'incremento delle aree verdi e del numero di alberi ma anche quelli operati da tutto il Parco una volta ultimati i lavori.

Tabella 5-3: Assorbimento effettuato dalla vegetazione del Parco

TIPOLOGIA	VALORE	ASSORBIMENTO t CO _{2eq} /anno
Incremento alberi	555	27,5
Incremento superfici verdi	21.086 m ²	126,5
Numero complessivo alberi	1800	90,0
Estensione complessiva aree verdi	112.584 m ²	675,5
Totale incrementi		154,0
Totale intero Parco		767,5

Secondo le valutazioni effettuate si stima che l'aumento delle aree verdi sarà quello che darà il contributo maggiore nella compensazione delle emissioni causate dalla realizzazione del progetto.

Gli interventi di depavimentazione restituiranno al Parco circa 21.000 m² di nuove superfici verdi che andranno a potenziare la capacità di rimozione di anidride carbonica da parte del parco incrementando di circa 126 t CO_{2eq} la sua capacità di assorbimento portandola a raggiungere un valore annuo di 675 t di CO_{2 eq}. Come illustrato nei precedenti paragrafi, gli interventi sulla vegetazione del Parco interesseranno anche la componente arborea che sarà incrementata di circa 555 nuovi individui per i quali è stato stimato un assorbimento di circa di 27,5 CO_{2 eq} per anno.

Allo stato attuale, il Parco ogni anno è in grado di assorbire 597 t e, una volta che gli interventi saranno conclusi, tale valore sarà incrementato di 154 t, pari al 25%, arrivando a 766 t di CO_{2 eq}.

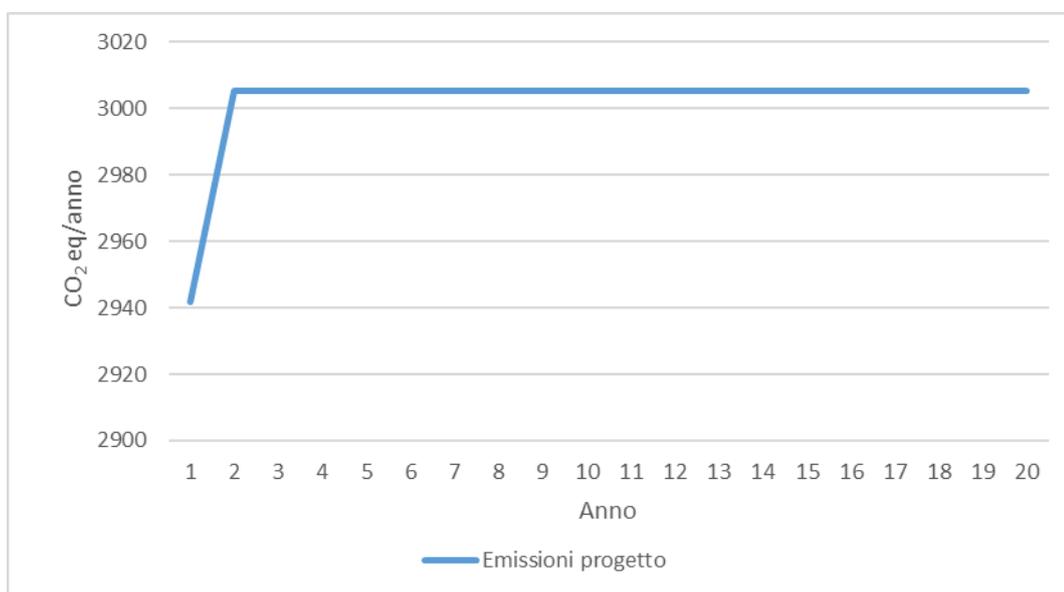


Figura 5.2: Rappresentazione dell'andamento delle emissioni di progetto nel tempo

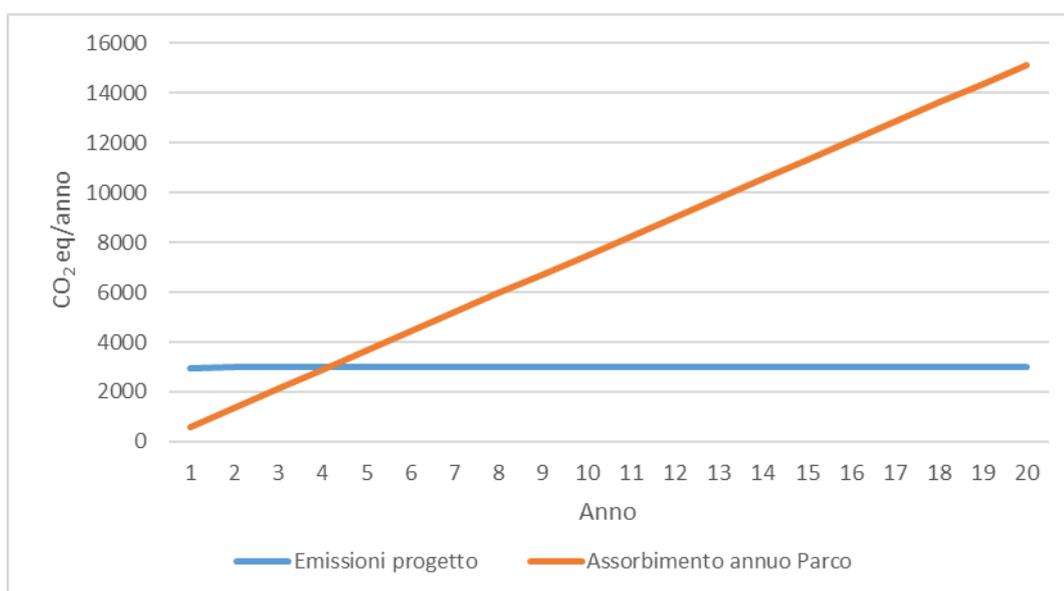


Figura 5.3: Rappresentazione delle emissioni cumulate di progetto (blu) e assorbimenti da parte del Parco

Nella Figura 5.3 è riportato il grafico che descrive il confronto tra l'andamento della retta delle emissioni legate alla realizzazione del progetto e la quantità di CO₂ eq che annualmente viene assorbita dal Parco. L'ascissa del punto di intersezione tra le due rette è pari a 4,13 e corrisponde il tempo necessario, espresso in anni, affinché, tutte le emissioni generate nel corso dei lavori sia compensato da parte degli assorbimenti del Parco.

Come descritto in precedenza, la Carbon Footprint risulta fortemente influenzata dagli elevati quantitativi di calcestruzzo adoperato per la realizzazione delle opere in particolare della viabilità in calcestruzzo drenante.

Tale evidenza suggerisce l'opportunità che nelle successive fasi di progettazione questa tematica sia adeguatamente presa in carico con l'obiettivo di individuare soluzioni che consentano il contenimento della Carbon Footprint, ad esempio tramite:

- Utilizzo di calcestruzzi con una ridotta Carbon Footprint certificata all'origine.
- Riduzione dei quantitativi di cemento sulla base di dimensionamenti di dettaglio dei fabbisogni in rapporto alle prestazioni richieste dai materiali.
- Valutazione di materiali alternativi o di soluzioni composite che riducano in ogni caso la CF dell'opera.

6. CONSUMI ENERGETICI

Di seguito si propone una breve analisi del consumo complessivo di energia con l'indicazione delle fonti per il soddisfacimento del bisogno energetico, anche con riferimento a criteri di progettazione bioclimatica. Si illustrano quindi brevemente gli aspetti più significativi del progetto per quanto attiene alle sue componenti energetiche e della sostenibilità.

6.1 L'IMPOSTAZIONE PROGETTUALE

Perseguendo in ogni aspetto la via della sostenibilità, il progetto finalizza le sue scelte nella conservazione dell'energia e delle risorse e nello sviluppo delle fonti rinnovabili.

I sistemi di innaffiamento, le fontane ed i ruscelli artificiali sono in buona parte già alimentati con acqua di pozzo. La attuale configurazione ha elettropompe sommerse direttamente nel pozzo, senza controllo delle portate e con efficienza risultante non soddisfacente.

Nel progetto si è previsto:

- l'ampliamento delle utenze servite ad acqua di pozzo, eliminando gli usi attualmente sottesi a fornitura di acqua potabile;
- la realizzazione di una vasca di raccolta acqua di pozzo, alimentata da nuove elettropompe sommerse, dalla quale attingono le elettropompe che alimentano le utenze (irrigazione, alimentazione fontane, alimentazione laghetto e ruscelli).

Il progetto prevede l'impiego di elementi impiantistici e sistemi con la massima efficienza disponibile e quindi con il minor consumo energetico a parità di prestazione richiesta.

Tutte le elettropompe sono equipaggiate con motori ad elevata efficienza e con avviamento ed alimentazione sotto inverter; ciò consente di adeguare le prestazioni ed i consumi alle diverse situazioni di carico di volta in volta richieste.

Per quanto riguarda i sistemi di illuminazione pubblica, il progetto prevede una completa revisione dei lampioni, alcuni dei quali sono oggetto anche di ricollocazione per la rimodulazione dei viali; i nuovi sistemi illuminanti sono basati su sorgenti ad alta efficienza LED, ed equipaggiati con un controllo elettronico remotizzato del funzionamento, che ne consente la totale ottimizzazione sia funzionale che energetica.

Nell'ambito della progettazione dei chioschi si sono applicate tutte le tecnologie disponibili per il contenimento del consumo di energia elettrica, adottando sistemi di illuminazione ottimizzati ad elevata efficienza LED e di climatizzazione ad espansione diretta con controllo puntuale dei livelli di prestazione.

Inoltre, sulla copertura dei chioschi è prevista l'installazione di impianti fotovoltaici equipaggiati con batterie di accumulo ed allacciamento alla rete pubblica.

6.2 CONSUMO ENERGIA E ACQUA

I consumi di energia sono riconducibili alle voci seguenti:

- illuminazione pubblica;
- irrigazione e distribuzione idrica;
- consumi elettrici relativi ai chioschi.

In relazione all'illuminazione pubblica, i consumi sono riconducibili alla gestione dei lampioni oggetto di intervento, in particolare:

- n° 85 lampioni oggetto di ricollocazione ed efficientamento;
- n° 43 lampioni oggetto di solo efficientamento;

-
- n° 25 lampioni di nuova installazione di tipo “ex gas”.

Il consumo di energia elettrica per la gestione annua degli elementi elencati è stimabile in 29.000 kWh/anno, con una riduzione del consumo, rispetto alla situazione attuale, valutata nel 70% circa.

Il consumo di energia relativo alla irrigazione ed alimentazione fontane e ruscelli si riconduce alla gestione dei sistemi di pompaggio installati:

- n° 2 elettropompe sommerse da pozzo (funzionamento alternato – 5,5 kW));
- n° 1 elettropompa sommersa per alimentazione ruscello grande (7,5 kW);
- n° 1 elettropompa sommersa per alimentazione laghetto dei cigni e irrigazione giardino roccioso (3 kW);
- n° 1 elettropompa sommersa per alimentazione getto fontana butterfly (3 kW);
- n° 1 elettropompa sommersa per alimentazione ruscello Mattioli e nuova rete irrigua (3 kW).

Sulla base di ipotesi plausibili di utilizzo, il consumo risultante è stimato in 42.000 kWh/anno.

Il consumo elettrico relativo ai chioschi e ai bagni pubblici, valutato ovviamente in base ad ipotesi da verificare in sede gestionale, è valutato nella misura di 83.600 kWh/anno.

I chioschi sono inoltre sede di produzione di energia elettrica fotovoltaica, stimata nella misura di 24.750 kWh/anno.

In merito ai consumi di acqua, la stima è la seguente:

- consumo acqua potabile: 3.800 mc/anno;
- consumo acqua di pozzo: 74.000 mc/anno.

7. MISURE PER LA RIDUZIONE DEI CONSUMI DI MATERIA E DEI TRASPORTI

Il presente paragrafo illustra le strategie intraprese al fine di ridurre i consumi di materia e quindi l'implicazione di trasporti da e per il sito di progetto.

Molteplici misure per la riduzione dei consumi di materia nella fase realizzativa sono state implementate già nella presente fase di progettazione al fine di limitare l'apporto di nuove materie in sito. La progettazione mira, infatti, al massimo riutilizzo di materie e risorse direttamente in sito generando un sistema circolare di utilizzo delle materie, limitando così di conseguenza anche i trasporti delle materie stesse.

La parte maggiore di consumo di materie e impatto dal punto di vista dei trasporti è rappresentata dalla rimozione e conferimento a impianto di riciclaggio delle coperture asfaltate attualmente presenti, smantellate da progetto e sostituite in parte con coperture in calcestruzzo drenante.

Per quanto riguarda la movimentazione delle terre il progetto si limita all'apporto di nuove terre solo in corrispondenza delle nuove aree a verde, precedentemente asfaltate, dove parte delle terre deriva da scavi effettuati in sito e per necessità parte invece viene acquistata e trasportata dall'esterno del sito, necessitando di terreno fertile per la piantumazione delle nuove essenze arboree, arbustive ed erbacee.

L'ulteriore grande voce di conferimento a impianto di riciclaggio idoneo è rappresentata dalle recinzioni in metallo presenti attualmente in sito e che vengono smantellate da progetto, volendo perseguire la massima permeabilità ed apertura su tutta l'area parco, oggi troppo spesso frammentata.

8. IMPATTI SOCIO ECONOMICI

La presente progettazione mira a riscontrare grandi impatti positivi dal punto di vista socio-economico per il parco.

Infatti, al termine del processo progettuale e di realizzazione dell'opera la cittadinanza potrà vivere un parco più verde, più attivo e più sicuro, in maggiore connessione con la natura, in cui praticare liberamente sport e poter godere della storia che permea l'area. I nuovi centri di attivazione permetteranno alle persone di godere maggiormente e più confortevolmente del contesto fluviale, leggere e studiare in un ambito naturale ed isolato dai rumori della Città. Un rinnovato sistema di percorsi favorirà l'attività fisica all'aria aperta e garantirà la fruizione anche alle fasce più vulnerabili della popolazione. A tal proposito si menziona l'attenzione all'inclusività del progetto, anche delle fasce più deboli della popolazione, con la rimozione di tutte le cordature alte, con loro conversione a raso, il progetto favorisce infatti una fruizione continua e priva di ostacoli.

Al completamento dell'opera il parco si presenterà più attraente agli occhi della cittadinanza e dei visitatori, capace di accogliere un bacino di utenti maggiore rispetto alle condizioni attuali, fornendo un elevato livello di comfort spaziale e fruitivo. Aumentano infatti i servizi presenti, su tutti i nuovi chioschi, ed aumentano le attività e gli spazi ricettivi presenti, allo stesso tempo anche gli arredi si adeguano, accomodando i desideri della nuova utenza presente e prevista che insisterà sulla rinnovata area a parco.

La cittadinanza potrà trovare una vera e propria isola di biodiversità nel cuore del tessuto urbano cittadino, un valore aggiunto nei mesi estivi sempre più caldi che la città di Torino si trova a vivere.

Allo stesso tempo l'aumento del capitale naturale presente nell'area parco rappresenta anche un plusvalore di cui la Città di Torino potrà fregiarsi nell'ottica di una sempre più pressante necessità di transizione ecologica che investe i centri urbani italiani.

Maggiori spazi per la fauna locale, tra cui insetti, avifauna e piccoli mammiferi creeranno un sistema ancor più biodiverso che potrà entrare in relazione ancor più stretta con la popolazione che fruirà di questi spazi.

Un rinnovato sistema di affacci e discese al fiume offre l'occasione di avvicinare la popolazione al paesaggio fluviale, elemento blu troppo spesso negato e distante nelle città italiane, cardine invece del contesto torinese che vede le sue fortune legate a doppio filo con la vita del suo fiume, il Po.

Nel complesso, gli interventi previsti permetteranno alla cittadinanza di godere dei numerosi servizi ecosistemici forniti dal parco, caratterizzato da una manutenzione bassa e scarsa richiesta di input idrici, energetici e di manodopera, nell'ottica di una sempre maggiore sostenibilità dell'opera nella sua totalità.

9. MISURE DI TUTELA DEL LAVORO DIGNITOSO

Il concetto di lavoro dignitoso, introdotto per la prima volta nel 1999 dal Direttore generale dell'ILO alla Conferenza Internazionale del Lavoro, si configura nell'opportunità per le donne e per gli uomini di ottenere un lavoro produttivo in condizioni di libertà, equità, sicurezza e rispetto dei diritti umani (Anker et al., 2002, 2003).

L'idea di lavoro decente, così definita, include esplicitamente, secondo Anker et al. (2003) sei dimensioni associate al lavoro:

- Il lavoro dignitoso non è possibile senza lavoro (qualsiasi attività economica, compreso il self-employment, il lavoro in aziende familiari e qualsiasi attività retribuita, formalmente o informalmente).
- Lavoro in condizioni di libertà (libertà di scelta; l'inaccettabilità di certe condizioni di lavoro, lavoro forzato, lavoro in schiavitù, lavoro minorile; libertà dei lavoratori di appartenere ad associazioni di tutela e di essere liberi da discriminazioni).
- Lavoro produttivo (qualità della vita accettabile per sé e per i propri familiari; sviluppo sostenibile e competitività delle aziende e dei paesi).
- Lavoro equo (trattamenti e opportunità equi nel lavoro; assenza di discriminazione sia nell'accesso al lavoro che nel suo svolgimento; conciliazione tra tempi di lavoro e tempi di vita).
- Lavoro sicuro (salvaguardia della salute, la pensione e altre forme di protezione in caso di malattie; garanzia dall'insicurezza derivante dalla possibile perdita del lavoro).
- Lavoro con dignità (rispetto nei luoghi di lavoro; partecipazione attiva nelle decisioni sulle proprie condizioni di lavoro; diritto di rappresentare i propri interessi collettivamente).

Il concetto di lavoro dignitoso, nella prospettiva appena delineata, assume caratteristiche di multidimensionalità che comportano, dal punto di vista dello studio scientifico, l'adozione di una prospettiva ampia e di uno sguardo accurato ai profondi cambiamenti socioeconomici attuali, che richiedono, con sempre maggior urgenza, di porre enfasi verso costrutti rivolti all'incremento di capacità utili all'occupabilità del lavoratore.

In questo contesto dovrà calarsi la fase esecutiva della realizzazione del progetto per il parco del Valentino, questi valori, sopra delineati, dovranno infatti esser incarnati dalla società realizzatrice dei lavori così come da coloro i quali seguiranno le successive fasi di progettazione esecutiva.

10. SOLUZIONI TECNOLOGICHE INNOVATIVE

Nonostante il contesto storico nel quale si cala la presente progettazione sono molteplici le aree di esplorazione di nuove soluzioni tecnologiche e paesaggistiche innovative, alcune di queste anche direttamente implementate nel progetto di valorizzazione relativo al parco del Valentino.

A questo proposito nel presente paragrafo si cita, su tutte, l'implementazione delle coperture in calcestruzzo drenante, materiale relativamente nuovo, nella sua versione drenante, ed in continua trasformazione, con nuovi leganti, sempre più ecosostenibili, impiegabili per legare gli inerti, con sempre maggiori capacità di drenaggio delle acque meteoriche.

L'opportuna realizzazione di questa finitura risulta chiave nel successo dell'opera in progetto; infatti, molto delicata risulterà la posa di questa superficie continua seguendo le specifiche tecniche indicate nel capitolato prestazionale di progetto.

Inoltre, la colorazione chiara specificata per questo tipo di pavimentazione, così come per le altre coperture di progetto risulta essenziale per contribuire all'abbattimento dell'isola di calore urbana, migliorando infatti la presente condizione che vede le superfici coperte con conglomerato bituminoso.

In aggiunta alle soluzioni relative alle superfici, i chioschi in progetto rappresentano altro punto di forza nel rappresentare soluzioni tecnologiche innovative di progetto, con efficienza nel consumo di risorse non paragonabile agli obsoleti chioschi esistenti in sito.

Per la descrizione degli elementi innovativi all'interno di questi ultimi si rimanda al capitolo relativo nella relazione tecnica architettonica specifica.

11. ANALISI DI RESILIENZA

11.1 ANALISI DEI RISCHI CLIMATICI

Il rapporto dell'Agencia Europea dell'ambiente "*Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 - An indicator based report*", individua i territori della regione mediterranea come quelli più soggetti a essere colpiti dagli impatti negativi dei cambiamenti climatici i quali, combinandosi agli effetti dovuti alle pressioni antropiche sulle risorse naturali, fanno di questa regione una delle aree più vulnerabili d'Europa. Gli impatti attesi sono correlati principalmente all'aumento della frequenza di eventi meteorologici estremi (ondate di calore, siccità ed episodi di precipitazioni piovose intense) un innalzamento eccezionale delle temperature medie e massime (soprattutto in estate) e alla riduzione delle precipitazioni annuali medie e dei flussi fluviali, con conseguente possibile calo della produttività agricola e perdita di ecosistemi naturali.

Molte città europee stanno sperimentando con un'aumentata frequenza gli impatti dei cambiamenti climatici, i quali ci si aspetta che diventino ancora più intensi in futuro. Infatti, un'indagine condotta tra le città europee nell'ambito del progetto "Strategie di adattamento per le città europee" dimostra che circa l'81% delle città ha già sperimentato periodi di caldo estremo e ci si aspetta che questo sarà la principale problematica che le città dovranno affrontare per i prossimi 30 anni. In questo contesto Torino non fa eccezione e negli ultimi anni le ondate di calore risultano sempre più frequenti così come i fenomeni alluvionali che nel 2000 e nel 2016 sono stati causa di ingenti danni alla città.

Le conseguenze di questi fenomeni vanno a riversarsi su diversi settori socioeconomici come agricoltura, pesca, energia, infrastrutture, turismo e salute. Indirettamente, il riscaldamento globale determinerà anche effetti sociali importanti in grado di modificare l'assetto delle aree urbane e amplificare le situazioni di disuguaglianza e povertà. Anche l'ambiente delle città è soggetto a un peggioramento, dalla qualità dell'aria a ad un peggioramento generalizzato delle condizioni di vita, soprattutto, in alcuni mesi dell'anno. Le città dovrebbero quindi organizzarsi al meglio per valutare i rischi a cui sono soggette adottando politiche e strategie atte a trasformare il territorio cittadino in un ambiente climaticamente resiliente cioè in grado di reagire a eventuali eventi pericolosi (shock e pressioni (disturbi/stress) mantenendo le sue funzioni essenziali preservando le capacità di adattamento, apprendimento e trasformazione.

Una sostanziale modifica degli approcci alla pianificazione delle città e del territorio, sia in termini di riduzione della produzione di emissioni climalteranti (mitigazione) sia nel rendere i sistemi urbani più resilienti alla progressiva variabilità del clima (adattamento) è dunque una azione imprescindibile per il contrasto ai cambiamenti climatici. Infatti, anche riducendo drasticamente le emissioni di gas serra, il riscaldamento dell'atmosfera terrestre continuerà per decenni e le conseguenze si manifesteranno per secoli a causa dell'effetto ritardato delle emissioni passate. Ciò spiega perché le misure volte a ridurre le concentrazioni di gas serra rilasciate in atmosfera e quelle intraprese per anticipare le conseguenze del cambiamento climatico per prevenire o minimizzare i potenziali danni siano complementari tra loro.

11.1.1 Piano di resilienza climatica della Città di Torino

La città di Torino è impegnata da più di un decennio nella lotta ai cambiamenti climatici ed è stata una delle prime città ad aderire al Patto dei Sindaci, il quale è un accordo che, a partire dal 2008, coinvolge e impegna le autorità locali e regionali al raggiungimento e superamento dell'obiettivo europeo di riduzione del 20%, delle emissioni (calcolate rispetto al 1991) entro il 2020. Mediante l'adozione del Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile (TAPE- Turin Action Plan for Energy) la Città è riuscita raggiungere una riduzione del 33%. L'impegno in questo patto è stato rinnovato prefiggendosi di ridurre le emissioni del 40% entro la fine dell'2030.

Consapevole dell'attualità dei mutamenti climatici e delle ripercussioni che questi avranno nelle aree urbane (temperature più elevate con un maggior numero di ondate di calore ed eventi di pioggia più intensi) la Città, nel 2015, ha aderito all'iniziativa Mayors Adapt per prepararsi a ridurre gli effetti associati a questi fenomeni improntando la pianificazione del territorio su un orizzonte temporale medio-lungo implementandola con strategie di adattamento. Una di queste è il "Piano di Resilienza Climatica" elaborato nel 2020 il quale, facendo riferimento alla Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNACC) e al Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC), si pone l'obiettivo di ridurre gli impatti derivanti dal cambiamento climatico, sia per il territorio che per i cittadini, e individua una serie di azioni di adattamento per raggiungere quanto prefissatosi.

Il quadro climatico odierno della città di Torino presenta una situazione caratterizzata da un significativo incremento delle temperature (medie, minime e massime) che, a partire dal 1951, è avvenuto con un tasso di incremento di circa 0,6°C ogni 10 anni. Gli ultimi 30 anni sono quelli che hanno contribuito maggiormente a questa situazione presentando incrementi di circa 0,8°C ogni 10 anni.

Rispetto al trentennio di riferimento, rappresentato dal periodo 1971-2000, negli ultimi 15 anni la temperatura media è sempre stata al di sopra dei valori registrati in quel periodo con un aumento complessivo, stimato, di circa 1°C in 50 anni. Le temperature massime seguono lo stesso trend e difatti le anomalie positive della temperatura, a partire dal 1988, mostrano una decisa tendenza all'aumento che, negli ultimi anni, è stata di circa 2,2°C.

L'aumento delle temperature massime è distribuito nel corso dell'intero anno ma con un valore nella stagione invernale di circa 2,9°C seguito da quello estivo pari a 2,3°C.

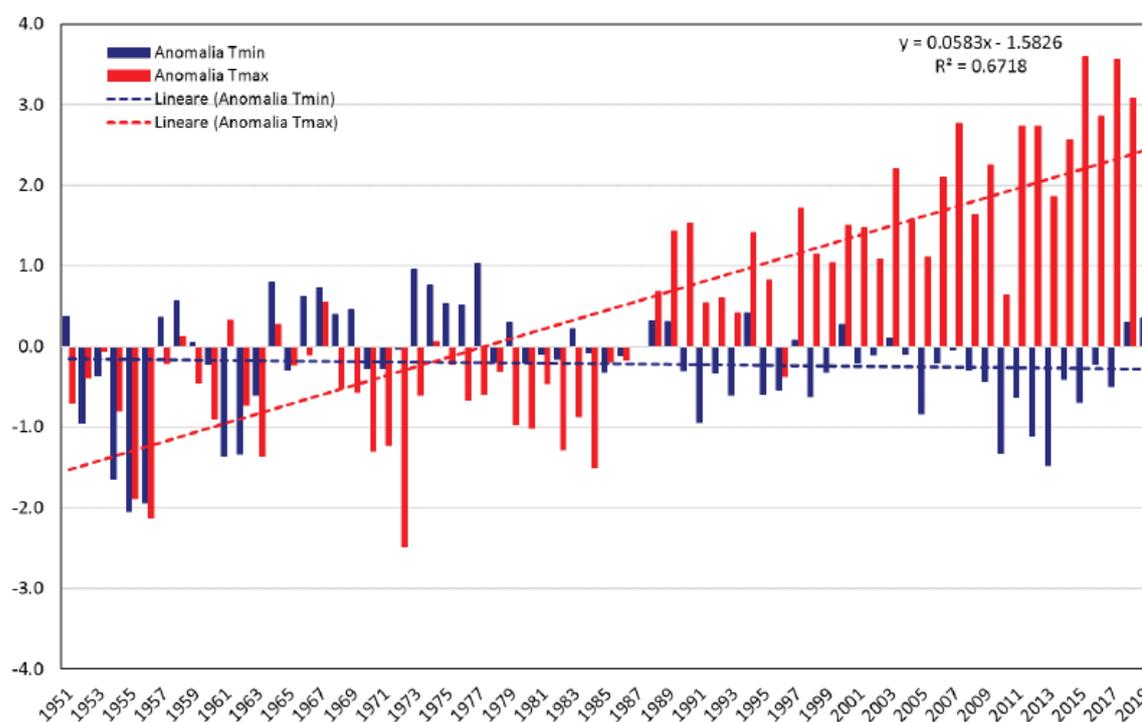


Figura 11.1: Anomalia della temperatura massima (rosso) e minima (blu) rispetto al periodo di riferimento 1971-2000 (da "Piano di Resilienza Climatica" - Città di Torino)

L'evoluzione del clima della Città al 2100 è stata valutata basandosi sugli scenari del documento "Strategia Nazionale di Adattamento al Cambiamento Climatico" del Ministero dell'Ambiente. Gli scenari RCP (Representative Concentration Pathway) sono stati elaborati dall'IPCC per descrivere il clima del futuro sulla base delle politiche intraprese per mitigare la concentrazione di gas climalteranti.

Lo scenario RCP 4.5 descrive l'evoluzione del clima in un contesto dove, nonostante l'applicazione di iniziative volte al controllo e riduzione delle emissioni, queste continueranno a crescere ancora fino al 2040 per poi diminuire. L'obiettivo di contenere l'incremento della temperatura al di sotto di 2 °C non è raggiunto e, rispetto al 1850, nel 2100 il forzante radiativo ammonterà a 4,5 W/m². Secondo questo scenario la temperatura media di Torino vedrà un incremento ulteriore di quasi 3°C entro la fine del secolo con un tasso di incremento di circa 0,3°C ogni 10 anni.

Oltre ai valori medi della temperatura, si assiste all'aumento di tutti i percentili: per esempio il 95° percentile della temperatura massima estiva passa dall'odierno 34.06 °C a 38.16 °C, con conseguente aumento del numero di giorni di disagio per la popolazione. In generale, negli scenari futuri, si prevede che i valori estremi della temperatura avverranno con maggiore frequenza il che contribuirà ad accentuare le situazioni di disagio per la popolazione.

Lo scenario RCP 8.5 descrive uno scenario tendenziale dove non viene preso alcun provvedimento in favore della protezione del clima e pertanto le emissioni di gas a effetto serra aumentano in modo continuo. Rispetto al 1850, nel 2100 il forzante radiativo sarà pari a 8,5 W/m². Secondo questo scenario le temperature continueranno ad aumentare fino a fine secolo raggiungendo un valore complessivo, nei valori medi, di quasi 6,5°C al 2100. L'incremento atteso per la temperatura minima è di quasi 6°C mentre per la massima ci si attende che raggiunga valori di quasi 6,7°C con valori estremi che tenderanno a verificarsi con una frequenza maggiore.

Per entrambi gli scenari emissivi, la metà del secolo rappresenterà il periodo più critico con un numero di giorni in ondata di caldo doppio e triplo (a seconda dello scenario considerato), rispetto al trentennio precedente. Allo stesso modo il numero e la massima lunghezza delle ondate di caldo aumentano in modo significativo raggiungendo e superando anche un intero mese.

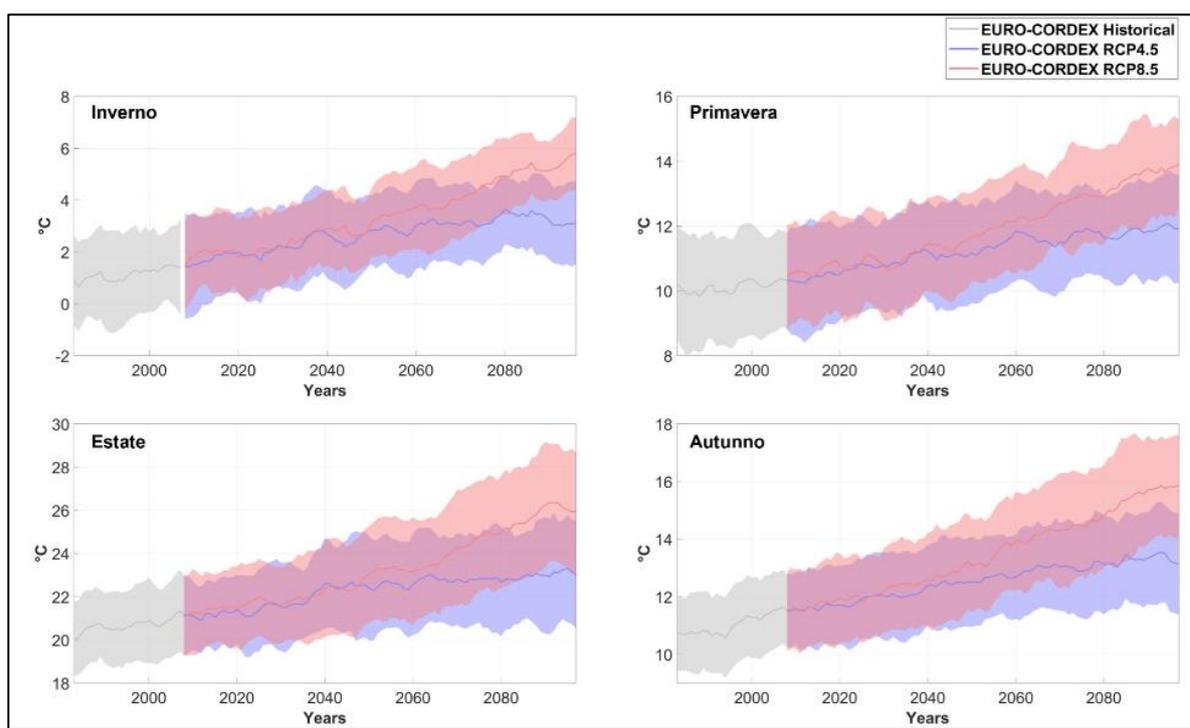


Figura 11.2: Evoluzione della temperatura media stagionale nei due scenari di riferimento (in blu lo scenario RCP 4.5, in rosso lo scenario RCP 8.5)

Il verificarsi del numero di giorni molto caldi può essere descritto mediante l'uso del Warm Spell Duration Index (WSDI) che è un indice utilizzato per rappresentare il numero di giorni caratterizzati da un'ondata di calore in un anno. Le proiezioni elaborate con i modelli EURO-CORDEX descrivono una

crescita generalizzata nei prossimi decenni con valori più marcati, soprattutto in estate, nello scenario 8.5 (Figura 11.3).

In Figura 11.4 a sono rappresentati gli indicatori della frequenza ed intensità delle ondate di calore.

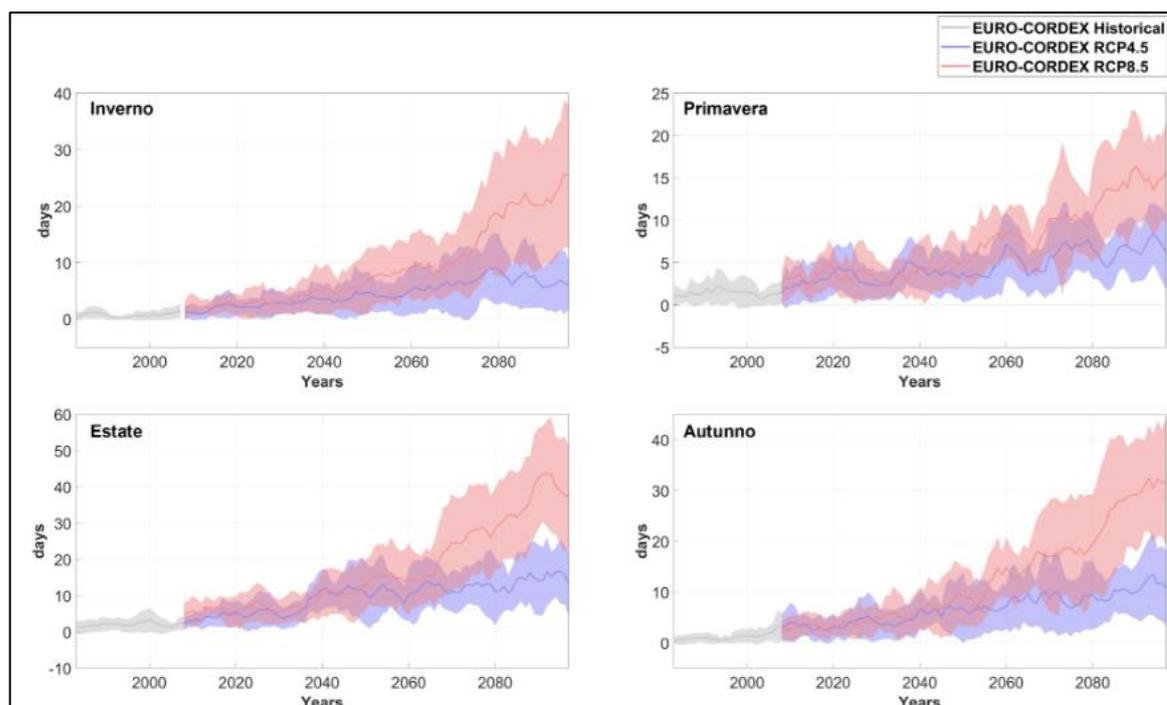


Figura 11.3: Variazione dell'indicatore WSDI per i modelli EURO-CORDEX. L'area colorata rappresenta la deviazione standard attorno al valore medio

Indicatore	Scenario	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Massima lunghezza ondate di calore	RCP 4.5	+4.8	+10.6	+16.9
	RCP 8.5	+4.6	+18.8	+46.7
Variazione del numero di giorni rispetto al controllo	RCP 4.5	+11.4	+28.7	+36.5
	RCP 8.5	+10.7	+39.3	+70.8
N° giorni estivi in ondata di calore	RCP 4.5	+15.3	+32.6	+40.4
	RCP 8.5	+14.6	+43.2	+74.7

Figura 11.4: Indicatori frequenza e intensità ondate di calore

A differenza delle temperature, l'analisi dell'anomalia delle precipitazioni sulla base dei dati registrati non mostra una tendenza chiara e statisticamente significativa. Nonostante ciò, a partire dal 2000, si osservano periodi di più anni consecutivi al di sotto dei valori del periodo di riferimento dove gli anni meno piovosi risultano essere predominanti eccezion fatta per il periodo autunnale per il quale anomalie positive risultano presentarsi con maggior frequenza.

I dati raccolti nell'ultimo trentennio mostrano un lieve aumento nella media delle precipitazioni, rispetto al periodo di riferimento, alla quale si accompagna a una lieve diminuzione del numero di giorni piovosi con un conseguente aumento dell'intensità delle precipitazioni. Dai dati osservati non è possibile, tuttavia, affermare con certezza che le precipitazioni intense di breve durata sulla città di Torino siano aumentate, sebbene i dati nella stagione estiva e autunnale sembrano evidenziare un incremento.

Secondo le elaborazioni fatte nello scenario RCP 4.5, ci si attende che il numero di giorni piovosi e la pioggia annuale media subiranno una diminuzione con un contestuale incremento della lunghezza massima annuale dei periodi secchi. Lo stesso andamento per il numero dei giorni di pioggia è stato riscontrato nello scenario tendenziale. Qui però a differenza del precedente la pioggia annuale media aumenta fino al 2041 per poi diminuire nei trentenni successivi. In particolare, si evince una generale diminuzione dei giorni piovosi più marcata per le precipitazioni di intensità debole e moderata mentre più stazionarie risultano le precipitazioni forti.

L'analisi della vulnerabilità evidenzia come le principali sfide che la città di Torino dovrà affrontare saranno rappresentate dalla maggiore durata ed intensità delle ondate di calore e l'aumento degli allagamenti a causa delle precipitazioni intense sempre più frequenti.

Le alte temperature estive sono un problema per la Città di Torino dove, per via della presenza dell'ambiente costruito, ha luogo il fenomeno delle isole di calore urbane (Urban Heat Island) termine con il quale si descrive una situazione dove la temperatura all'interno dell'area urbana risulta essere superiore rispetto a quella delle aree circostanti. Questo fenomeno è di frequente associato a una diminuzione del benessere e, nei casi più gravi, può essere causa di morte.

Relativamente a questa problematica, l'area della città è caratterizzata come segue:

- il 27% del territorio ricade in un'area soggetta a basso rischio isola di calore;
- il 44% del territorio ricade in un'area con un medio rischio di isola di calore;
- il 2% del territorio ricade in un'area con un elevato rischio isola di calore.

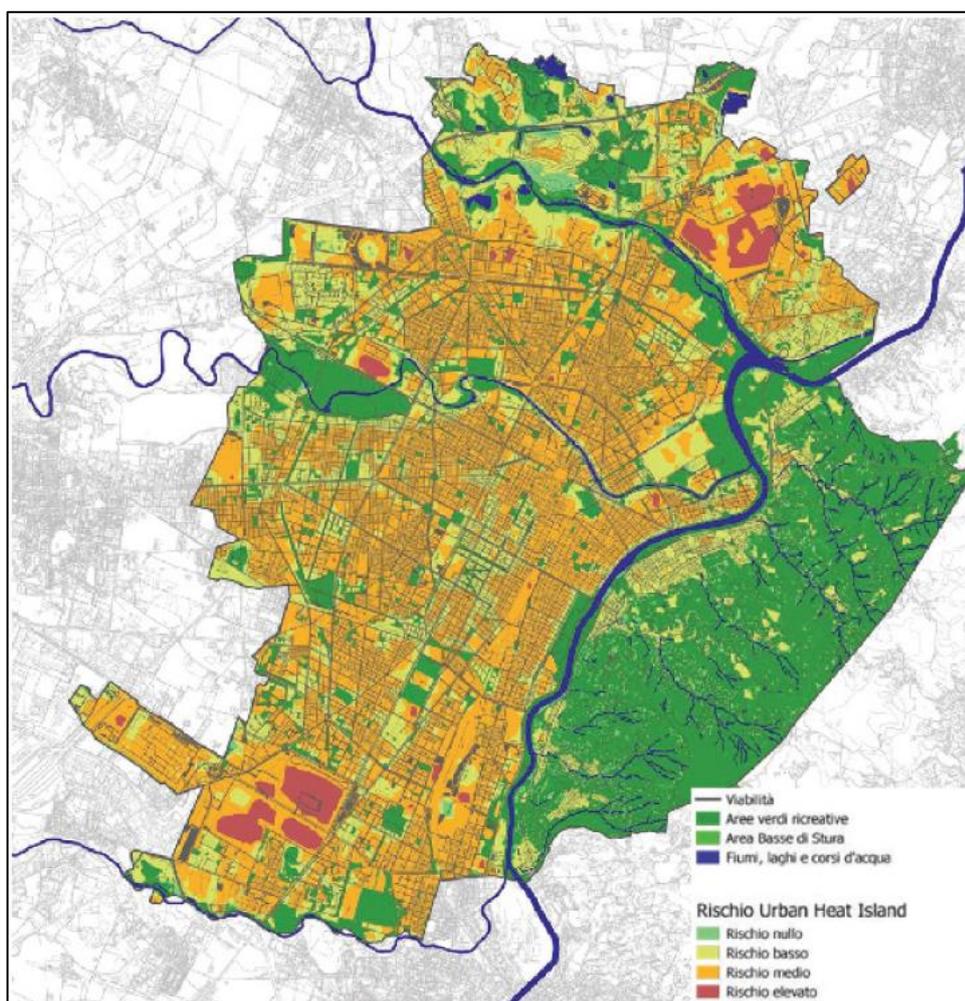


Figura 11.5: Distribuzione delle classi di rischio isola di calore

Come è possibile osservare nella Figura 11.5, le aree caratterizzate da maggior rischio isole di calore sono quelle che presentano un maggior grado di industrializzazione e cementificazione spesso caratterizzate dall'assenza di superfici verdi e con vaste superfici impermeabili. Il rischio basso viene invece riscontrato in corrispondenza delle aree verdi, aree ad esse limitrofe nonché in prossimità dei viali alberati. Appare quindi evidente il beneficio che le infrastrutture verdi, grazie all'evapotraspirazione e all'ombreggiamento da esse operato, sono in grado di apportare a livello urbano mitigando così il fenomeno dell'isola di calore.

Il Parco, a parte la presenza di infrastrutture stradali e di qualche edificio, rappresentato dal Borgo Medievale, del Castello del Valentino e qualche struttura a scopo ricreativo, è prevalentemente destinato a superficie verde e pertanto, nonostante sia inserito in un contesto fortemente urbanizzato, è caratterizzato da un rischio di Urban Heat Island nullo.

Le proiezioni di cui alla Figura 11.4 descrivono, un incremento generalizzato delle giornate con ondate di calore per le quali si attende un incremento di 28,7 e 39,3 rispettivamente per l'RCP 4.5 e 8.5.

Data la stretta correlazione di periodi caldi e lo stress termico percepito dalla popolazione, con conseguenze sulle ospedalizzazioni sulla mortalità dovuti a stress da calore nei periodi estivi.

Anni	Scenario	Numero di morti 'over 65' attribuibile alle ondate di calore	% scostamento rispetto a 30 anni precedenti
2011-2040	RCP 4.5	187	-
	RCP 8.5	184	-
2041-2070	RCP 4.5	406	117
	RCP 8.5	541	193
2071-2100	RCP 4.5	505	170
	RCP 8.5	940	410

Figura 11.6: Variazione nel numero di morti attribuibili al calore e variazione percentuale degli eccessi di mortalità

Torino è attraversata da quattro importanti corsi d'acqua: Po, Dora Riparia, Stura e Sangone. La continua urbanizzazione del territorio cittadino, avvenuta a scapito dell'ambiente naturale, ha portato a numerosi interventi sugli elementi del reticolo idrico che sono stati ristretti, rettificati e canalizzati in modo ottenere nuovi spazi che potessero essere utilizzati per l'espansione delle aree residenziali e industriali. Queste trasformazioni hanno contribuito ad incrementare la vulnerabilità del territorio, il quale ad oggi è soggetto al rischio di esondazione che interessa una superficie di circa 35 km² così ripartita:

- 60% a basso rischio di esondazione;
- 29 % a medio rischio di esondazione;
- 11% a rischio elevato.

Secondo quanto riportato nella carta della pericolosità (Figura 11.7) della direttiva alluvioni, le aree spondali del Parco sono maggiormente soggette a un'elevata probabilità di esondazione per eventi con tempi di ritorno compresi tra 10 e 20 anni. Allontanandosi dalle aree spondali la probabilità diminuisce e la maggioranza dell'area del risulta caratterizzata da una scarsa probabilità che si verifichino allagamenti, i quali sono legati ad alluvioni rare con tempi di ritorno di 500 anni. Un'area di dimensioni ridotte all'altezza del Borgo Medievale risulta interessata da una probabilità di alluvione media con tempo di ritorno compreso tra 100 e 200 anni.

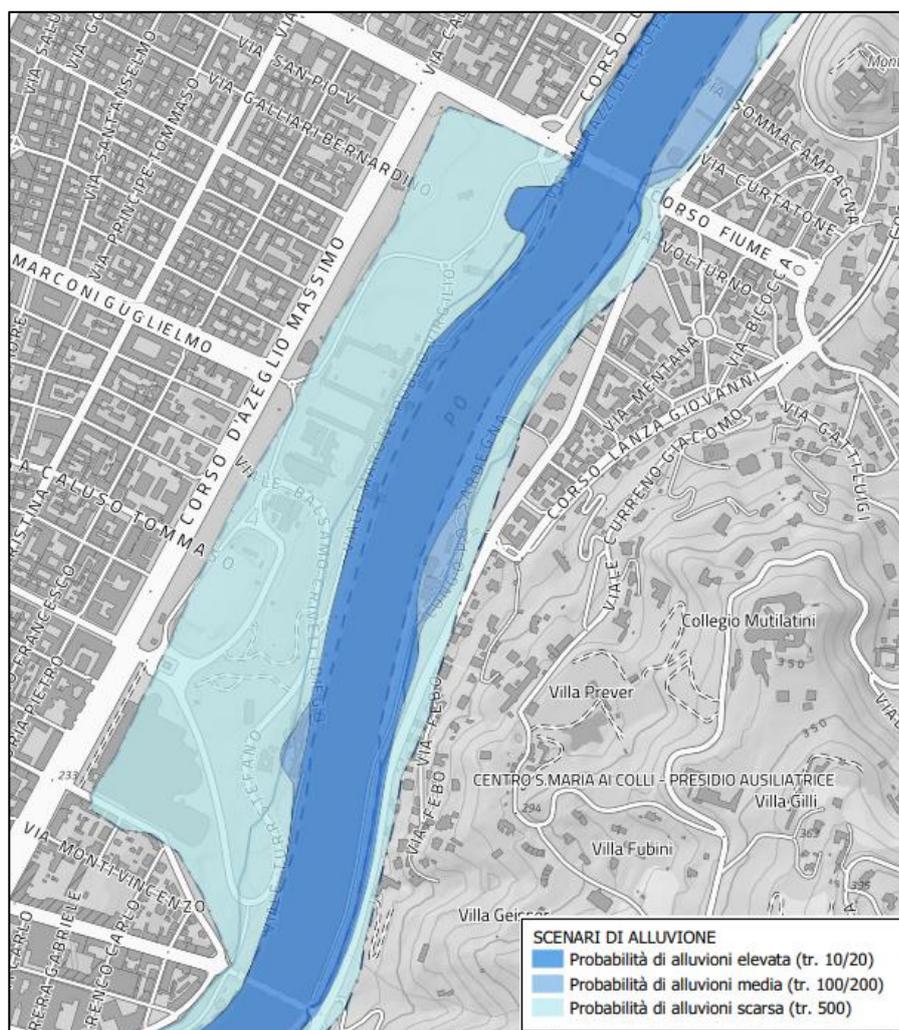


Figura 11.7: Estratto da Carta della Pericolosità del rischio alluvioni del PGRA

Il Centro Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici (CMCC) utilizzando i dati forniti dal servizio Copernicus C3S è riuscito ad elaborare proiezioni relative alla variazione percentuale attesa nella portata giornaliera massima annuale corrispondente a diversi tempi di ritorno e per diversi scenari (Figura 11.8).

Scenario	RCP 2.6			RCP 4.5			RCP 8.5		
	2011-2040	2041-2070	2070-2100	2011-2040	2041-2070	2070-2100	2011-2040	2041-2070	2070-2100
T=2 anni	20.00	22.38	12.25	20.00	31.63	43.13	24.38	40.50	32.38
T=5 anni	32.75	28.88	27.25	29.88	53.88	74.88	42.88	64.88	59.38
T=10 anni	38.13	31.88	34.00	34.00	63.75	89.13	51.13	76.13	71.50
T=50 anni	46.50	36.25	43.50	40.50	78.13	109.50	63.38	92.00	89.38
T=100 anni	48.88	37.38	46.50	42.25	82.75	115.75	67.00	96.75	94.63

Figura 11.8: Variazione percentuale della portata giornaliera massima annuale per vari periodi di ritorno T e per i diversi scenari

Gli effetti sulla variazione delle portate risultano caratterizzati da una notevole variabilità con incrementi differenti a seconda del periodo di riferimento e dello scenario considerato.

Nello scenario RCP 2.6, che descrive l'evoluzione del clima nell'ipotesi che gli impegni presi dall'Accordo di Parigi siano stati rispettati, gli incrementi maggiori sono attesi per il breve periodo in seguito al quale le portate tendono a diminuire. Nello scenario RCP 4.5, si assiste a un progressivo incremento delle portate con il passare del tempo mentre nel RCP 8.6 aumentano per poi diminuire nel lungo periodo.

Per il medio periodo le condizioni più critiche sono previste per lo scenario RCP 8.5 mentre nel lungo periodo per quello RCP 4.5. In entrambi i casi gli incrementi maggiori sono attesi per gli eventi caratterizzati da maggior tempo di ritorno.

I problemi di rischio idraulico e idrogeologico, già presenti sul territorio torinese, in futuro potrebbero essere accentuati dall'incremento dei giorni con precipitazioni intense mettendo in crisi il sistema di gestione delle acque in quanto non è stato dimensionato per tenere conto dell'estremizzazione degli eventi meteorici dovuto ai cambiamenti climatici. La Figura 11.9 mostra il cambiamento percentuale atteso nella portata giornaliera massima annuale per il periodo futuro 2070-2100, con risoluzione di 5 km, all'interno del perimetro della Città Metropolitana di Torino.

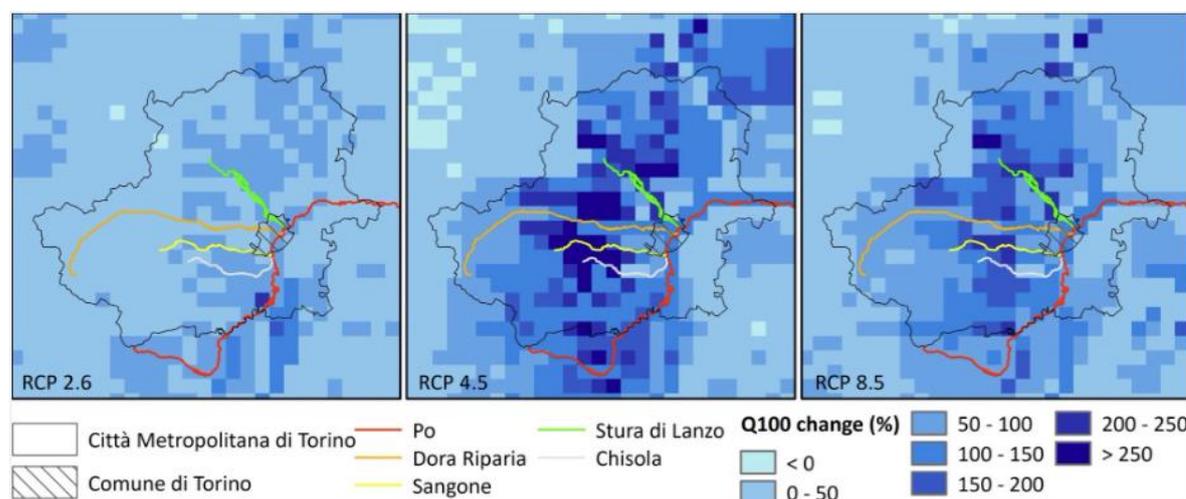


Figura 11.9: Cambiamento atteso per i diversi RCP per il periodo 2071-2100 (fonte Water Quantity Indicators for Europe)

11.1.2 Vulnerabilità dell'opera

L'analisi della vulnerabilità di un'opera rispetto ai cambiamenti climatici è di fondamentale importanza al fine di individuare i rischi climatici che potrebbero potenzialmente insistere sull'opera in progetto. Essa costituisce il punto di partenza per la pianificazione di misure e azioni volte al miglioramento della capacità di adattamento ed è data da due fattori: sensibilità ed esposizione.

Screening rischi climatici

La valutazione della vulnerabilità è stata condotta scegliendo tra i pericoli legati al clima riportati all'Appendice A del Regolamento delegato (UE) 2021/2139 della Commissione, del 4 giugno 2021, di cui alla Figura 11.10.

II. Classificazione dei pericoli legati al clima (6)				
	Temperatura	Venti	Acque	Massa solida
Cronici	Cambiamento della temperatura (aria, acque dolci, acque marine)	Cambiamento del regime dei venti	Cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Erosione costiera
	Stress termico		Variabilità idrologica o delle precipitazioni	Degradazione del suolo
	Variabilità della temperatura		Acidificazione degli oceani	Erosione del suolo
	Scongelamento del permafrost		Intrusione salina	Soliflusso
			Innalzamento del livello del mare	
			Stress idrico	
Acuti	Ondata di calore	Ciclone, uragano, tifone	Siccità	Valanga
	Ondata di freddo/gelata	Tempesta (comprese quelle di neve, polvere o sabbia)	Forti precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Frana
	Incendio di incolto	Tromba d'aria	Inondazione (costiera, fluviale, pluviale, di falda)	Subsidenza
			Collasso di laghi glaciali	

Figura 11.10: Pericoli legati al clima descritti all'appendice A del Regolamento delegato 2021/2139

L'opera risulta soggetta ai seguenti pericoli:

- stress termico;
- ondata di calore;
- ondata di freddo/gelata;
- cambiamento del regime dei venti;
- tromba d'aria;
- cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni;
- stress idrico;
- forti precipitazioni;
- inondazioni.

11.1.3 Vulnerabilità dell'opera rispetto ai rischi individuati

La sensibilità di un progetto nei confronti di un pericolo climatico descrive l'impatto che questo è potenzialmente in grado di determinare qualora si verifici. La valutazione della sensibilità è stata effettuata attribuendo i seguenti punteggi:

- sensibilità alta: il pericolo climatico può avere un impatto significativo su attività e processi, fattori di produzione, risultati e collegamenti di trasporto;
- sensibilità media: il pericolo climatico può avere un leggero impatto su attività e processi, fattori di produzione risultati e collegamenti di trasporto;
- sensibilità bassa: il pericolo climatico non ha alcun impatto (o tale impatto è insignificante).

L'esposizione descrive la probabilità che questi eventi avversi si verifichino nel luogo prescelto per il progetto. Questa componente può essere valutata relativamente al clima attuale ma anche a quello futuro utilizzando dati storici e proiezioni climatiche. I seguenti punteggi sono stati utilizzati per la valutazione dell'esposizione:

- alta: la probabilità che un determinato pericolo legato al clima si verifichi in un dato luogo è alta;
- media: la probabilità che un determinato pericolo legato al clima si verifichi in un dato luogo è media;
- bassa: vi è una bassa probabilità che un determinato pericolo legato al clima si verifichi in un dato luogo.

Di seguito, nella Tabella 11-1, è descritto il processo di valutazione della vulnerabilità sulla base dei due fattori sopra descritti.

Tabella 11-1: Analisi vulnerabilità rispetto ai pericoli climatici individuati

ANALISI VULNERABILITÀ					
FATTORE CLIMATICO	SENSIBILITÀ	ESPOSIZIONE		VULNERABILITÀ	
		CLIMA ATTUALE	CLIMA FUTURO	CLIMA ATTUALE	CLIMA FUTURO
Stress termico	Medio-Bassa	Bassa	Media	Bassa	Medio-Bassa
Ondata di calore	Bassa	Bassa	Media	Bassa	Medio-Bassa
Ondata di freddo/gelata	Medio-Bassa	Bassa	Bassa	Bassa	Bassa
Cambiamento regime dei venti	Bassa	Bassa	Media	Bassa	Medio-Bassa
Tromba d'aria	Media	Bassa	Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa
Cambiamento regime delle precipitazioni	Medio-Bassa	Bassa	Media	Medio-Bassa	Medio-Bassa
Stress idrico	Medio-Bassa	Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa
Forti precipitazioni	Bassa	Media	Media	Medio-Bassa	Medio-Bassa
Inondazioni	Bassa	Bassa	Media	Bassa	Medio-Bassa

Durante la fase di progettazione esecutiva, relativamente ad alcuni pericoli, le problematiche legate ai mutamenti climatici sono state già affrontate al fine di individuare soluzioni che ne mitigassero gli effetti.

Per gli interventi riguardanti la componente vegetale sono state selezionate specie dotate di una scarsa water demand e con una buona tolleranza al caldo nell'ottica di dover affrontare periodi caratterizzati da temperature superiori a quelle odierne e periodi siccitosi prolungati oltre che a diminuire la quantità di acqua necessaria per l'irrigazione del verde.

Il futuro aumento della probabilità di eventi meteorici intensi e delle portate massime attese, così come descritto in precedenza, potrebbe aumentare la frequenza e l'intensità dei fenomeni di esondazione.

Gli interventi in progetto a tal proposito sono candidati a ridurre la vulnerabilità dell'opera attraverso l'aumento delle superfici permeabili.

11.2 CONTRIBUTO DELL'OPERA ALLA MITIGAZIONE DEI RISCHI INDIVIDUATI

In seguito all'esecuzione dei lavori nel Parco, grazie alla diminuzione delle sezioni stradali saranno disponibili nuove superfici permeabili da destinare a verde.

Inoltre, gli interventi sulla pavimentazione della viabilità primaria e secondaria porteranno alla sostituzione della copertura bituminosa con calcestruzzo drenante e graniglia calcarea, materiali in grado di assicurare una maggiore infiltrazione delle acque nel sottosuolo.

Queste soluzioni oltre trasformare un viale motorizzato in un green boulevard permetteranno di restituire la sua connotazione originaria al parco incrementando la fruibilità da parte dei visitatori del parco e garantendo un miglioramento sotto l'aspetto della gestione dei rischi e della resilienza intervenendo allo stesso tempo sia sulla mitigazione sia sull'adattamento.

Infatti, l'incremento delle aree verdi e della permeabilità delle superfici determineranno un incremento dei servizi ecosistemici operati dal parco, tra cui una maggiore capacità di infiltrazione e ritenzione delle acque nel suolo, un aumento dell'assorbimento di CO₂ e una mitigazione dell'effetto "isola di calore".

Pertanto, la realizzazione del progetto sarà verosimilmente in grado di aumentare il grado di resilienza dell'infrastruttura e, in una certa misura, anche al tessuto urbano circostante, dal momento che gli effetti positivi derivanti dagli interventi sopra descritti sono in grado di contrastare e mitigare gli effetti delle avversità climatiche che la città si trova e troverà a fronteggiare.