



Proposta di
**STRATEGIA DI
ADATTAMENTO
CLIMATICO**



ROMA



Proposta di

STRATEGIA DI ADATTAMENTO CLIMATICO

Gennaio 2024



Indice

PREMESSA

Il clima di Roma è già cambiato	8
--	----------

PRIMA PARTE

1 Profilo climatico di Roma

1.1 Analisi dei dati meteorologici tra il 1971 e il 2021	20
1.2 Valutazione degli scenari futuri di cambiamento climatico	32

2 Analisi degli impatti in corso e dei rischi

2.1 Sistema ambientale ed antropico	
2.1.1 Sistema idrico e rischio idrogeologico	43
2.1.2 Sistema geo-idrogeologico, analisi degli impatti in corso e dei rischi	61
2.1.3 Le acque sotterranee	92
2.2.1 La biodiversità del territorio di Roma: specie, habitat, ecosistemi, ecologia vegetale	99
2.2.2 Impatti dei cambiamenti climatici sulla biodiversità	108
2.2.3 Soluzioni basate sulla natura (NBSs) e ruolo multifunzionale dei servizi ecosistemici	113
2.2.4 La rete ecologica di Roma Capitale come infrastruttura verde	120
2.3 Sistema costiero	124
2.4.1 Insediamenti urbani e infrastrutture	141
2.4.2 Tipi di città e clima urbano	149
2.4.3 Il fenomeno Isola di Calore Urbano a Roma	153
2.5 Patrimonio culturale	160
2.6. Sistema agricolo e zootecnico	
Sistema socio-economico	166

2.7 Cambiamenti climatici, ambiente urbano, salute	175
2.8 Impatti sui sistemi socio-economici-produttivi	186

SECONDA PARTE

3 Politiche e azioni in corso nella direzione dell'adattamento

3.1 Progetti e interventi in corso	200
3.2 Analisi degli eventi e interventi di Protezione Civile	230
3.3 Rete ferroviaria e stradale: rischio climatico e adattamento nel Comune di Roma	243
3.4 Incremento della resilienza della rete di distribuzione elettrica	247
3.5 Il ruolo dei consorzi di bonifica nella gestione delle risorse idriche e per l'adattamento climatico	256

TERZA PARTE

4 Gli obiettivi dell'adattamento climatico a Roma	262
--	------------

5 Il processo di adattamento di Roma Capitale	281
--	------------

Appendice	287
Bibliografia	326
Glossario	351





Non esiste città nel mondo che non abbia avuto esperienza diretta di quanto il clima sia già cambiato, con piogge intense, ondate di calore e periodi di siccità sempre più frequenti. L'impatto di questi cambiamenti sulle comunità, purtroppo, è spesso devastante.

Roma non fa eccezione. Le analisi meteoclimatiche evidenziano nella nostra città un aumento delle temperature costante dal 1970, con preoccupanti effetti sulla salute nei quartieri dove più rilevante è l'effetto isola di calore urbana e dove la temperatura può essere anche di 5 gradi maggiore che nelle aree verdi esterne alla città. Si tratta di cambiamenti che incidono profondamente sulla qualità della vita dei cittadini, anche se spesso non vengono immediatamente percepiti. Tutti, però, si rendono conto dei cambiamenti nell'andamento delle precipitazioni con alluvioni che sempre più frequentemente mettono in crisi i quartieri, violente mareggiate sul litorale e più lunghi periodi di siccità.

È dunque essenziale preparare la città a condizioni climatiche che stanno cambiando e che muteranno ancora di più, come conseguenza della crescita delle emissioni di gas serra su scala globale. Mentre procede l'impegno a contenere entro 1,5 gradi l'aumento della temperatura media del Pianeta, come previsto dall'Accordo di Parigi e come Roma si è impegnata con il Piano clima e con la revisione del Paesc approvata a novembre 2023, dobbiamo intervenire per rispondere a queste sfide.

La prima strategia di adattamento climatico di Roma ha come obiettivo di approfondire i rischi e gli scenari per il territorio della Capitale e, soprattutto, di aprire il confronto sulle priorità di intervento e le misure da prendere per mettere in sicurezza la città, rafforzando la resilienza di infrastrutture e spazi pubblici. Restare fermi aggraverebbe i problemi, e non possiamo permetterlo in una città dove 400mila persone vivono in aree a rischio idrogeologico e quasi il 10% della popolazione abita in quartieri dove la vulnerabilità legata alle ondate di calore si somma la vulnerabilità sociale e economica.

Sulla proposta di strategia si apre ora una fase di consultazione con i cittadini e tutti gli stakeholder istituzionali, economici e sociali, scientifici indispensabile per un tema così importante, innovativo e trasversale ai diversi settori e competenze.

Quella dell'adattamento è una sfida a proiettare la città nel futuro, a ripensare e riqualificare i suoi spazi e a renderli più belli e funzionali, a rafforzare la sicurezza delle infrastrutture. Come già si sta facendo nelle piazze del Giubileo, con il grande intervento sull'acquedotto Peschiera, con i progetti di forestazione urbana. E come vogliamo e dobbiamo fare in maniera profonda per trasformare la città e renderla più moderna, vivibile e inclusiva.

Roberto Gualtieri
Sindaco di Roma

PREMESSA

IL CLIMA DI ROMA È GIÀ CAMBIATO

Il territorio di Roma negli ultimi anni ha visto cambiamenti significativi delle temperature e delle precipitazioni. I dati meteorologici elaborati da Istat sulla base dei rilevamenti delle centraline evidenziano una tendenza alla crescita della temperatura tra il 1971 e il 2021, con i valori più alti registrati nell'ultimo decennio. **A Roma l'aumento del caldo è più marcato rispetto a tutti gli altri capoluoghi di regione italiani:** la temperatura media del periodo 2011-2021 segna valori più elevati su Roma (17,7°C), in media rispettivamente +1,7°C rispetto periodo 1981-2010¹. In particolare, sono in aumento il *numero di giorni estivi* (ossia quelli con temperatura massima maggiore di 25 gradi) e di *notti tropicali* (con temperature che non scendono sotto i 20 gradi), che sono stati nel 2021 rispettivamente 20 in più e 24 in più del periodo 1981-2010. La Capitale è anche in testa tra le città italiane per la più alta anomalia rispetto all'indicatore *durata dei periodi di caldo* (ondate di calore) nel 2021, con + 40 giorni rispetto al periodo 1981-2010. E, in parallelo, si è ridotto il numero di giorni con gelo (-9) nello stesso arco temporale.

Rispetto alle precipitazioni si evidenzia, invece, un aumento della variabilità e cambiamenti nei regimi pluviometrici, con anni piovosi che si alternano ad anni poco piovosi, l'allungamento dei giorni senza precipitazioni e, al contempo, dell'intensità delle precipitazioni in alcune giornate. La precipitazione totale annua è stata pari in media a 807 millimetri nel periodo 1971-2000, per poi scendere a 783 nel periodo 2011-2021. Il 2017 e il 2020 sono stati gli anni meno piovosi con, rispettivamente, 527 mm e 601 mm, mentre il 2014 è stato l'anno più piovoso con 1.116 mm. Un confronto tra l'anno 2021 e la media del periodo 1981-2010, evidenzia come i giorni con precipitazione molto intensa (maggiore di 20 millimetri) aumentino di 4 giorni, mentre l'indicatore *precipitazione nei giorni molto piovosi* (che misura la concentrazione del fenomeno) è a Roma pari a +47mm rispetto alla media del periodo 1981-2010, a dimostrare come **la pioggia si concentri sempre di più nei giorni molto piovosi, con conseguenze negative di gestione dei fenomeni.**

Roma è anche il Comune in Italia che più sta subendo le conseguenze dell'aumento della frequenza e intensità di alluvioni e piogge intense¹. È la cronaca degli episodi di maltempo che si ripete con numeri crescenti a far comprendere la situazione: con **allagamenti da piogge intense che bloccano metropolitane, treni regionali, trasporto pubblico di superficie e che fermano il traffico nei sottopassi e nelle strade - con interventi della protezione civile** per mettere in sicurezza i luoghi e le persone -, ma anche di giornate con venti forti, oltre a trombe d'aria e mareggiate sul litorale costiero. Sono invece le indagini epidemiologiche a raccontare **le conseguenze dell'esposizione a condizioni di elevate temperature e ondate di calore, con effetti sulla mortalità delle persone più anziane e vulnerabili.** L'incrocio delle analisi statistiche con la cartografia urbana mette in

¹ <https://www.istat.it/it/files//2023/05/Dati-meteorologici-Anni-1971-2021.pdf>

evidenza con sempre maggiore chiarezza le aree della città e i quartieri dove con più frequenza si registrano impatti rilevanti che mettono a rischio le persone, gli edifici, le infrastrutture.

PERCHÉ UNA STRATEGIA DI ADATTAMENTO CLIMATICO?

Roma deve prepararsi per affrontare scenari di cambiamenti climatici che aumenteranno gli impatti e, quindi, il rischio a cui è esposta la sua economia e il tessuto sociale. Gli scenari climatici elaborati dal Panel Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici (IPCC) delle Nazioni Unite prendono in considerazione diverse proiezioni di aumento delle emissioni globali e delle temperature che dipenderanno dalle misure che i Paesi saranno in grado di realizzare per rimanere entro gli obiettivi di aumento delle temperature previsti dall'Accordo di Parigi. Questi scenari sono caratterizzati da rilevanti margini di incertezza nella proiezione a fine secolo, mentre tutte le città che stanno lavorando sull'adattamento considerano come riferimento per l'individuazione delle misure di adattamento gli scenari al 2050. **Per Roma le variazioni climatiche elaborate da CMCC (Centro Euro-Mediterraneo sui cambiamenti climatici) per la Strategia**, prendono in considerazione il periodo compreso tra il 2036 e il 2065 con tre diversi scenari accomunati da **una stessa inequivocabile tendenza di aumento delle temperature medie¹, della durata dei periodi di caldo, dell'indice di disagio termico e della riduzione dei giorni di gelo.**



Variazioni climatiche annuali (ensemble mean e deviazione standard riportata tra parentesi) attese su alcuni indicatori considerati per il periodo 2036-2065, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, per gli scenari RCP2.6, RCP4.5 e RCP8.5. I valori sono mediati su scala comunale e stimano un aumento delle temperature già avvenuto rispetto al periodo di riferimento di 0,9 gradi.

La scienza del clima mette in evidenza la non linearità delle conseguenze dei processi di riscaldamento globale e l'incertezza rispetto alle evoluzioni legate agli aumenti delle temperature nelle diverse aree del mondo. Ma quello che è indiscutibile è che a Roma, seppur con differenze legate agli scenari emissivi, si avranno un aumento della frequenza e intensità dei fenomeni atmosferici che già attualmente determinano impatti rilevanti sulla città. Comprendere l'evoluzione dei fenomeni è indispensabile per individuare le misure di adattamento necessarie per farvi fronte.

Cos'è l'adattamento?

"Nei sistemi umani, il processo di adattamento al clima attuale o previsto e ai suoi effetti, al fine di moderare i danni o sfruttare le opportunità positive. Nei sistemi naturali, il processo di adattamento al clima attuale e ai suoi effetti; l'intervento umano può facilitare l'adattamento al clima atteso e ai suoi effetti".

Da glossario IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2022ⁱⁱⁱ

La strategia di adattamento ha l'obiettivo di affrontare questo nuovo scenario sulla base dei cambiamenti attesi e degli impatti già in corso tenendo in conto le migliori conoscenze ad oggi disponibili. Per questo si basa su analisi scientifiche ampie e articolate necessarie a comprendere la situazione e gli impatti in corso, in modo da capire i rischi e le vulnerabilità del territorio, delle persone, dell'economia e individuare i sistemi di monitoraggio e gli indicatori necessari a comprendere i cambiamenti in corso.

Roma, nella sua lunga storia, ha visto rilevanti cambiamenti culturali, sociali, politici e della sua stessa geografia – pensiamo a Ostia antica, al Porto di Traiano e alle modifiche delle anse fluviali e della linea di costa. Ha vissuto esondazioni del Tevere che hanno messo in ginocchio la città, epidemie e incendi dalle conseguenze devastanti, in periodi in cui questi impatti erano difficilmente prevedibili e non esistevano le conoscenze e le risorse economiche per una efficace prevenzione. Oggi abbiamo la possibilità di poter valutare quanto il cambiamento climatico globale potrà determinare e, dunque proprio per questo, la responsabilità di prepararci con le azioni necessarie a ridurre le conseguenze. Non solo, la città deve anche prepararsi a cogliere le opportunità in termini di riqualificazione che si potranno aprire per i quartieri e le aree coinvolte dagli interventi di adattamento.

Attraverso la Strategia, sono individuate le priorità di intervento per adattare la città al nuovo scenario, gli obiettivi e le misure per ridurre le vulnerabilità e i rischi. Per affrontare questioni tanto complesse occorre infatti uno strumento che individui le questioni prioritarie da affrontare, che sia flessibile per lo scenario di incertezza rispetto alla non linearità degli impatti che si troverà ad affrontare, che sia discusso con la città e condiviso con i tanti soggetti istituzionali, sociali, economici che avranno una responsabilità nel percorso di adattamento. Per portare avanti le misure individuate serviranno infatti piani e progetti di riqualificazione e messa in sicurezza, sistemi di prevenzione, di allerta e informazione dei cittadini, di protezione civile, di approfondimento tecnico e scientifico, di monitoraggio, di governance e di ridefinizione delle regole progettuali degli interventi.

Le analisi mettono in evidenza come in ogni scenario di impatto – con minore o maggiore aumento delle concentrazioni, e quindi delle temperature – alcune aree della città e infrastrutture, **alcuni quartieri e contesti sociali saranno più vulnerabili di altri.** Inoltre, nel tempo i processi potranno modificarsi e andranno adattate le scelte e le azioni al contesto che la città si troverà ad affrontare, come dimostra l'esperienza di tante città in Europa e nel Mondo che si stanno preparando a questo nuovo scenario con diversi strumenti e esperienze di interesse.

La Strategia risulta lo strumento più efficace governare un processo, come quello di adattamento climatico, che vede inevitabilmente responsabilità e competenze articolate.

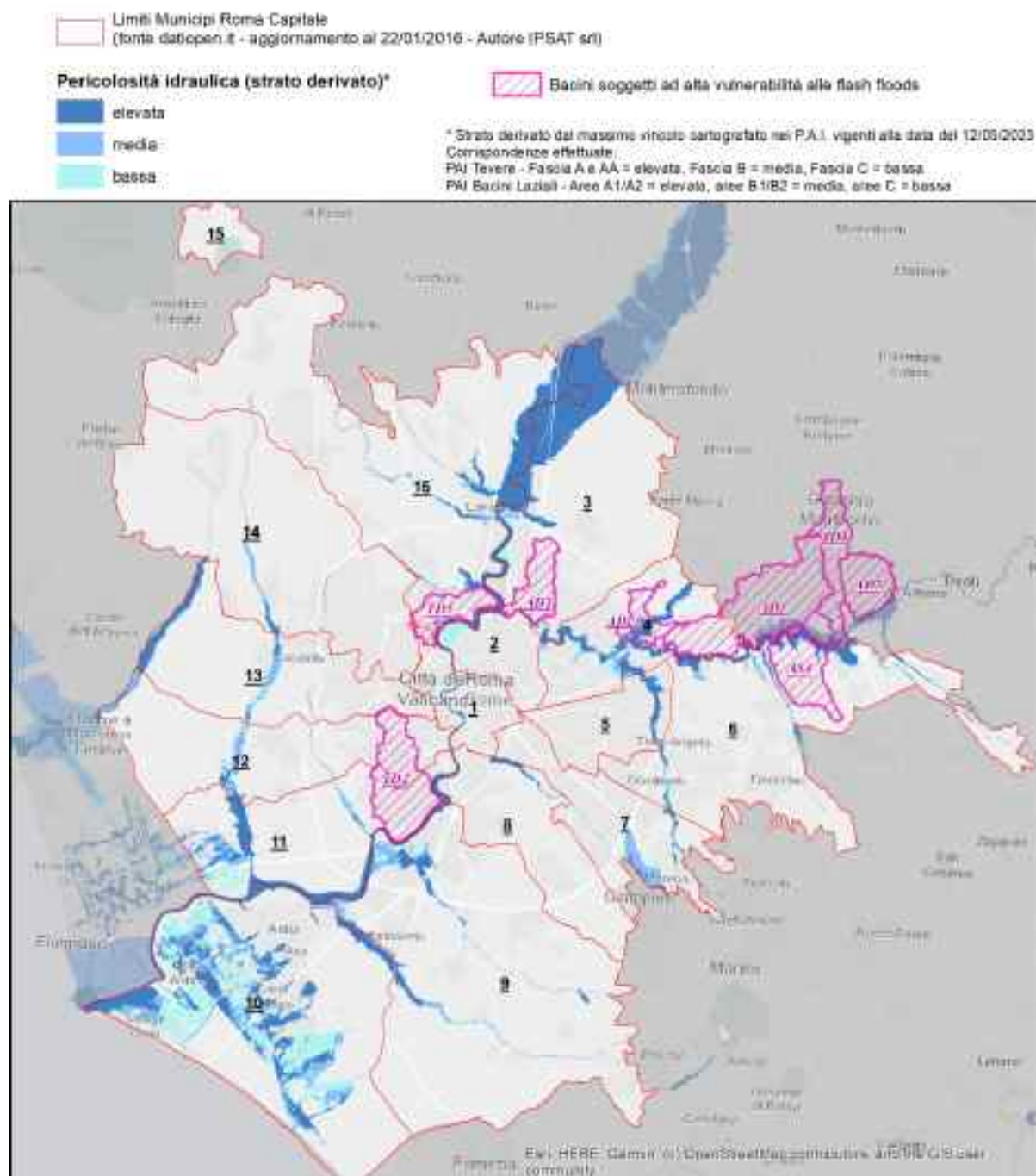
Con questo documento si vuole costruire un percorso di condivisione dei rischi, degli obiettivi e delle priorità di intervento per una efficace cooperazione istituzionale e per raggiungere risultati che dipendono dall'efficacia del quadro normativo, dalla certezza dei finanziamenti, dalla chiarezza delle competenze, da piani, programmi, interventi portati avanti da Enti diversi. L'adattamento climatico di Roma è un processo che vedrà periodiche revisioni e aggiustamenti per rispondere alle priorità individuate con la strategia.

L'orizzonte temporale della strategia.

Il documento individua il quadro delle misure di adattamento che Roma deve mettere in campo entro il 2030 per adattare il territorio di Roma agli impatti in corso e a quelli prevedibili come conseguenza degli scenari climatici e degli impatti che potranno avvenire al 2050.

Il rischio zero non esiste.

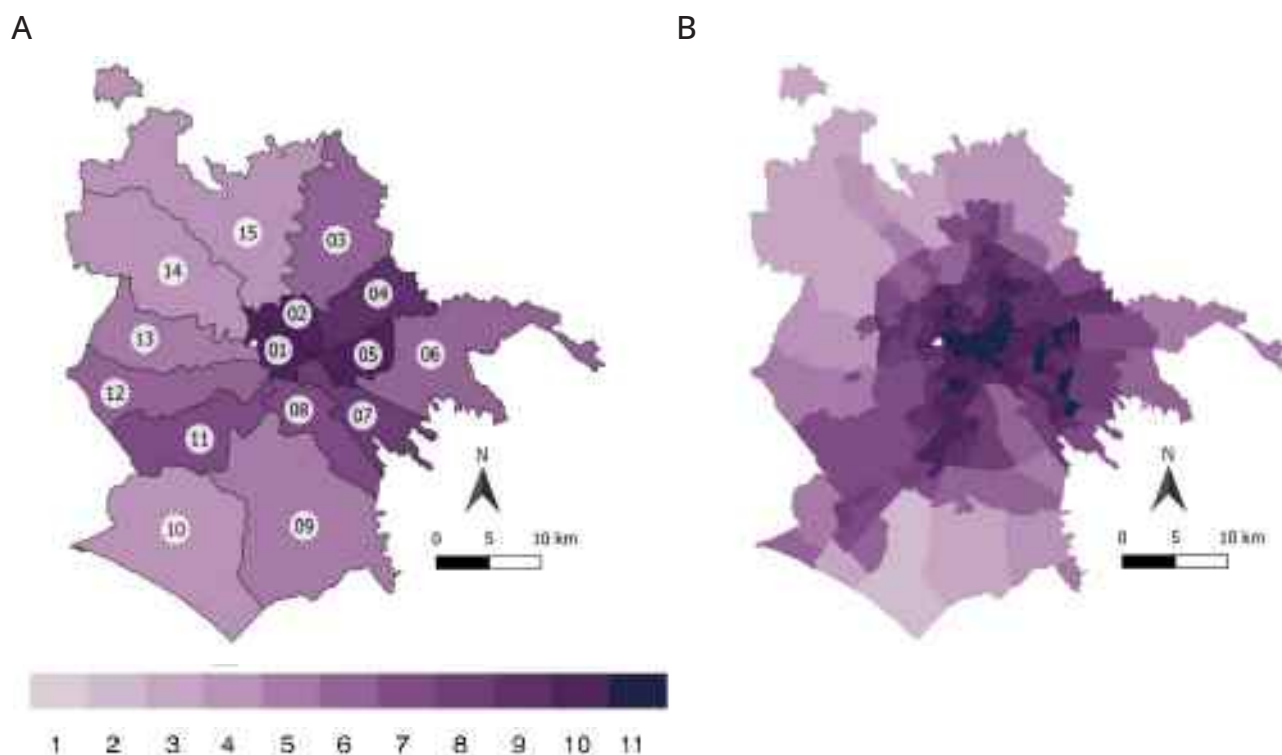
Non è possibile – sia da un punto di vista tecnico che economico – proteggere completamente Roma, come qualsiasi città del mondo, dai diversi impatti determinati dai cambiamenti climatici. La cronaca oramai quotidiana racconta alluvioni devastanti dovute a piogge che rovesciano in poche ore i quantitativi attesi in mesi o anni. A maggior ragione è impossibile garantire un sicuro smaltimento di quantità di piogge così rilevanti in una città che ha quartieri in ambiti dove può esondare il Tevere e a rischio frane, o costruiti abusivamente, e quindi con sistemi fognari inadeguati a smaltire forti piogge. Tuttavia, una serie di misure possono e devono essere prese per prevenire le conseguenze e ridurre la scala dei rischi che i differenti fenomeni possono determinare, a partire proprio dalle aree più a rischio e più fragili da un punto di vista socioeconomico. La dimensione della vulnerabilità su cui intervenire è impressionante nei numeri: secondo il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, redatto dall'Autorità distrettuale di Bacino dell'Appennino centrale, sono quasi 400mila le persone che vivono in aree a rischio idrogeologico. Con circa 145mila persone in aree soggette ad esondazioni dirette dei corsi d'acqua e circa 245mila in zone interessate da potenziali fenomeni di *flash flood* (alluvioni lampo^{iv}).



Aree allagabili dei corsi d'acqua dell'area romana ed aree vulnerabili a fenomeni flash-floods. Si veda il contributo 2.1.2 della Strategia.

Se invece si considerano gli effetti dell'aumento delle temperature, le analisi epidemiologiche realizzate da DEP Lazio nel Comune di Roma mettono in evidenza un aumento della mortalità e dei ricoveri ospedalieri come conseguenza di periodi di ondate di calore, con un effetto maggiore e sinergico quando associati a picchi di inquinamento atmosferico. L'analisi integrata della vulnerabilità ambientale e di quella sociale, per il basso stato socioeconomico, mette in evidenza come il 9% della

popolazione residente a Roma vive in quartieri a rischio in periodi di prolungate ondate di calore, in particolare nell'area ad Est.



Valori medi di vulnerabilità ambientale e climatica per distretto sanitario (A) e per zona urbanistica (B). Si veda il contributo 2.7 della Strategia.

Il non intervento aumenterebbe le disuguaglianze sociali e avrebbe impatti negativi sull'economia di Roma. I dati epidemiologici contenuti nella prima parte della Strategia, mettono in evidenza l'impatto che l'aumento delle temperature e delle ondate di calore già determina in alcune aree di Roma in termini di mortalità. Sono i quartieri dove si trovano i maggiori problemi sociali, dove è più rilevante la fragilità con anziani che vivono soli e famiglie che non si possono permettere sistemi di raffrescamento per affrontare le notti e i giorni sempre più caldi. Intervenire in queste aree sarà una priorità della strategia di adattamento, dove tenere assieme gli obiettivi di mitigazione – miglioramento dell'isolamento termico attraverso interventi di efficienza energetica e installazione di fonti rinnovabili – e di adattamento dei quartieri per ridurre l'effetto isola di calore urbana.

L'IPCC ha classificato il **Mediterraneo** come Hotspot del surriscaldamento globale, ossia una delle aree del mondo più vulnerabili e dove più accentuati sono i processi di aumento delle temperature del mare e delle superfici terrestri, dunque da tenere in particolare osservazione e dove è più urgente realizzare misure di adattamento. Da diverso tempo, **le analisi della Banca D'Italia^v mettono in evidenza gli impatti che i cambiamenti climatici stanno già avendo in Italia e che avranno**

sull'agricoltura – Roma è il più grande comune agricolo del Paese -, **sul turismo, su molte attività economiche e sui servizi.**

Il campo delle analisi e dei contributi scientifici che si trovano nella prima parte del documento è ampio e articolato proprio perché uno scenario di questa dimensione andrà a incidere, progressivamente nel tempo, su un numero molto grande di fattori. Alcuni impatti sono già noti e monitorati, altri dovranno essere studiati per comprendere come le variazioni nel tempo delle condizioni atmosferiche potranno incidere e sovrapporsi ad altri fattori, ad esempio di inquinamento, andando ad incidere sul patrimonio storico e culturale o nei confronti della biodiversità e delle colture agricole. Le risposte, per risultare efficaci, dovranno essere specifiche rispetto ai rischi individuati, ma anche inquadrare in più ampie analisi e progetti integrati proprio per la dimensione dei processi e per come potranno incidere nei confronti della diversa situazione economica e sociale dei quartieri, del livello di degrado delle infrastrutture, dei monumenti, dei contesti agricoli e naturali per verificare effetti e interazioni.

Rischi e priorità di intervento

Le analisi degli impatti in corso e le indicazioni che arrivano dalle analisi e dagli scenari dei cambiamenti climatici mettono in evidenza come siano quattro le questioni prioritarie da affrontare, nel territorio di Roma, per ridurre i rischi degli spazi urbani, degli ecosistemi, del tessuto sociale e economico:

- **La maggiore intensità e frequenza di piogge intense e alluvioni**, con conseguenze per le infrastrutture e gli spazi urbani, maggiori rischi di esondazioni fluviali.
- **La sicurezza degli approvvigionamenti idrici**, in uno scenario di più lunghi periodi di siccità.
- **La crescita delle temperature e delle ondate di calore**, in una città dove già il caldo è cresciuto e con quartieri dove si riscontra un preoccupante effetto isola di calore urbano.
- **L'intensificarsi di impatti sul litorale costiero**, dai processi di erosione costiera, agli impatti di mareggiate e trombe d'aria, in uno scenario di innalzamento del livello del mare.

Il documento è diviso in tre parti. **Una prima parte in cui si presenta una analisi dei dati meteoclimatici, degli impatti in corso e dei rischi, degli scenari futuri di cambiamento climatico.** Per la redazione sono state coinvolti istituti e centri di ricerca, università e istituzioni nazionali, per ricostruire la situazione e le vulnerabilità. Un contributo indispensabile da parte di soggetti articolati – Enea, Ispra, Fondazione Cmcc, Cnr, Istat, Dipartimento di epidemiologia ASL Roma 1, Università, Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale, Consorzio di Bonifica Litorale Nord, Areti, FS – che si integra con quello delle strutture dell'amministrazione – Dipartimento Protezione Civile, SIMU, Ambiente, Ufficio Clima - per la comprensione dei processi in corso, delle loro possibili evoluzioni, per identificare le decisioni più opportune ed efficaci. Un metodo di lavoro che continuerà nel percorso di adattamento della città, con analisi e monitoraggi, nella consapevolezza che la conoscenza e l'approfondimento scientifico saranno fattori decisivi per le decisioni da prendere. Attraverso analisi specifiche e integrate, per il profondo intreccio che nei contesti urbani hanno le diverse questioni: dalla biodiversità, alla tutela di un patrimonio culturale straordinario e diffuso, al ruolo importantissimo della partecipazione dei cittadini nel prendersi cura degli spazi e della consapevolezza dei nuovi rischi che i cambiamenti climatici possono determinare negli spazi urbani.

Nella seconda parte si ricostruisce il quadro dei progetti in corso che vanno nella direzione di rendere la città più resiliente agli impatti. Un esempio sono gli interventi sulla rete idrica che hanno consentito in questi anni di ridurre le perdite della rete idrica al 27,8%, contro una media nazionale del 42%. Sono diversi i progetti in cantiere o finanziati - con risorse del PNRR, nazionali, regionali, comunali e finanziamenti dal Giubileo 2025 - che riguardano l'adeguamento e la messa in sicurezza delle infrastrutture idriche, di quelle fognarie, la messa in sicurezza di aree a rischio esondazione, la forestazione urbana e la riqualificazione di piazze e spazi pubblici, parchi con obiettivi di adattamento climatico, di estensione della rete di fontanelle di acqua potabile.

Nella terza parte si individuano gli obiettivi e le misure di adattamento per preparare il territorio di Roma agli impatti in corso e a quelli prevedibili come conseguenza degli scenari climatici e degli impatti che potranno avvenire al 2050. Il quadro dei fenomeni che la città si troverà di fronte ha margini di incertezza, che impongono di monitorare, studiare e approfondire i processi, mentre si rafforzano i sistemi di allerta e di protezione civile e si realizzano gli interventi nelle aree individuate come a più rilevante rischio, dove gli impatti di alluvioni, incendi, frane determinano già impatti rilevanti. La strategia ha l'ambizione di presentare una lettura aggiornata dei rischi e delle vulnerabilità del territorio, ma anche **una visione^{vi} proiettata nel futuro** in cui l'adattamento diventa una chiave per dare risposta ai problemi e valorizzare punti di forza, risorse e vocazioni del territorio.

LA COLLABORAZIONE ISTITUZIONALE.

La strategia si inquadra dentro un articolato quadro di riferimenti normativi e di programmazione europeo, nazionale e regionale, metropolitano, oltre che di competenze sui diversi ambiti dell'adattamento climatico.

La Commissione europea ha approvato nel 2013 la prima Strategia Europea sull'Adattamento ai Cambiamenti Climatici, con l'obiettivo di promuovere e supportare le azioni di adattamento negli Stati Membri, assicurare processi decisionali informati, colmare le lacune conoscitive in materia di adattamento creando con il supporto dell'Agenzia Europea per l'Ambiente una piattaforma definita Climate-ADAPT che svolge il ruolo di collettore di informazioni in materia di adattamento a livello europeo e di promuovere prioritariamente azioni per l'adattamento nei settori più vulnerabili. Nel 2021 è stata adottata la comunicazione "Forgiare un'Europa resiliente ai cambiamenti climatici — la nuova strategia dell'UE sull'adattamento ai cambiamenti climatici". La strategia delinea una visione a lungo termine affinché l'UE diventi una società resiliente ai cambiamenti climatici, pienamente adattata agli effetti inevitabili dei cambiamenti climatici entro il 2050. Questa strategia mira a rafforzare la capacità di adattamento dell'UE e del mondo e a ridurre al minimo la vulnerabilità agli impatti dei cambiamenti climatici, in linea con l'accordo di Parigi e con la proposta di legge europea sul clima.

Il 21 Dicembre 2023 **il Ministero dell'Ambiente e della sicurezza energetica** ha approvato il Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici. Il Piano dà seguito al percorso avviato con la "Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNACC)" approvata nel 2015 e ha l'obiettivo di fornire un quadro di indirizzo nazionale per implementare azioni volte a ridurre al minimo i rischi derivanti dai cambiamenti climatici, migliorare la capacità di adattamento dei sistemi

naturali, sociali ed economici, nonché trarre vantaggio dalle eventuali opportunità che si potranno presentare con le nuove condizioni climatiche.

L'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino centrale ha la responsabilità di elaborare, ai sensi del D.lgs 152/2006, il Piano di bacino distrettuale. Il territorio di Roma è compreso interamente nell'ambito del Distretto per il quale l'Autorità deve approvare e sviluppare le azioni in relazione al Piano di gestione del rischio alluvioni, del Piano di gestione delle acque, del Piano di assetto idrogeologico, del Piano di gestione delle coste, nonché esprimere i pareri sulla coerenza degli interventi previsti con gli obiettivi dei suddetti piani. L'Autorità deve inoltre istituire l'Osservatorio distrettuale permanente sugli utilizzi idrici e favorire i processi di sinergia e il coinvolgimento degli attori territoriali attraverso i Contratti di Fiume.

La Regione Lazio, è l'Ente territoriale competente sull'attuazione dei principali interventi di difesa del suolo e sulle azioni di monitoraggio in base alla normativa vigente (D.lgs. 152/2006 art. 61), e collabora alla realizzazione dei Piani di bacino, alla formulazione dei programmi di intervento. La Regione ha approvato a Gennaio 2023 il Piano regionale di transizione ecologica (PTE). Con DGR del Lazio n.6/2023 è stato approvato il Documento di Sintesi per l'integrazione tra le Misure di Adattamento ai cambiamenti climatici e la Strategia Regionale di Sviluppo Sostenibile, approvata nel 2021, denominato *"Strategia di Sviluppo Sostenibile: il contributo dell'Adattamento ai cambiamenti climatici"*. Il documento, che si inquadra nel più ampio contesto SRSvS, della quale rappresenta una parte integrante per individuare le condizioni in base alle quali declinare le azioni di contrasto ai mutamenti climatici e ambientali^{vii}.

La Città Metropolitana di Roma Capitale è l'ente territoriale di area vasta che coordina le politiche di sviluppo del territorio. A Dicembre 2022 ha approvato il *"Piano Strategico Metropolitano, 2022-2024 – Roma metropoli al futuro"*, che rappresenta lo strumento di riferimento per orientare l'azione amministrativa metropolitana e dei suoi comuni, per individuare le misure che dovranno essere assunte nella programmazione e pianificazione nei diversi settori al fine di contenere il riscaldamento in atto, contrastare gli impatti negativi del cambiamento climatico e valorizzarne quelli positivi e di valutare le implicazioni del cambiamento climatico nei diversi settori interessati.

La condivisione del percorso della strategia di adattamento con i 15 **Municipi** in cui è articolato il territorio di Roma Capitale, avrà un ruolo fondamentale nella fase di confronto sugli obiettivi e le azioni per articolarle, declinarle, migliorarne l'efficacia. Una particolare attenzione verrà posta al coinvolgimento dei Municipi nell'affrontare le questioni che coinvolgono alcuni contesti articolati: dal Tevere al litorale, agli ambiti di maggiore rischio per le ondate di calore, a partire dall'area Est della città.

Il lavoro che il Comune sta portando avanti sull'adattamento è parte **di accordi e collaborazioni scientifiche con città e network internazionali**. Roma è stata selezionata dalla Commissione Europea tra le 100 città della Mission "Carbon-neutral and smart cities by 2030" e ha approvato il 14 novembre 2023 la revisione del PAESC, il Piano di azione per l'Energia sostenibile e il clima, introducendo target più ambiziosi di riduzione delle emissioni di gas serra. La città fa parte delle reti C40 e Iclei impegnate sul clima ed è coinvolta in specifici gruppi di lavoro di condivisione di esperienze e progetti sull'adattamento climatico. Il Comune ha aderito al progetto europeo AGORA^{viii} (A Gathering place to co-design and co-create Adaptation)^{ix}, finanziato dal Programma Horizon

Europe nell'ambito della Missione dell'Unione Europea "Adattamento ai cambiamenti climatici"^x, coordinato dalla Fondazione CMCC, che vede la partecipazione di diversi Partner europei e di regioni e città italiane ed europee^{xi}. Obiettivo di queste collaborazioni è di condividere soluzioni per problemi che sono comuni a tutte le città, e rafforzare la cooperazione in particolare con città europee e del Mediterraneo che si trovano ad affrontare gli stessi problemi e le medesime sfide.

La Strategia di adattamento rappresenta un passaggio di forte innovazione per le politiche urbane. Per la prima volta Roma viene osservata in una prospettiva, come quella climatica, proiettata nel futuro e dove occorre comprendere i possibili profondi cambiamenti che potranno avvenire. Per questo è importante che si apra un ampio confronto sulle analisi e gli scenari contenuti nel documento, in modo da far crescere la consapevolezza delle sfide che la città ha di fronte e arrivare a costruire una visione condivisa del futuro. Studi e sondaggi evidenziano la crescente preoccupazione dei cittadini di ogni Paese europeo, e in particolare di quelli italiani, per le conseguenze di impatti che purtroppo tutti hanno imparato a conoscere nella propria esperienza quotidiana. La scelta di aprire sulla proposta di Strategia un percorso di confronto scientifico e di partecipazione degli stakeholder istituzionali, economici, sociali - prima della sua definitiva approvazione in Assemblea capitolina -, ha proprio l'obiettivo di arrivare a individuare misure condivise per adattare Roma allo scenario climatico del XXI secolo.

- i Si veda in appendice il documento con le elaborazioni del portale www.cittaclima.it di Legambiente.
- ii Le elaborazioni di CMCC sono costruite sulla base dei dati di Copernicus (<https://cds.climate.copernicus.eu/apps/c3s/app-era5-explorer>), il programma di osservazione della Terra coordinato e gestito dalla Commissione europea ed attuato in collaborazione con gli Stati membri, l'Agenzia spaziale europea (ESA), l'Organizzazione europea per l'esercizio dei satelliti meteorologici (EUMETSAT), il Centro europeo per le previsioni meteorologiche a medio termine (CEPMMT), le agenzie dell'UE e Mercator Océan. Offre servizi di informazione basati sull'**osservazione satellitare della Terra e dati in situ**. L'analisi per il territorio di Roma Capitale stima un range di aumento di temperature - ovvero una variazione della temperatura media del trentennio centrato sul 2050 (2036-2065) - compreso tra 1,1 e 1,9 gradi rispetto al periodo 1980-2010.
- iii https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Annex-II.pdf
- iv flash flood, alluvione lampo che si verifica a seguito di intensi temporali associati a nubifragi in lento movimento o anche stazionari su piccoli bacini idrici, fiumi, torrenti e perfino ruscelli che prima dell'evento possono essere anche completamente secchi.
- v <https://www.bancaditalia.it/pubblicazioni/rapporto-investimenti-sostenibili/2023/index.html>
- vi Si veda pagina 93, Allegato II al Piano Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici, "Metodologie per la definizione di strategie e piani locali di adattamento ai cambiamenti climatici".
- vii Il Documento nello specifico intende:
- *"fornire una solida base conoscitiva di riferimento attraverso l'elaborazione del Profilo climatico regionale e dei possibili scenari di medio-lungo termine;*
 - *valorizzare le azioni, i Piani e i Programmi della Regione in tema di adattamento al cambiamento climatico attraverso la mappatura delle azioni già in atto a livello regionale per la riduzione delle emissioni climalteranti;*
 - *individuare un set di misure e azioni da mettere in campo per i diversi ambiti, aggiornando i Piani di settore esistenti ovvero fornendo indicazioni per quelli in fase di elaborazione e/o di prossima redazione;*
 - *promuovere un percorso partecipativo e di coinvolgimento degli stakeholder locali al fine di integrare il tema dell'adattamento e della mitigazione in tutte le politiche settoriali regionali e locali"*
- viii Per maggiori informazioni si rimanda al sito di Progetto <https://adaptationagora.eu/>
- ix Per una descrizione dettagliata del Progetto si rimanda alla pagina su ClimateAdapt <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/projects/a-gathering-place-to-co-design-and-co-create-adaptation>
- x Per maggiori informazioni si rimanda al sito della Missione https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe/adaptation-climate-change_en
- xi Sono inoltre stati ammessi a finanziamento da parte della Commissione Europea i progetti "REGREENERATION - Nature Based Solutions per rigenerare quartieri svantaggiati per la resilienza climatica", programma Horizon Europe, e "LET'S GOV - Governare la transizione climatica attraverso azioni pilota", NetZero Cities Pilot Cities, programma Horizon Europe.

1

**Profilo climatico
di Roma**

1 Profilo climatico di Roma

1.1 ANALISI DEI DATI METEOCLIMATICI TRA IL 1971 E IL 2021

Donatella Vignani

Istituto Nazionale di Statistica, Direzione Centrale per le Statistiche Ambientali e Territoriali



Introduzione

Strettamente interconnessi ai temi dello sviluppo sostenibile, i Cambiamenti Climatici (CC) sono al centro dell'attenzione del mondo scientifico e istituzionale e della consapevolezza pubblica. La crescita della temperatura dell'aria, trasformazioni nel regime stagionale delle precipitazioni e l'intensificarsi di eventi estremi sono segnali dei CC in atto. Fenomeni un tempo rari sono divenuti più frequenti, intensi e diffusi, con impatti rilevanti e danni economici, sociali e ambientali in molte aree del Paese e in particolare nelle città.

A livello internazionale, nell'ultima Conferenza delle Nazioni Unite sui CC di Sharm el-Sheikh (2022) è stata confermata la soglia obiettivo - già definita nell'Accordo di Parigi 2015 - per limitare l'aumento della temperatura globale a +1,5°C rispetto all'era pre-industriale (1850-1900), poiché gli ecosistemi, da cui dipendiamo, sarebbero danneggiati o distrutti ancor più gravemente. Nel recente Rapporto 2023 dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) delle Nazioni Unite (UN), gli scienziati ribadiscono che solo un'azione urgente per il clima potrà garantire un futuro vivibile a tutti gli individui sul Pianeta. Il Rapporto annuale European State of the Climate 2022, realizzato dal Copernicus Climate Change Service (C3S) - programma di monitoraggio satellitare della Terra di Commissione Europea ed Agenzia Spaziale Europea - evidenzia che in Europa gli ultimi otto anni sono stati i più caldi mai registrati e che nel 2022 la temperatura media ha superato di circa +1,2°C il livello del periodo pre-industriale. In molti Paesi europei, si sono registrate in questi ultimi anni temperature record, accompagnate da numerosi eventi estremi quali onde di calore intense e prolungate, che hanno interessato l'Europa sud-occidentale (e anche aree del Nord), e persistenti bassi livelli di precipitazione, che hanno favorito condizioni di diffusa siccità. Gli esperti, in base ai dati del Copernicus Climate Change Service, affermano che è probabile che il limite di +1,5 °C verrà raggiunto tra il 2030 ed il 2050, a meno che non siano intraprese azioni concertate, soprattutto per ridurre le emissioni di gas serra. L'innalzamento delle temperature influirà negativamente sulla salute delle persone, ma anche sugli ecosistemi, l'agricoltura, la domanda di energia e le attività economiche. Inoltre, i CC potranno determinare un aumento di migrazioni demografiche da aree del Pianeta divenute inospitali per la vita.

Per l'alta concentrazione di persone, infrastrutture, servizi, attività economiche e patrimonio artistico, gli effetti dei CC sono più evidenti nelle città, *hotspot climatici* (aree che risentono maggiormente dei CC). Le città (soprattutto quelle di più grandi dimensioni) sono interessate dal fenomeno dell'Isola di Calore Urbana (*Urban Heat Island*), con un microclima più caldo all'interno dell'area urbana rispetto alle aree periurbane, per la presenza di superfici radiative (cemento, metalli, asfalto) e delle emissioni di gas climalteranti legate alle attività antropiche. Nell'ambito dei *Sustainable Development Goals* (SDGs) dell'Agenda 2030 UN, il *Goal 11 Sustainable cities and communities* assume che non sia possibile raggiungere lo sviluppo sostenibile senza una trasformazione del modo di costruire le città e gestirne lo spazio, mentre il *Goal 13 Climate Action* indica la necessità di misure urgenti per accrescere la resilienza dei territori, in presenza di rischi e disastri naturali legati ai CC. La Commissione Europea, presentato nel 2019 il *Green Deal* (piano per rendere l'Europa climaticamente neutrale entro il 2050), con il pacchetto *Clima ed energia Fit for 55* (2021) ha adottato strategie di policy per fronteggiare i CC e ridurre del 55% le *Greenhouse Gas Emissions* entro il 2030.

In anni recenti, è stato intenso lo sforzo dei principali Organismi internazionali per individuare misure statistiche sul clima a supporto sia del monitoraggio di fenomeni meteoroclimatici sia delle policy. In base a quanto richiesto dagli SDGs, dal *Core set* degli indicatori per i CC e per gli Eventi estremi e disastri (definiti dalla *United Nations Economic Commission for Europe* UNECE), sono stati individuati indicatori statistici tra loro coerenti. A livello nazionale, tali statistiche sono utilizzate nel monitoraggio della Strategia Nazionale di Sviluppo Sostenibile (SNSvS 2017) che declina gli obiettivi dell'Agenda ONU 2030 (2015), del Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC 2019) e Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR 2021).

1. **Misure statistiche a supporto della policy: i principali indicatori meteoroclimatici per le città**

I CC stanno già colpendo le principali città italiane, con conseguenze rilevanti sulla salute delle persone, le attività economiche, l'erogazione di servizi essenziali e l'ambiente urbano. Rendere le città più preparate ad affrontare gli eventi climatici che stiamo vivendo (e che vivremo nei prossimi anni) è un obiettivo prioritario per i policymakers, a fini della sostenibilità dello sviluppo e della resilienza ad eventi naturali ad elevato impatto antropico. Per le loro attività di *governance*, le città hanno un ruolo centrale nella definizione di misure di adattamento e mitigazione, fondate sulle più recenti conoscenze tecniche e scientifiche, nelle finalità della transizione verso la neutralità climatica, vale a dire zero emissioni nette di gas serra di origine antropica, traguardo che l'Unione europea si impegna a conseguire entro il 2050. Per raggiungere tali obiettivi, risulta fondamentale la disponibilità di sistemi informativi, basati su dati di domini diversi, inerenti caratteristiche infra-strutturali delle città, meteoroclima a scala locale, demografia, valutazione degli impatti dei CC e dei rischi a livello territoriale, strumenti di cui le città dispongono per valutare ed affrontare le conseguenze dei CC con interventi specifici. Dati e indicatori meteoroclimatici prodotti a livello di sistema urbano, se disponibili in serie storiche ampie e complete, aiutano ad analizzarne l'evoluzione nel tempo, a valutare come le città ne siano interessate e se la temperatura media stia avvicinando alla soglia critica di +1,5°C. Tali valutazioni supportano la definizione di strategie di adattamento, dimensionate alle città e al loro livello di esposizione e rischio. In questo quadro, l'Istat fornisce un contributo con la produzione annuale di indicatori statistici sul meteoroclima¹ per le città capoluogo di Provincia, secondo metodologie

¹ La rilevazione annuale Istat *Dati meteoroclimatici ed idrologici* (inserita nel Programma Statistico Nazionale cod. IST-02190)

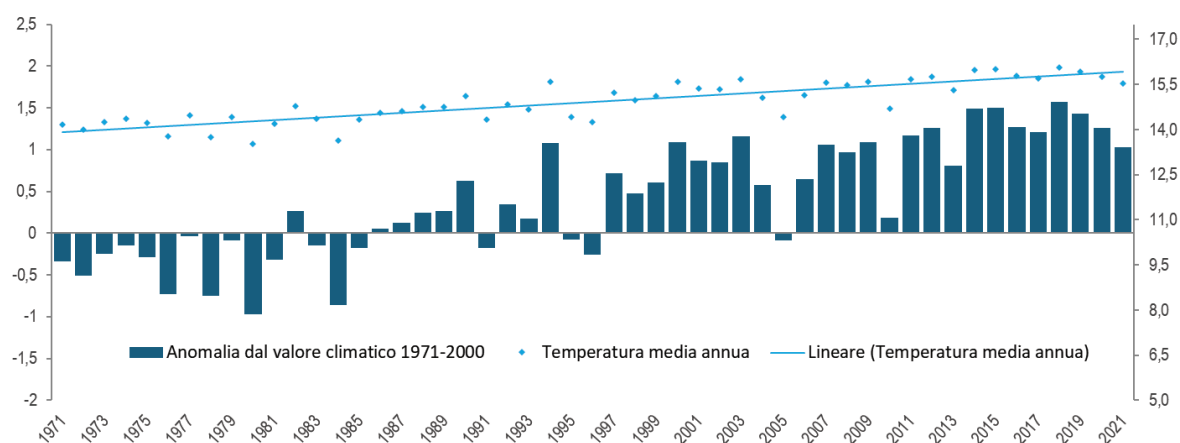
definite dalla World Meteorological Organization (WMO) di Nazioni Unite.

1.1. Anni 1971-2021: temperatura media in crescita per Roma

Attraverso i dati meteoroclimatici dell'insieme dei capoluoghi di Regione Italiani (aree urbane strutturalmente complesse, dove risiedono oltre 9,5 milioni di persone, pari al 16,1% della popolazione nazionale), si osserva che la temperatura media presenta una tendenza alla crescita dal 1971 al 2021², con i valori più alti registrati nell'ultimo decennio rilevato (Fig. 1).

FIGURA 1. ANOMALIE ANNUALI DI TEMPERATURA MEDIA^(a) DAL VALORE CLIMATICO 1971-2000 (asse principale), TEMPERATURA MEDIA ANNUA DEI CAPOLUOGHI DI REGIONE ITALIANI (asse secondario).

Anni 1971-2021, Valori assoluti in gradi Celsius



a) La temperatura media annua dei capoluoghi di Regione viene calcolata come media dei valori rilevati nell'insieme delle stazioni meteorologiche osservate dall'Istat.

Fonte: Istat, Rilevazione Dati meteoroclimatici ed idrologici.

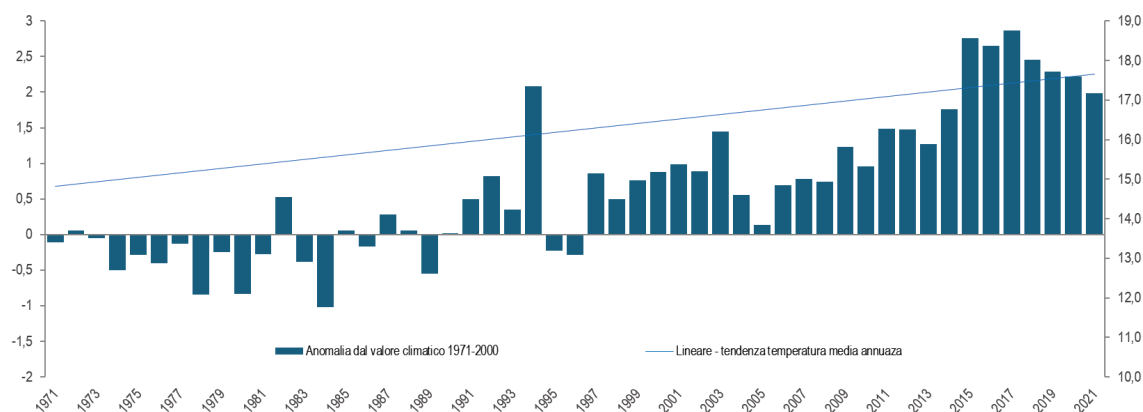
Nel 2014, per la prima volta la temperatura media dei capoluoghi di Regione raggiunge i 16°C, superando così di +1,5°C la Normale Climatologica 1971-2000 (CLINO pari a circa 14,5°C). Le anomalie climatiche annuali rispetto al valore climatico 1971-2000, registrano un *turning point* (punto di cambiamento) a metà degli anni '80 e dal 1997 sono sempre positive (escluso il 2005) e in aumento. Con la presenza di anni molto caldi, la temperatura media del recente periodo 2011-2021 (pari a circa 15,8°C) sfiora l'aumento di +1,3°C rispetto al CLINO 1971-2000.

poiché ritenuta fra le informazioni fondamentali per il Paese) raccoglie misurazioni meteorologiche giornaliere, rilevate da stazioni termo-pluviometriche certificate, ubicate nel territorio comunale dei 109 capoluoghi di Provincia Italiani. I dati sono forniti da oltre 50 Enti Gestori di Reti Nazionali di stazioni. Le analisi sono basate sui dati relativi alle singole stazioni ubicate nei capoluoghi di regione prese in esame e fanno riferimento ai caratteri climatici specifici dell'area monitorata. Per approfondimenti: <https://www.istat.it/it/archivio/202875> <https://www.istat.it/it/archivio/284518>, <https://www.istat.it/it/archivio/284549>.

2 La Banca Dati Meteo dell'Istat è aggiornata per gli anni 1971-2021. Sono in conclusione elaborazioni per i dati dell'anno 2022.

Andando ad esaminare la situazione meteoroclimatica di Roma, sempre riferendoci agli anni 1971-2021, la temperatura media presenta una tendenza alla crescita, che appare più marcata rispetto a quella dell'insieme dei capoluoghi di Regione italiani, soprattutto nell'ultimo periodo rilevato 2011-2021, quando per la Capitale si osservano i valori annuali di temperatura media più alti registrati (Fig. 2).

FIGURA 2. ANOMALIE ANNUALI DI TEMPERATURA MEDIA ANNUA^(a) DAL VALORE CLIMATICO 1971-2000 PER ROMA. Anni 1971-2021, Valori assoluti in gradi Celsius per anomalie (asse principale), per linea tendenza della temperatura media annua (asse secondario).



a) La temperatura media annua viene calcolata come media dei valori rilevati in stazioni termo-pluviometriche osservate dall'Istat nel territorio urbano.

Fonte: Istat, Rilevazione Dati meteoroclimatici ed idrologici.

Calcolate rispetto al CLINO 1971-2000 (pari a circa 15,6 °C), per Roma le anomalie annuali di temperatura media mostrano nel lungo periodo un *turning point* (punto di cambiamento) agli inizi degli anni '90, assumendo valori sempre positivi dal 1991 (tranne il 1995 e 1996) e in aumento, soprattutto dal 2011. Nel 1991, infatti, la temperatura media raggiunge per la prima volta i 16°, valore che sarà superato in quasi tutti gli anni successivi al 1997. Dagli anni 2000, prosegue la tendenza all'aumento della temperatura media annua: nel primo decennio, il 2003 è un anno molto caldo per Roma, quando vengono toccati i 17°C, con un'anomalia intorno a +1,5°C sul CLINO 1971-2000 mentre nel secondo decennio per quattro anni viene superata quota 18°C.

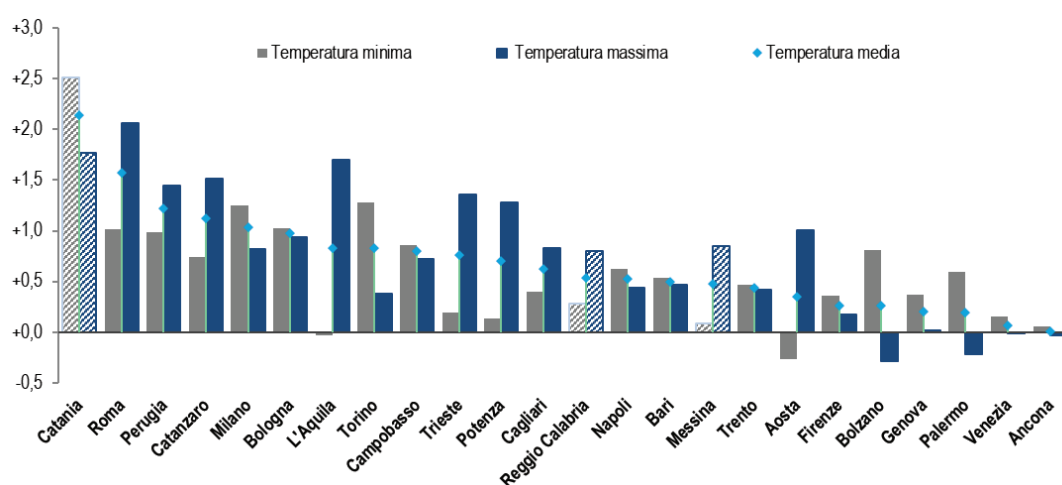
L'analisi del cambiamento climatico si basa su serie storiche ampie e complete di dati. Le medie decennali dei parametri meteorologici aiutano ad evidenziare il trend di crescita della temperatura media annua per Roma dal 1971. Infatti, sebbene alla temperatura media del periodo 1971-1980 (circa 15,3°C) segua per il decennio 1981-1990 un valore in lieve aumento (15,4°C), si osserva come per il 1991-2000 tale valore si collochi su un livello più alto (intorno a 16,2°C). La temperatura media è circa 16,4°C per il decennio 2001-2010, e sale a 17,7°C considerando l'ultimo periodo osservato 2011-2021, sfiorando un'anomalia media di +2°C rispetto al CLINO 1971-2000. Dal 2011, si rilevano gli anni più caldi mai registrati a Roma, quando la temperatura media supera i 18°C nel 2015, 2016, 2017 e 2018.

Venendo al 2021, ultimo anno rilasciato dall'Istat, la temperatura media dell'insieme dei capoluoghi

di Regione risulta pari a circa 15,5°C con un'anomalia positiva rispetto sia al CLINO 1971-2000 (+1°C) sia al CLINO 1981-2010 (+0,6°C)³, confermando il trend di crescita nel lungo periodo.

Per tutte le 24 principali città esaminate, l'aumento della temperatura è determinato da rialzi della temperatura sia minima che massima, con anomalie positive rispetto al CLINO 1981-2010 (Fig. 3). Considerati i soli capoluoghi di Regione, l'anomalia più alta si registra per Roma (+1,6°C) ed è dovuta ad un aumento della temperatura massima e della temperatura minima rispettivamente di +2,1°C e +1°C sul CLINO 1981-2010.

FIGURA 3. ANOMALIE DI TEMPERATURA MINIMA, MASSIMA E MEDIA ANNUE DAL VALORE CLIMATICO 1981-2010, PER CAPOLUOGO DI REGIONE E CITTÀ METROPOLITANA^{(a)(b)}. Anno 2021. Valori assoluti in gradi Celsius



- a) La temperatura minima, massima e media delle città esaminate viene calcolata come media dei valori rilevati nelle stazioni meteorologiche osservate dall'Istat.
b) Per Reggio di Calabria, Catania e Messina non è disponibile il valore climatico 1981-2010. I valori 2021 sono confrontati con quelli medi 2006-2015.

Fonte: Istat, Rilevazione Dati meteoroclimatici ed idrologici

1.2. Riscaldamento e variabilità della precipitazione rispetto ai valori climatici: alcune evidenze

Sovrapposta alla crescita della temperatura, nel periodo 1971-2021, la precipitazione totale annua per l'insieme delle città capoluogo di Regione Italiane mostra una variabilità inter-annuale, confermata dall'andamento delle anomalie rispetto al CLINO 1971-2000 (pari a circa 764 mm⁴). A partire dalla seconda metà degli anni '90, l'ampiezza delle oscillazioni delle anomalie intorno al valore climatico 1971-2000 risulta in aumento e prevalgono quelle negative. Nel periodo 2011-2021, la precipitazione

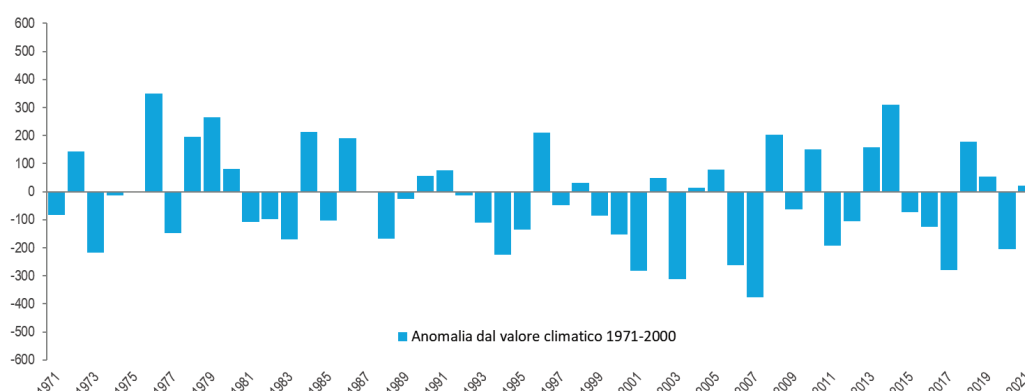
3 Recependo raccomandazioni internazionalmente condivise (World Meteorological Organization delle Nazioni Unite WMO-UN, UNECE, Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC) l'Istat ha realizzato un progetto di ricerca e sviluppo per l'applicazione di metodologie finalizzate al calcolo della Normale Climatologica 1981-2010 per ciascuna città capoluogo di Regione Italiana (in aggiunta alla Normale Climatologica 1971-2000 già calcolata negli anni passati), rendendo disponibile un set di indicatori meteoroclimatici per città riferito anche ad un secondo periodo trentennale.

4 La misura in millimetri corrisponde all'altezza pluviometrica: 1 millimetro di pioggia è pari a 1 litro caduto su una superficie di 1 metro quadrato.

per l'insieme delle città osservate è in media 769 mm (poco più di +4 mm sul CLINO 1971-2000), segnando nell'ultimo anno rilevato un'anomalia negativa di circa -56 mm sul valore climatico. Gli anni 2017 e 2011 sono stati i meno piovosi (rispettivamente con 593 mm e 631 mm) seguiti dal 2020, con una precipitazione annua in media fra le città di 673 mm (-91,6 mm sul CLINO 1971-2020).

Sempre esaminando il periodo 1971-2021, si apprezza anche per Roma una variabilità della precipitazione inter-annuale, accompagnata da cambiamenti nei regimi pluviometrici: infatti, anni piovosi si sono alternati ad anni poco piovosi. Le anomalie rispetto al CLINO 1971-2000 (pari a circa 807 mm) riflettono questa alternanza, prevalendo quelle negative - soprattutto dalla metà degli anni '90 in poi - segnando valori inferiori a quello climatico anche significativi, come per gli anni 2001, 2003, 2007 (Fig. 4).

FIGURA 4. ANOMALIE ANNUALI DI PRECIPITAZIONE TOTALE ANNUA^{a)} DAL VALORE CLIMATICO 1971-2000 PER ROMA.
Anni 1971-2021, Valori assoluti in gradi Celsius



a) La precipitazione totale annua viene calcolata come media dei valori rilevati in stazioni termo-pluviometriche osservate dall'Istat nel territorio urbano.

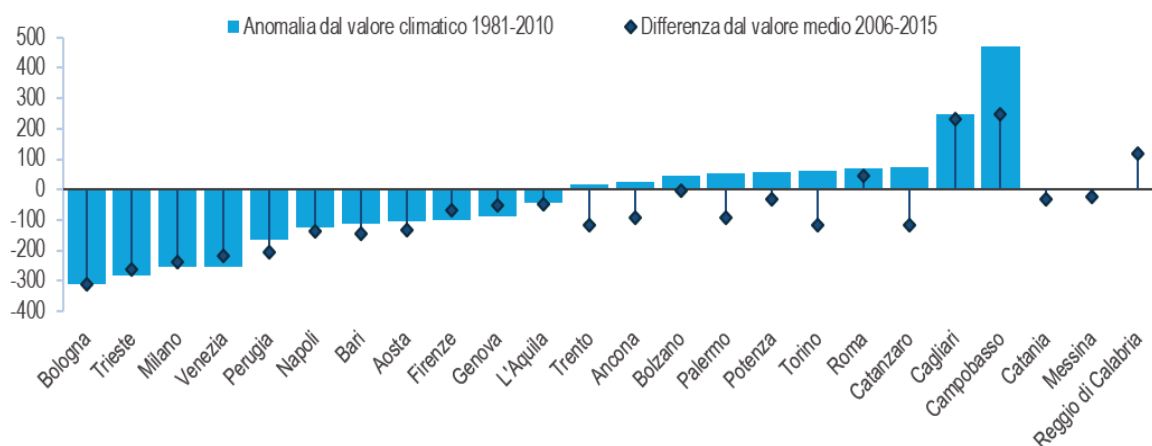
Fonte: Istat, Rilevazione Dati meteorologici ed idrologici.

Per la Capitale, la precipitazione totale annua, che per il trentennio climatologico 1971-2000 è in media circa 807 mm, scende intorno ai 761 mm per il trentennio 1981-2010. Nell'ultimo periodo osservato 2011-2021, essa presenta un valore medio di quasi 783 mm, segnando anomalie negative rispetto al CLINO 1971-2010 per sei degli anni del periodo (2011, 2012, 2015, 2016, 2017 e 2020). In particolare, il 2017 è stato l'anno meno piovoso con circa 527 mm (-280 mm sul CLINO 1981-2000) insieme al 2020 (601 mm, -206 mm sul valore climatico), mentre il 2014 il più piovoso con 1.116 mm (anomalia intorno a +309 mm).

Osservando il 2021, per l'insieme dei capoluoghi di Regione la precipitazione (in media 708,8 mm) presenta un'anomalia sul valore climatico 1981-2010 in media di circa -34,3 mm (-55,8 mm calcolata sul CLINO 1971-2000). Diminuzioni si registrano per 11 capoluoghi di Regione, più consistenti per

Bologna (-311,5 mm sul CLINO 1981-2010), Trieste (-281,9) e Milano (-254,3) (Fig. 5). Fra i capoluoghi di Regione, in controtendenza, la Capitale si colloca al quarto posto per anomalia climatica positiva (intorno ai +67,7 mm sul CLINO 1981-2010) con una precipitazione totale annua di quasi 829 mm.

FIGURA 5. ANOMALIE DI PRECIPITAZIONE TOTALE ANNUA DAL VALORE CLIMATICO 1981-2010 E DIFFERENZA DAL VALORE MEDIO 2006-2015 PER CAPOLUOGO DI REGIONE E CITTÀ METROPOLITANA^{(a)(b)}. Anno 2021. Valori assoluti in millimetri



- a) Per Reggio di Calabria, Catania e Messina non è disponibile il valore climatico 1981-2010, per mancanza di serie di dati complete. I valori 2021 sono confrontati con quelli medi 2006-2015.
- b) La temperatura minima, massima e media delle città esaminate viene calcolata come media dei valori rilevati nelle stazioni meteorologiche osservate dall'Istat.

Fonte: Istat, Rilevazione Dati meteoroclimatici ed idrologici.

Anche nelle città Italiane stiamo assistendo a cambiamenti rilevanti, con passaggi repentini caratterizzati da un clima secco alternato ad eventi di forti piogge. Gli scienziati della fisica del clima asseriscono che questo sia una conseguenza del riscaldamento globale, che incide sui regimi delle precipitazioni: la maggiore variabilità delle piogge comporta un numero più elevato di eventi climatici estremi. Le analisi del clima sono orientate, dunque, non solo sull'entità dei cambiamenti in termini di quantità di pioggia caduta in determinati periodi (in eccesso o difetto rispetto ai valori climatici e alla stagionalità) ma anche su elementi relativi alla variabilità dei regimi di precipitazioni nell'anno.

1.3 Eventi estremi meteoroclimatici: indici statistici sui principali fenomeni in atto per la Capitale

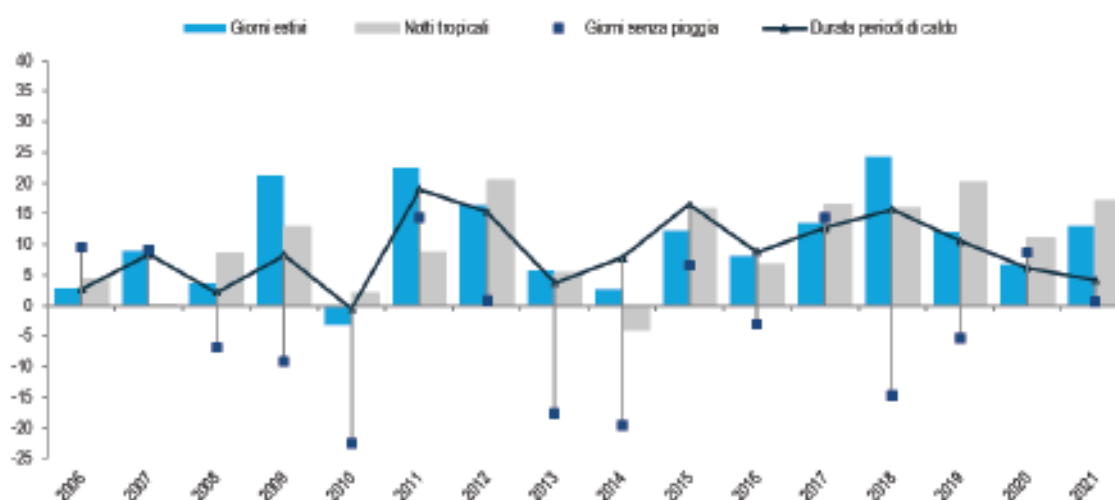
Gli eventi meteoroclimatici classificati come estremi appaiono in aumento nell'ultimo decennio, con impatti rilevanti sulle aree urbane italiane. L'urbanizzazione è causa di pressioni sull'ambiente naturale (consumo di suolo, di risorse naturali, emissioni di gas inquinanti) che possono essere intensificate dagli effetti dei CC, aumentando così il grado di vulnerabilità delle città. Secondo le metodologie condivise a livello internazionale (World Meteorological Organization delle Nazioni Unite WMO-UN, UNECE), l'Istat rende disponibili annualmente alcune misure statistiche sui fenomeni estremi, attraverso un insieme di 21 *Indici di estremi di temperatura e precipitazione* (espressi in numero di giorni nei quali si verifica uno specifico evento o in termini fisici mm e °C), che vengono calcolati su base annua e di periodo.

L'aumento della temperatura nel tempo sta modificando i modelli meteorologici, sconvolgendo equilibri della Natura, portando conseguenze negative rilevanti sui sistemi urbani.

Nel nostro Paese, l'occorrenza di fenomeni meteoclimatici estremi sta interessando le città in modo diverso in base a posizione geografica, orografia dei territori, dimensione dell'area urbana, caratteristiche strutturali, nonché secondo tipologia e intensità di tali fenomeni, che impattano sulla fragilità dei sistemi urbani.

Considerando l'insieme dei capoluoghi di Regione, nel periodo 2006-2021 si osserva come gli Indici di estremi relativi alla temperatura abbiano registrato aumenti (Fig. 6).

FIGURA 6. ANOMALIE MEDIE ANNUALI DEGLI INDICI GIORNI ESTIVI, NOTTI TROPICALI, DURATA DEI PERIODI DI CALDO E GIORNI SENZA PIOGGIA DEI CAPOLUOGHI DI REGIONE^(a) SUL VALORE CLIMATICO 1981-2010. Anni 2006-2021. Valori in numero di giorni



a) Le anomalie medie annuali degli indici delle città capoluogo di Regione vengono calcolate come media dei valori rilevati per l'insieme delle stazioni meteorologiche osservate dall'Istat in tali capoluoghi.

Fonte: Istat, Rilevazione Dati meteoclimatici ed idrologici

In particolare, *giorni estivi* (temperatura massima maggiore di 25°C) e *notti tropicali* (temperatura che non scende sotto i 20°C) presentano anomalie positive per tutti gli anni del periodo esaminato (tranne nel 2010 per il primo indice e 2014 per il secondo indice). Nel periodo 2006-2011, fra i capoluoghi di Regione in media sono 112 i giorni estivi e 46 le notti tropicali, vale a dire +11 giorni e +10 notti rispetto ai valori climatici del trentennio 1981-2010, con scostamenti che tendono ad essere più significativi negli ultimi anni. In crescita anche il valore dell'indice *durata dei periodi di caldo*⁵ (ondate di calore) con un'anomalia media del periodo 2006-2021 di +9 giorni sul CLINO 1981-2010, determinata da anomalie annuali che sono positive per tutti gli anni (tranne il 2010).

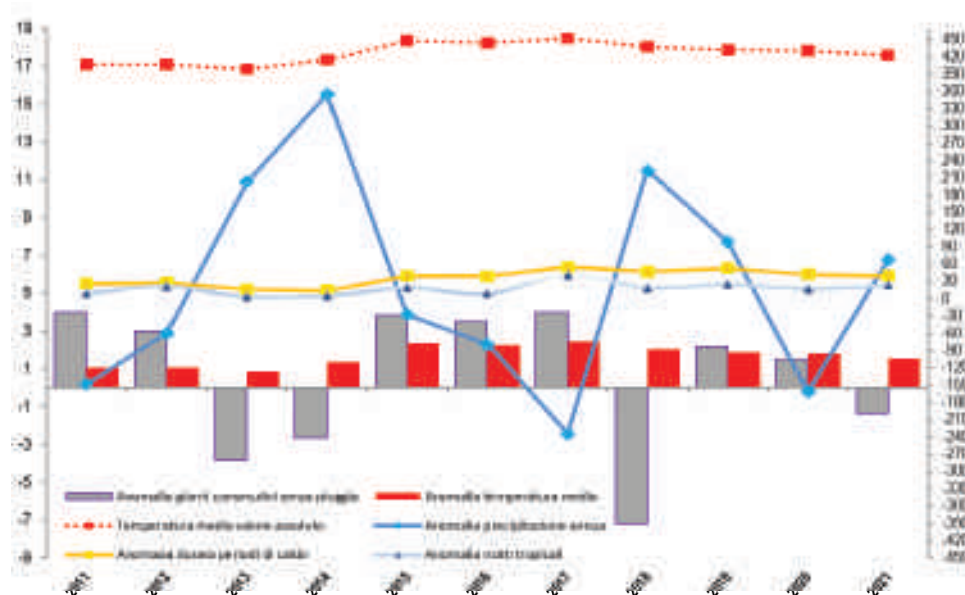
⁵ L'indicatore conta in un anno il numero dei giorni consecutivi caratterizzati da un'ondata di calore (caldo molto intenso e perdurante). Un'ondata di calore è classificata come un evento della durata di almeno 6 giorni consecutivi, nei quali la temperatura massima registrata è superiore al 90° percentile della distribuzione delle temperature massime giornaliere, nello stesso periodo dell'anno osservato, sul trentennio climatologico di riferimento (CLINO 1981-2010). La serie storica del numero di onde di calore (come differenza rispetto ad una base climatologica) fornisce una stima della frequenza del fenomeno, valutandone le tendenze.

I cambiamenti della temperatura provocano variazioni anche nell'andamento della precipitazione annuale. Quale conseguenza, si è assistito alla crescita anche in Italia di fenomeni piovosi molto intensi, in grado di causare inondazioni di vaste aree, frane, distruzioni di case, comunità, sistemi produttivi e infrastrutture, con costi altissimi in termini di vite umane e perdite economiche.

Nel periodo osservato, per gli estremi di precipitazione, l'indice *giorni senza pioggia* segna anomalie in prevalenza negative sul CLINO 1981-2010, con oscillazioni annuali (espressione della variabilità) che vanno da un minimo di -23 giorni nel 2010 ad un massimo di +14 nel 2011 e 2017.

Gli indicatori calcolati a scala locale mettono in luce profili meteoclimatici diversi fra le città italiane, considerata la localizzazione geografica e le caratteristiche strutturali. Esaminando il periodo 2011-2021, un'analisi integrata degli indicatori calcolati per Roma, mostra un quadro caratterizzato allo stesso tempo da una temperatura media con i valori annuali più alti registrati (media di periodo 17,7°C con anomalie sul CLINO 1981-2010 positive per tutti gli anni e in media pari a +1,7°C) e da una precipitazione (in media di 783 mm) che marca una variabilità inter-annuale confermata dall'andamento delle anomalie, con eventi estremi in aumento (Fig. 7).

FIGURA 7. ANOMALIE MEDIE ANNUALI DEGLI INDICI DURATA DEI PERIODI DI CALDO, NOTTI TROPICALI, GIORNI CONSECUTIVI SENZA PIOGGIA RISPETTO AL VALORE CLIMATICO 1981-2010 E TEMPERATURA MEDIA ANNUA PER ROMA^{a)}. Anni 2011-2021. Valori in gradi Celsius e numero di giorni (asse principale), in millimetri (asse secondario)



a) Le anomalie medie annuali degli indici vengono calcolate come media dei valori rilevati nelle stazioni termopluviometriche osservate dall'Istat nel territorio urbano

Fonte: Istat, Rilevazione Dati meteoclimatici ed idrologici

Nel suddetto periodo 2011-2021, in particolare, sale il numero di *giorni estivi* (+27 rispetto al valore climatico 1981-2010) che sono in media 152 l'anno e delle notti tropicali (+18) pari a circa 53 l'anno. E' il 2018 a segnare il maggior numero di giorni estivi (170 giorni, +45 sul CLINO 1981-2010), seguito dal 2017, anno nel quale si

registra anche un numero record di notti tropicali (77 notti, circa +42 sul CLINO 1981-2010).

Aumentano anche le ondate di calore (in media +36 giorni rispetto al CLINO 1981-2010), con i valori più alti registrati per gli anni 2017 e 2019 (anomalie climatiche rispettivamente di +55 e +53 giorni). Mentre i giorni

senza pioggia del periodo 2011-2021 (in media circa 288) appaiono in linea con il CLINO 1981-2010, i giorni consecutivi senza pioggia per 7 degli anni segnano anomalie positive sul suddetto CLINO (27 giorni l'anno).

Analizzando il 2021, i dati confermano per molti fenomeni le dinamiche di lungo periodo ed in particolare il riscaldamento in atto nei sistemi urbani. Per i capoluoghi di Regione sia i giorni estivi sia le notti tropicali sono in aumento, superando il valore climatico 1981-2010 rispettivamente di +13 giorni e +17 notti: le anomalie positive interessano tutte le città osservate (tranne Palermo e Aosta). Per Roma, entrambi gli indici presentano valori superiori a quelli medi dell'insieme dei capoluoghi di Regione, registrando un'anomalia climatica positiva sia per i giorni estivi (+20 giorni sul CLINO 1981-2010) sia per le notti tropicali (+24 notti) che raggiungono quota 59 (Tavola 1, Tavola 2). Fra i capoluoghi esaminati, nel 2021 la Capitale si colloca in testa per la più alta anomalia dell'indice di *durata dei periodi di caldo* (+40 giorni di onde di calore sul CLINO 1981-2010). Rispetto al valore climatico considerato, i *giorni piovosi* (precipitazione giornaliera >1mm) sono in lieve flessione (-2 giorni) mentre i *giorni molto piovosi* (precipitazione giornaliera >20mm) aumentano di 4 giorni, collocando Roma al terzo posto nella classifica elaborata per l'insieme dei capoluoghi di Regione. L'indice *precipitazione nei giorni molto piovosi* (che fornisce una misura della concentrazione del fenomeno), calcolato in media per l'insieme dei capoluoghi di Regione, mostra che nel 2021 il 25% della precipitazione totale annua si è concentrata nei giorni molto piovosi. Interessante osservare come l'indice calcolato per città segni anomalie positive sul CLINO 1981-2010 per 11 capoluoghi di Regione, tra i quali Roma (circa +47 mm sul CLINO). Per la sua metodologia di calcolo, il valore assoluto dell'indice *precipitazione nei giorni molto piovosi* rilevato nel 2021 per Roma restituisce un'informazione implicita (essendo tale valore intorno a 220 mm), vale a dire che il 27% della pioggia dell'ultimo anno osservato si è concentrata nei giorni molto piovosi.

TAVOLA 1. ANOMALIE ANNUALI RISPETTO AL CLINO 1981-2010 DI INDICI DI ESTREMI DI TEMPERATURA PER LE CITTÀ CAPOLUOGO DI REGIONE. Anno 2021 e CLINO 1981-2010. Valori in numero di giorni.

Giorni estivi (SU25) <i>anomalia 2021 e CLINO 1981-2010</i>			Notti tropicali (TR20) <i>anomalia 2021 e CLINO 1981-2010</i>			Durata periodi di caldo (WSDI) <i>anomalia 2021 e CLINO 1981-2010</i>			Giorni con gelo (FD0) <i>anomalia 2021 e CLINO 1981-2010</i>		
L'Aquila	+29	101	Napoli	+37	33	Roma	+40	8	L'Aquila	+14	68
Perugia	+27	92	Milano	+34	44	Catanzaro	+17	3	Aosta	+5	93
Potenza	+26	85	Roma	+24	35	Bari	+13	1	Napoli	+3	6
Trieste	+23	84	Cagliari	+24	60	L'Aquila	+12	5	Palermo	-0	0
Catanzaro	+22	95	Genova	+23	63	Palermo	+9	2	Bari	-0	0
Aosta	+22	80	Catanzaro	+22	58	Perugia	+7	7	Cagliari	-0	0
Roma	+20	125	Bari	+22	78	Trieste	+6	6	Catanzaro	-1	2
Campobasso	+17	67	Bologna	+22	48	Napoli	+4	3	Genova	-1	2
Cagliari	+13	132	Perugia	+22	18	Firenze	+4	4	Ancona	-4	4
Bari	+11	97	Campobasso	+20	18	Cagliari	+3	3	Trieste	-5	9
Torino	+11	101	Torino	+20	27	Potenza	+2	4	Campobasso	-6	30
Milano	+10	102	Trieste	+17	51	Trento	+1	5	Venezia	-6	17
Napoli	+10	119	Ancona	+15	56	Aosta	+0	7	Firenze	-7	16
Trento	+10	91	Firenze	+14	30	Genova	-3	3	Perugia	-8	21
Bologna	+8	118	Palermo	+14	91	Campobasso	-3	3	Roma	-9	20
Venezia	+7	78	Venezia	+12	51	Bolzano	-4	4	Milano	-10	20
Ancona	+6	114	Potenza	+8	7	Venezia	-4	4	Potenza	-11	32
Genova	+4	77	Bolzano	+6	4	Ancona	-4	4	Trento	-14	66
Bolzano	+2	109	Trento	+5	7	Torino	-5	5	Bologna	-17	25
Firenze	+0	125	L'Aquila	-0	1	Bologna	-5	5	Torino	-21	39
Palermo	-6	136	Aosta	-1	1	Milano	-6	6	Bolzano	-24	91

Fonte: Istat, Rilevazione Dati meteorologici ed idrologici

TAVOLA 2. ANOMALIE ANNUALI RISPETTO AL CLINO 1981-2010 DI INDICI DI ESTREMI DI PRECIPITAZIONE PER LE CITTÀ CAPOLUOGO DI REGIONE. Anno 2021 e CLINO 1981-2010. Valori in numero di giorni e millimetri.

Giorni con precipitazione >1mm (R1) <i>anomalia 2021 e CLINO 1981-2010</i>		Giorni con precipitazione >20mm (R20) <i>anomalia 2021 e CLINO 1981-2010</i>		Giorni consecutivi senza pioggia (CDD) <i>anomalia 2021 e CLINO 1981-2010</i>		Precipitazione nei giorni molto piovosi (R95p) mm <i>anomalia 2021 e CLINO 1981-2010</i>					
Trento	-38	111	Campobasso	+7	5	Torino	+4	27	Campobasso	+272	117
Bologna	-19	77	Trento	+4	10	Campobasso	+3	24	Trento	+229	198
L'Aquila	-11	86	Roma	+4	10	Palermo	+1	30	Bolzano	+167	143
Trieste	-11	87	Palermo	+3	5	Cagliari	+1	30	Torino	+156	181
Bolzano	-10	75	Potenza	+3	6	Venezia	-0	25	Cagliari	+120	93
Bari	-9	67	Cagliari	+3	3	Genova	-0	25	Ancona	+89	147
Venezia	-9	73	Bolzano	+2	9	Potenza	-1	25	Roma	+47	173
Milano	-5	76	Ancona	+2	7	Bologna	-1	24	Palermo	+36	124
Genova	-5	72	Catanzaro	+0	13	Milano	-1	26	Potenza	+20	139
Firenze	-4	82	Milano	-1	15	Napoli	-1	26	Catanzaro	+17	220
Ancona	-3	78	Bari	-1	6	Roma	-1	27	L'Aquila	+5	130
Perugia	-2	84	Genova	-1	18	Perugia	-1	23	Genova	-5	343
Roma	-2	76	Torino	-2	13	Firenze	-2	25	Bari	-36	134
Torino	+1	68	L'Aquila	-2	6	Trieste	-2	24	Perugia	-101	174
Aosta	+2	69	Napoli	-3	15	Bari	-2	27	Firenze	-108	191
Potenza	+3	89	Firenze	-3	10	Catanzaro	-2	27	Aosta	-112	137
Palermo	+6	68	Aosta	-3	5	Bolzano	-2	27	Bologna	-113	175
Campobasso	+13	80	Perugia	-4	10	Ancona	-3	24	Napoli	-115	213
Catanzaro	+16	86	Venezia	-4	10	Trento	-3	26	Trieste	-142	220
Napoli	+16	78	Trieste	-5	13	L'Aquila	-4	23	Milano	-146	191
Cagliari	+21	55	Bologna	-9	10	Aosta	-7	25	Venezia	-147	186

Fonte: Istat, Rilevazione Dati meteorologici ed idrologici

1.2 VALUTAZIONE DEGLI SCENARI FUTURI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO

Giuliana Barbato, Paola Mercogliano, Alessandro Pugliese, Giuseppe Giugliano, Alfredo Reder, Marta Ellena (Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici Divisione REMHI)



Introduzione

Questo paragrafo descrive le proiezioni sul clima atteso nella città di Roma tenendo in conto del cambiamento climatico dovuto all'attività umana, sulla base degli scenari sviluppati dal Panel Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici (IPCC, <https://www.ipcc.ch/>). Le analisi climatiche qui riportate utilizzano dati climatici ad alta risoluzione ampiamente utilizzati in Europa per studi simili. Esse forniscono informazioni sulle proiezioni per le variazioni delle diverse caratteristiche climatiche di interesse per supportare strategie di adattamento la città nel periodo compreso tra il 2036 e il 2065 (in media rappresentativo del 2050), confrontando tali proiezioni con il periodo di riferimento 1981-2010. Vengono considerati tre scenari specifici dell'IPCC: **RCP8.5 "ad elevate emissioni", RCP4.5 "Forte mitigazione", e RCP2.6 "Mitigazione aggressiva"**⁶.

Le variazioni climatiche attese per il periodo futuro identificato rispetto al clima del periodo di riferimento sono analizzate attraverso indicatori climatici opportunamente selezionati sulla base del contesto locale. Questi indicatori permettono di determinare e investigare l'evoluzione di specifiche caratteristiche del clima (ondate di calore, tempeste di vento, piogge intense, siccità meteorologica) in termini di variazione di frequenza, magnitudo ed intensità. Tutti elementi utili a dare indicazioni preliminari inerenti all'evoluzione degli impatti del cambiamento climatico sul territorio e su diversi settori di interesse e, quindi, a sviluppare politiche efficaci di adattamento. A tale scopo, questo approccio è stato recentemente utilizzato a livello nazionale sia dal Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibile (MIMS) (Carraro et al., 2021) sia dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) all'interno del Piano Nazionale di Adattamento al Cambiamento Climatico, attualmente in fase di valutazione⁷.

1. Nota metodologica

Lo studio della variazione attesa degli indicatori climatici rappresenta un punto di partenza per caratterizzare la variazione dei principali **pericoli climatici** per una corretta e adeguata definizione

⁶ Le sigle associate ai singoli scenari, come RCP8.5 "ad alte emissioni", RCP4.5 "Forte mitigazione" e RCP2.6 "Mitigazione aggressiva" sono semplificazioni comunemente utilizzate dalle diverse documentazioni disponibili (e.g. Climate-A-DAPT) per descrivere le diverse proiezioni di emissioni di gas serra nel contesto del cambiamento climatico. **È importante sottolineare che queste sigle sono semplificazioni utilizzate per facilitare la comprensione dei diversi scenari di emissioni e non rappresentano necessariamente esatte descrizioni di ciò che accadrà nel futuro.**

⁷ <https://www.mase.gov.it/pagina/piano-nazionale-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici>.

delle strategie di adattamento⁸ da implementare nel contesto della città di Roma. La risoluzione dei modelli utilizzati permette, infatti, di utilizzarli per studiare contesti locali, tenendo conto della diversificazione spaziale all'interno della città stessa (Spano et al., 2021). Di seguito sono descritti gli indicatori climatici selezionati, le simulazioni climatiche utilizzate e il tipo di analisi condotta.

1.1 Scenari emissivi dell'IPCC

Gli scenari IPCC utilizzati nella presente analisi sono RCP8.5 "Ad elevate emissioni", RCP4.5 "Forte mitigazione" e RCP2.6 "Mitigazione aggressiva".

Per quanto attiene l'utilizzo dello scenario RCP8.5, è importante sottolineare che esso è oggetto di critica in quanto ritenuto troppo pessimistico e poco realistico nei suoi presupposti tecnologici ed economici (Hausfather & Peters, 2020). L'utilizzo di questo scenario è però utile se vogliono fornire informazioni sui potenziali scenari peggiori che potrebbero realizzarsi senza adottare significative misure di adattamento. Esso può servire come punto di riferimento per valutare l'efficacia di diverse politiche e strategie nel ridurre le emissioni ed evitare gli impatti peggiori del cambiamento climatico. Esso è inoltre particolarmente utile alla ricerca scientifica per studiare la risposta del sistema climatico a valori elevati di emissioni.

È utile segnalare che il sesto rapporto dell'IPCC (AR6) (IPCC, 2021) ha introdotto nuovi scenari, che integrano le traiettorie di concentrazione già definite (Representative Concentration Pathways, RCPs) con una selezione di possibili "Percorsi socio-economici condivisi" (*Shared Socioeconomic Pathways, SSPs*), ovvero cinque diverse "narrazioni" che corrispondono ad altrettanti possibili percorsi socio-economici futuri. Tali scenari non sono stati utilizzati nel presente documento in quanto non sono ancora disponibili simulazioni climatiche ad alta risoluzione che ne facciano utilizzo; di conseguenza, per analisi di impatto locale, attualmente la comunità scientifica continua a riferirsi agli scenari RCP che fanno parte del "Coupled Model Intercomparison Project 5" (CMIP5), presentati all'interno del quinto rapporto IPCC (AR5)⁹

1.2 Modelli climatici regionali (disponibili nell'ambito del programma EURO-CORDEX)

Le variazioni climatiche attese sono state elaborate nell'area di interesse utilizzando i Modelli Climatici Regionali prodotti dalla comunità scientifica internazionale nell'ambito del programma EURO-CORDEX¹⁰, con una risoluzione di circa 12 km sull'Europa (Hennemuth et al., 2017; Jacob et al., 2020). Tra i diversi modelli disponibili nel programma EURO-CORDEX sono stati selezionati quelli attualmente disponibili per la consultazione sulla piattaforma *Climate Change Service (C3S)* di Copernicus¹¹. L'elenco delle simulazioni climatiche adottate è riportato in *Tabella A1* (vedi Allegato 1).

È importante sottolineare che le analisi prodotte dai modelli climatici sono caratterizzate, per diversi motivi, da incertezze, quali ad esempio gli stessi scenari di concentrazione ipotizzati,

8 <https://www.ipcc.ch/report/managing-the-risks-of-extreme-events-and-disasters-to-advance-climate-change-adaptation/>.

9 <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/>

10 <https://www.euro-cordex.net/>.

11 <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/projections-cordex-domains-single-levels?tab=overview>.

l'imperfetta simulazione, l'incertezza attesa da parte dei modelli, del sistema climatico, e la sua elevata complessità e non-linearità (Collins, 2007). Sebbene ciò comporti una maggiore onerosità computazionale e metodologica, la scelta di utilizzare più scenari RCP e un *ensemble* (= insieme) di catene modellistiche diverse permette di quantificare queste due fonti di incertezza (cioè rispetto ai modelli e allo scenario), attraverso l'utilizzo dell'*ensemble mean* (valore medio fornito dall'insieme dei singoli modelli che formano l'*ensemble*) e della dispersione dei singoli modelli intorno a questo valore medio. In particolare, seguendo la letteratura vigente, la stima dell'incertezza tra modelli è stata ottenuta utilizzando come valore di sintesi la deviazione standard inter-modello: quanto più è basso il valore di deviazione standard tanto più sarà elevato il grado di accordo tra i modelli climatici dell'ensemble EURO-CORDEX, e viceversa (Jacob et al., 2014; Kotlarski et al., 2014; Von Trentini et al., 2019; Jacob et al., 2020). Infine, è importante sottolineare come il continuo avanzamento della ricerca in questo settore sia atteso per il futuro e possa portare ad un'ulteriore diminuzione dell'incertezza associata rispetto ai valori attuali.

1.3 Indicatori climatici

Gli indicatori climatici sono comunemente utilizzati nella letteratura di settore per caratterizzare il clima sia osservato che atteso e sia in termini di clima medio sia per l'analisi degli eventi estremi. La maggior parte degli indicatori utilizzati, come quelli definiti dall'*Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI)*¹² (Karl et al., 1999; Peterson et al., 2001) sono ricavati a partire dalle variabili di precipitazione e di temperatura, e risultano utili per studi di settore volti a valutare i principali impatti locali del cambiamento climatico. È importante rilevare che l'analisi degli indicatori climatici non può essere ritenuta esaustiva; tuttavia, essi restano un metodo speditivo che può essere impiegato in via preliminare rispetto all'applicazione di modelli di impatto fisicamente basati più complessi (EEA, 2009; 2018; 2019).

In **Tabella A3** è riportata la lista degli indicatori analizzati, ritenuti rappresentativi di alcuni dei pericoli climatici maggiormente di interesse per la città di Roma. In aggiunta agli indicatori presi in esame nella versione preliminare del documento PNACC (versione 2022, attualmente in bozza), sono stati valutati ulteriori indicatori, in particolare per il focus Alluvioni e Ondate di calore. In Tabella 2, per ciascun indicatore sono fornite le seguenti informazioni: il nome/acronimo; l'unità di misura, in italiano e in inglese; la descrizione; il principale pericolo rappresentato; e il settore principalmente impattato. Ad esempio, è possibile che alcuni indicatori possano essere stati considerati rappresentativi di più pericoli, o che un singolo pericolo climatico possa impattare su più settori. Ad esempio, il pericolo incendi potrebbe avere degli impatti a cascata anche sul settore "Salute"; l'indicatore notti tropicali (TR), che analizza i giorni con temperatura minima giornaliera superiore a 20°C, potrebbe risultare di interesse anche per comprendere la variazione dei consumi di energia elettrica a causa della maggior richiesta di raffrescamento. Simili ragionamenti possono essere estesi a una molteplicità di indicatori e pericoli climatici.

12 http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml.

3. Risultati

Tale sezione contiene una sintesi dei principali risultati ottenuti in termini di variazione climatica e di incertezza associata agli indicatori descritti in **Tabella A2**. Tutte le mappe sono consultabili, con maggiore risoluzione grafica, all'interno della piattaforma *DataClime* (www.dataclime.com), attraverso un'utenza dedicata attribuita dall'ufficio clima della città di Roma Capitale.

Nel seguito si farà riferimento, per brevità, all'espressione "variazione annua/stagionale" per indicare il valore medio individuato dall'insieme dei modelli climatici utilizzati, e dalla variazione climatica attesa per un indicatore calcolato su base annua o stagionale. L'incertezza - presentata in questo documento - intesa come deviazione standard inter-modello della variazione ha le stesse unità di misura della variazione: se la variazione è espressa in giorni, sia l'*ensemble mean* sia l'incertezza saranno espresse in giorni; se la variazione è espressa in termini percentuali, sia l'*ensemble mean* sia l'incertezza saranno espresse in termini percentuali.

Le stagioni sono indicate con la seguente nomenclatura: DJF (sigla che in inglese indica i mesi di dicembre-gennaio-febbraio) per indicare l'inverno, MAM (sigla che in inglese indica i mesi marzo-aprile-maggio) per indicare la primavera, JJA (sigla che in inglese indica i mesi giugno-luglio-agosto) per indicare l'estate e SON (sigla che in inglese indica i mesi settembre-ottobre-novembre) per indicare l'autunno.

In Figura 1 vengono riportati alcune variazioni climatiche annuali su scala comunale, per il periodo 2036-2065, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010. È importante notare, che il range di variazione riportato in Figura 1, è da intendere come una misura dell'incertezza dei singoli modelli rispetto al valore della media di ensemble (l'incertezza viene espressa in termini di deviazione standard). La scelta del periodo di riferimento è dettata dalle caratteristiche degli scenari climatici utilizzati che impediscono di utilizzare periodi più recenti. Invece, il periodo di riferimento è strettamente richiesto in un'analisi climatica in quanto il modo più corretto di analizzare "il clima che cambia" è proprio attraverso l'analisi delle variazioni tra periodi diversi, che deve essere almeno pari ad una lunghezza di 30 anni (questa lunghezza è ritenuta necessaria per poter proprio caratterizzare il clima dell'area). In questo modo, le differenze tra i due periodi rappresentano statisticamente una variazione del clima. Tuttavia, è possibile comunque visualizzare il clima che cambia anche attraverso l'evoluzione del trend di un determinato indicatore (vedi Figura 2). Sebbene questa rappresentazione non permetta di cogliere il dettaglio spaziale e/o la quantificazione della variazione, permette di notare l'evoluzione di una certa variabile attesa per effetto di diversi scenari e su un periodo temporale più lungo rispetto alle mappe di variazione. Di seguito sono utilizzate entrambe le rappresentazioni, per facilitare la comprensione dei risultati.



Figura 1: Variazioni climatiche annuali (ensemble mean e deviazione standard riportata tra parentesi) attese su alcuni indicatori considerati per il periodo 2036-2065, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, per gli scenari RCP2.6, RCP4.5 e RCP8.5. I valori sono mediati su scala comunale.

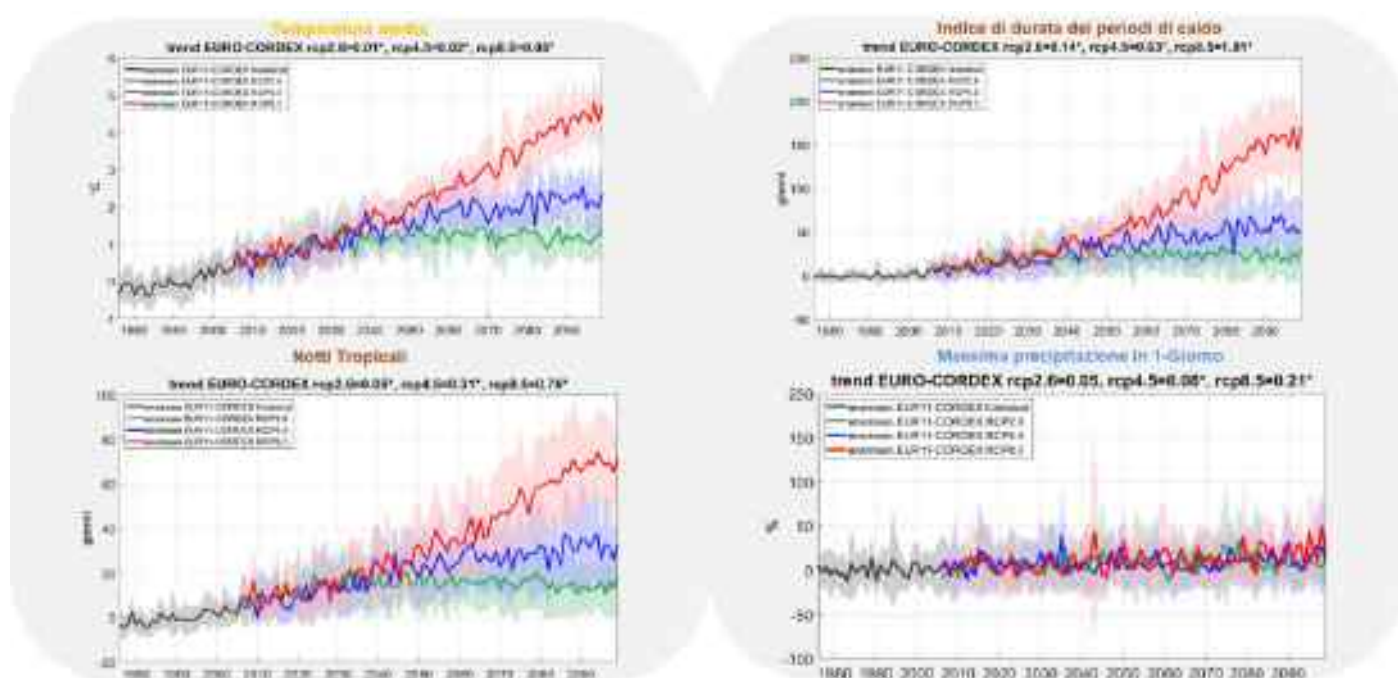


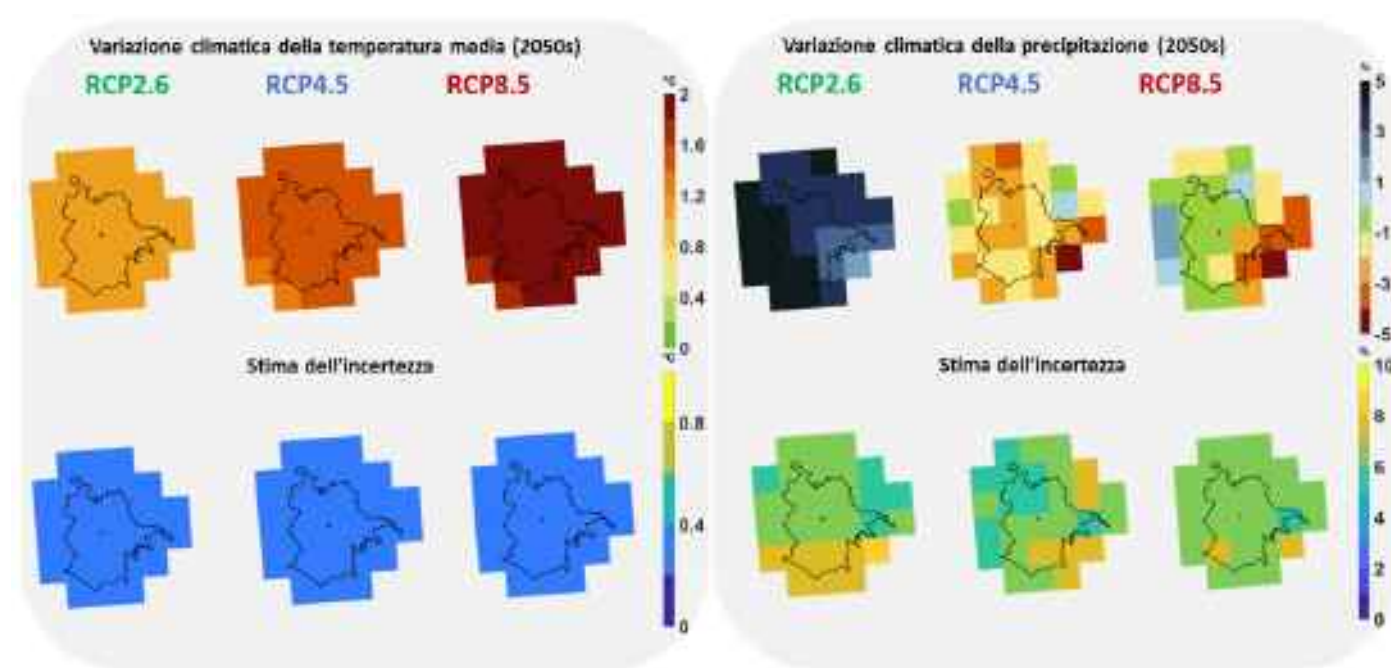
Figura 2: Anomalie annuali di Temperatura media, Notti Tropicali, Indice di durata dei periodi di caldo e Massima precipitazione giornaliera su scala comunale ottenute a partire dai modelli EURO-CORDEX, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP8.5 (in rosso), RCP4.5 (in blu) e RCP2.6 (in verde). Le anomalie annuali sono calcolate rispetto al valore del periodo di riferimento 1976-2005. La linea spessa indica la proiezione climatica media (ensemble mean), calcolata mediando i valori annuali di tutte le simulazioni considerate per ogni scenario di concentrazione; le aree ombreggiate rappresentano invece il range ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard dei valori simulati dai modelli e forniscono una misurazione dell'incertezza delle proiezioni.

Nella Figura 2, è stato utilizzato il test di Mann-Kendall (Kendall, 1975), con un livello di confidenza del 95% per valutare la significatività statistica del trend di crescita di alcuni degli indicatori selezionati, calcolata a partire dai modelli climatici utilizzati. Dall'analisi dei grafici, per la temperatura media, entro il 2100, è attesa una crescita con valori compresi tra 1 °C, in condizioni di *mitigazione aggressiva*, e di 5°C in condizioni di *assenza di mitigazione*. I trend di crescita che caratterizzano i tre

indicatori di temperatura considerati (temperatura media, indice di durata del periodo di calcolo e notti tropicali) sono tutti di crescita e risultano statisticamente significativi per tutti e tre gli scenari IPCC considerati, sebbene è anche importante rilevare che la crescita dipende in maniera importante dallo scenario che si considera.

Per quanto concerne invece l'indicatore legato alla precipitazione (massima precipitazione in 1-giorno), il trend risulta statisticamente significativo in condizioni di *forte mitigazione* o in condizioni di *assenza di mitigazione*. In entrambi i casi si tratta di un trend di crescita delle precipitazioni massime, anche in questo caso l'intensità di crescita è maggiore per lo scenario che considera emissioni elevate.

In Figura 3, così come nelle figure a seguire, sono mostrate rispettivamente le variazioni attese¹³ a scala annua ottenute a partire dal valore della media dei modelli che costituiscono l'ensemble EURO-CORDEX di **Temperatura media giornaliera** e **Precipitazione cumulata nei giorni piovosi**. La figura 3 mostra come il valore medio dell'ensemble per la temperatura media giornaliera varia nei diversi punti della città di Roma tra 0.8°C a circa 2°C passando da condizioni di *mitigazione aggressiva* a condizioni di *nessuna mitigazione*; informazione associata ad una incertezza caratterizzata da una forte omogeneità spaziale. Per quanto riguarda invece la precipitazione cumulata, è attesa una diminuzione (fino ad un -5% su alcune aree, in condizioni di *elevate emissioni*); tale informazione, è però associata ad un'incertezza elevata (tra il 5% e il 7%). **In termini stagionali**, per la **temperatura media giornaliera**, incrementi maggiori sono attesi in estate e in autunno per tutti gli scenari analizzati; in condizioni di *nessuna mitigazione*, incrementi rilevanti sono attesi anche in inverno. Per quanto attiene la **precipitazione stagionale**, per tutti gli scenari, il segnale associato alla variazione risulta minore dell'incertezza associata. La stima delle variazioni di precipitazione, sia in senso spaziale che temporale, è più incerta di quella delle variazioni della temperatura essendo le precipitazioni già soggette a forti variazioni naturali (MATTM, SNACC, Rapporto sullo stato delle conoscenze, 2014).



13 in termini di valore medio dei modelli scelti e incertezza associata.

Figura 3: Variazione (ensemble mean nel pannello superiore, deviazione standard nel pannello inferiore) della temperatura media giornaliera (a sinistra) e della precipitazione cumulata (a destra) su base annuale per il periodo 2036-2065, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, per gli scenari RCP2.6, RCP4.5 e RCP8.5.

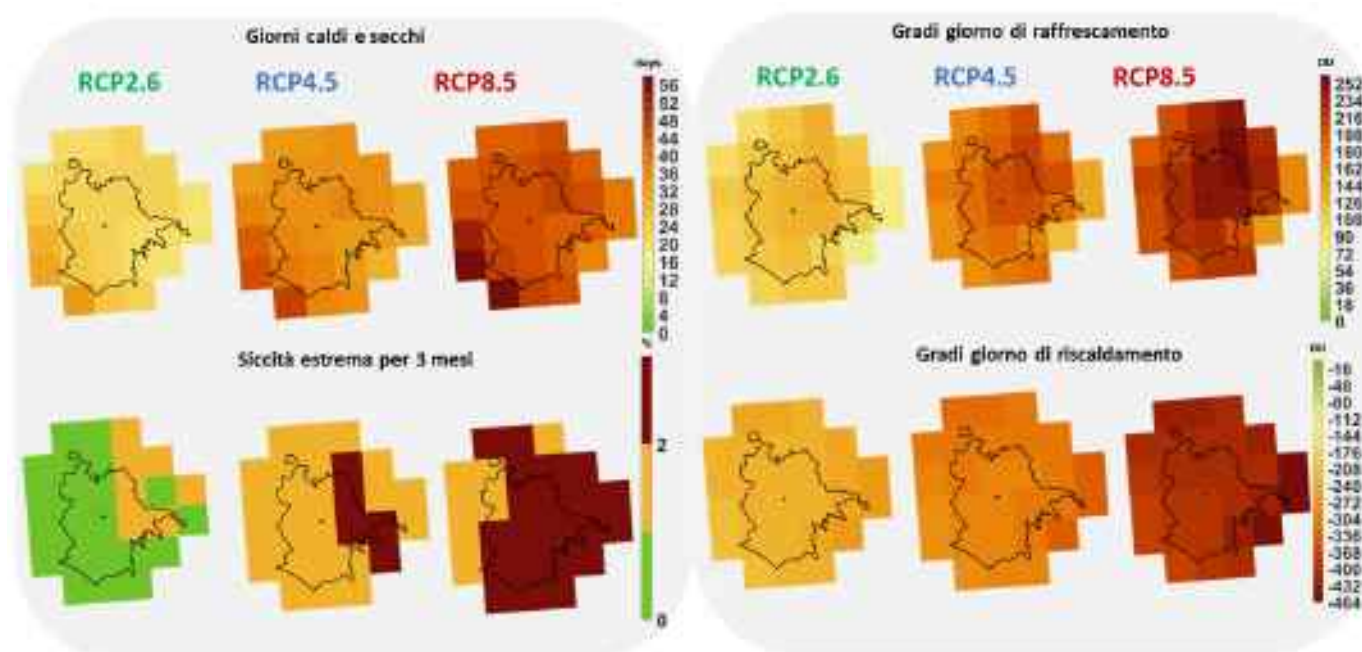


Figura 4: Variazioni climatiche annuali (ensemble mean) per alcuni degli indicatori climatici analizzati per il periodo 2036-2065 (2050s), rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, per gli scenari RCP 2.6, RCP 4.5 e RCP8.5.

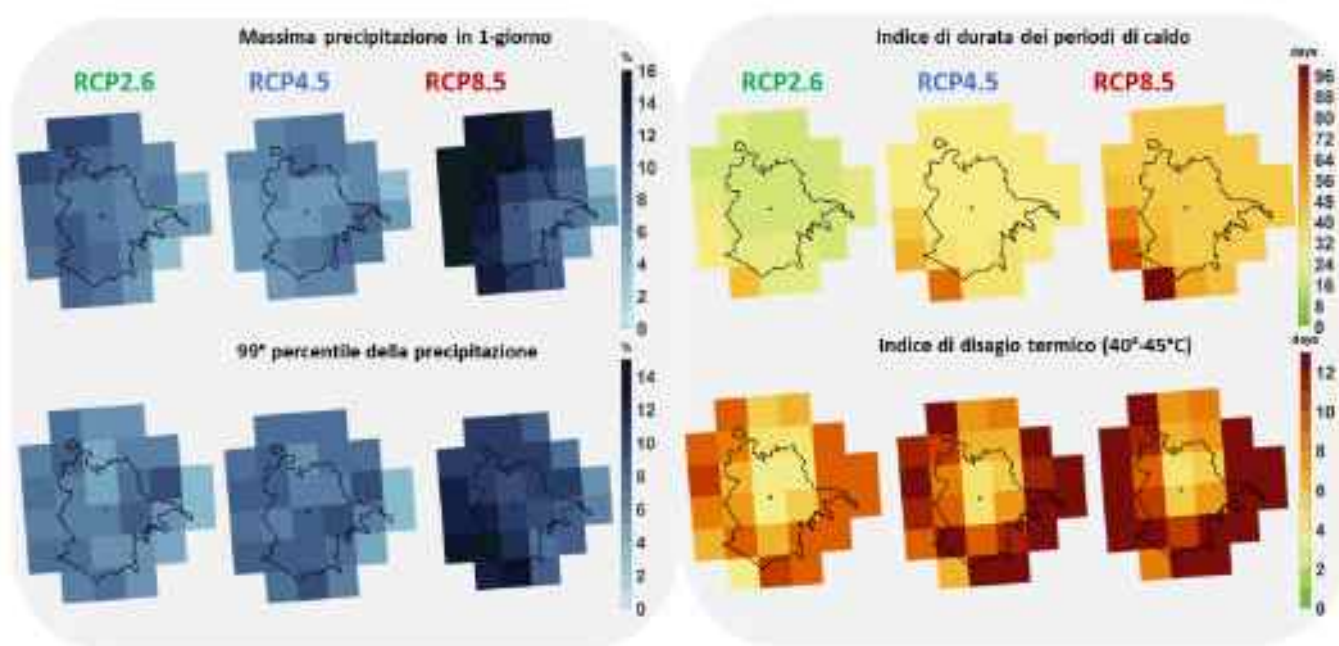


Figura 5: Variazioni climatiche annuali (ensemble mean) per alcuni degli indicatori climatici analizzati per il periodo 2036-2065 (2050s), rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, per gli scenari RCP 2.6, RCP 4.5 e RCP8.5.

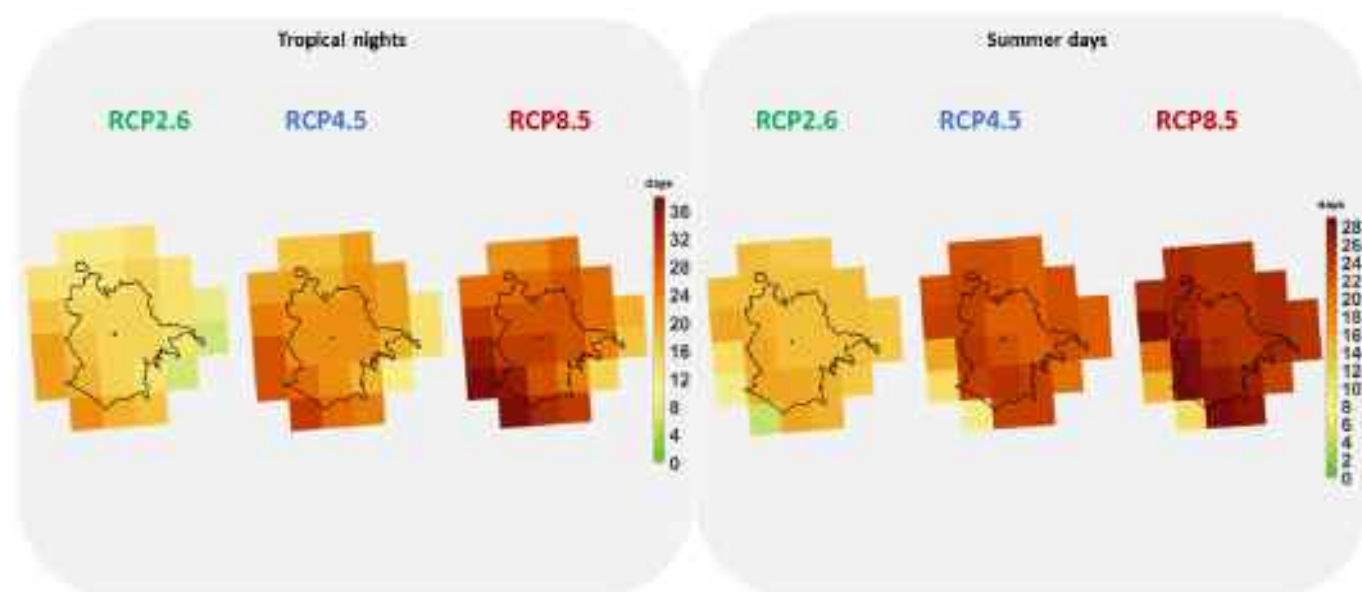


Figura 6: Variazioni climatiche annuali (ensemble mean) per alcuni degli indicatori climatici analizzati per il periodo 2036-2065 (2050s), rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, per gli scenari RCP 2.6, RCP 4.5 e RCP8.5.

Nelle Figure 4, 5 e 6 sono riportate a titolo esemplificativo alcune delle mappe più rilevanti (in termini di variazione attesa) di una selezione di indicatori per alcuni pericoli climatici che possono interessare l'area investigata. Per quanto concerne gli impatti sulla **domanda energetica**, si evince una netta riduzione dei gradi giorno di riscaldamento (Heating Degree Days, HDDs) ed un aumento dei gradi giorno di raffreddamento (Cooling Degree Days, CDDs), soprattutto sulle zone nord-orientali della città. Tali variazioni, più marcate in condizioni di *"nessuna mitigazione"*, potrebbero comportare una ridotta esigenza di energia necessaria per il riscaldamento degli ambienti e un incremento della richiesta di energia per il loro raffreddamento. Tale trend è influenzato anche dall'aumento del numero di ondate di caldo. Infatti, c'è da attendersi un aumento generalizzato del pericolo legato alle **ondate di caldo**, contrariamente ad una sostanziale riduzione dei fenomeni di **ondata di freddo** sull'intero territorio soprattutto in condizioni di *"nessuna mitigazione"*. In tal contesto, anche altri indici strettamente legati alla temperatura (già definito nel paragrafo precedente relativo all'analisi del clima attuale), mostrano un netto aumento. In particolare, i giorni estivi (Summer Days, SU95P) e le notti tropicali (Tropical Night, TR) presentano incrementi sostanziali soprattutto sulle zone occidentali di Roma Capitale, passando da condizioni di *"mitigazione aggressiva"* a condizioni di *"nessuna mitigazione"*. Anche l'indice di durata dei periodi di caldo (Warm Spell Duration Index, WSDI) presenta un andamento annuale abbastanza coerente con la temperatura media, con variazioni crescenti (fino a +48 giorni) passando da condizioni di *"mitigazione aggressiva"* a condizioni di *"nessuna mitigazione"*.

Per quanto riguarda i pericoli strettamente legati alla precipitazione, ovvero gli eventi di **dissesto geoidrologico**, risulta meno significativo il ruolo dello scenario (i.e., la scelta di uno scenario piuttosto che di un altro). Infatti, le condizioni di *"mitigazione aggressiva"* sono meno ottimiste delle condizioni di *"nessuna mitigazione"*.

Il non sempre intuitivo effetto dello scenario di concentrazione sui pericoli rende necessaria l'adozione di soluzioni di adattamento. Infatti, anche nel caso migliore in cui tutti gli obiettivi di mitigazione previsti dalle agende internazionali fossero soddisfatti, esiste un futuro prossimo in cui le comunità si troveranno comunque ad affrontare gli effetti del cambiamento climatico. Nel complesso, sono state valutate diverse caratteristiche delle precipitazioni intense e dalle analisi si evince un generale incremento sia dei cumuli giornalieri (Massimo di precipitazione giornaliera, RX1DAY) sia dell'intensità (Giorni con precipitazione intensa ed indice di intensità di precipitazione giornaliera, rispettivamente R20 e SDII) e della frequenza degli eventi estremi di precipitazione, specie in condizioni di assenza di mitigazione. Questo aspetto denota un potenziale aumento del pericolo per fenomeni di frane meteo-indotte e fenomeni di alluvioni che tuttavia necessita di essere studiato con maggior dettaglio mediante l'utilizzo di modelli di impatto accoppiati a modelli di pericolo.

Per quanto attiene il **fenomeno della siccità**, esso è stato valutato mediante l'indice **Standardizzato di Precipitazione** considerando diverse finestre temporali per i cumuli di precipitazione (3 mesi, 6 mesi, 9 mesi, 12 mesi e 24 mesi). Tale indice, a seconda dell'arco temporale considerato, può fornire indicazioni sugli impatti immediati e a medio e lungo termine. Ad esempio, sulla durata di 3-6 mesi permette di caratterizzare impatti prevalentemente agronomici, mentre sulla durata di 12-24 mesi permette di identificare impatti di tipo prevalentemente idrologico e socioeconomico. Per tutte le scale temporali considerate, è da attendersi un incremento del numero di episodi di siccità, in particolare in assenza di azioni di mitigazione.

Le analisi delle figure 4, 5 e 6 mostrano, per alcuni indicatori, delle diverse variazioni spaziali all'interno dell'area esaminata. Tuttavia, l'entità dell'incertezza associata a queste variazioni non consente di trarre conclusioni univoche a scala suburbana. L'aumento della risoluzione spaziale e i miglioramenti della capacità dei modelli nel rappresentare dinamiche complesse, come quelle riguardanti le aree urbane (e.g. fenomeno dell'Urban Heat Island), è atteso possano migliorare la comprensione delle caratteristiche che il cambiamento climatico può avere a scale spaziali tipiche delle aree suburbane studiate in questo documento. A titolo di esempio, alcuni indicatori precedentemente analizzati con i modelli EURO-CORDEX, sono stati ricalcolati utilizzando la simulazione VHR-PRO_IT (Raffa et al; 2023) sull'Italia recentemente rilasciata dalla Fondazione CMCC. Tale analisi è riportata nella Figura 7.

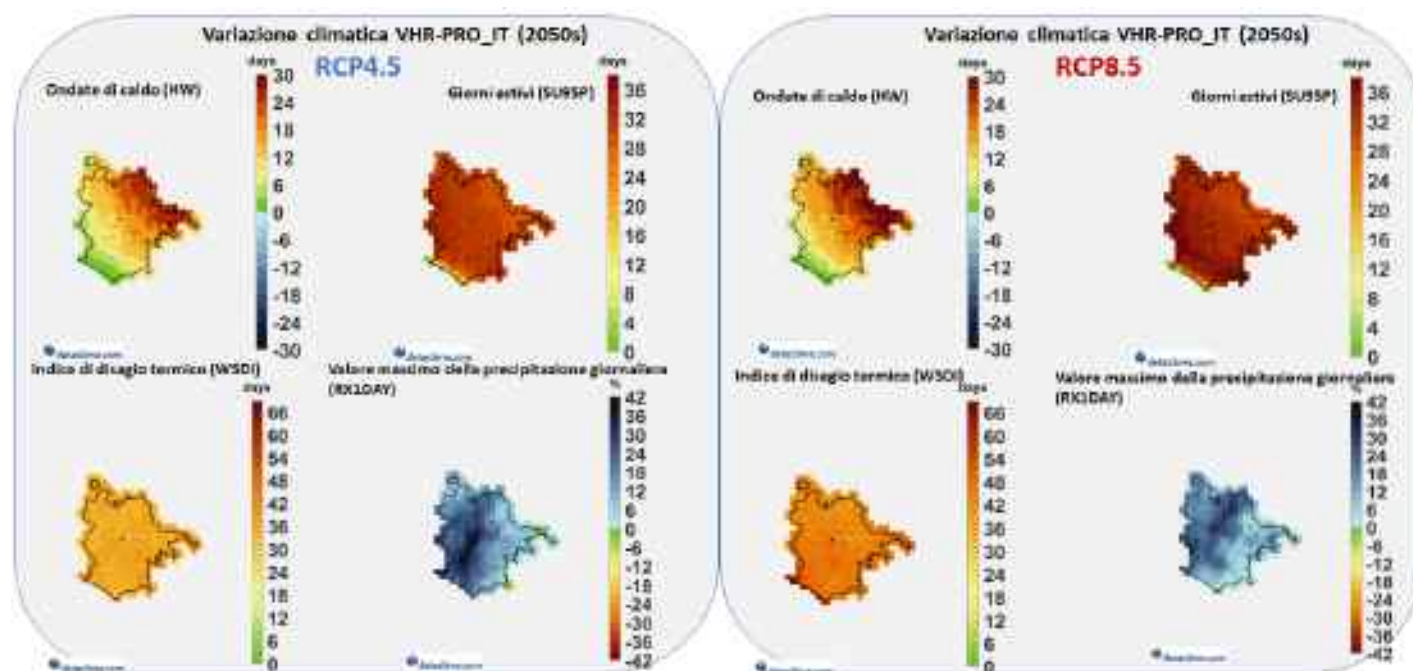


Figura 7: Variazioni climatiche annuali (ensemble mean) per alcuni degli indicatori climatici analizzati per il periodo 2036-2065 (2050s), rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, per gli scenari RCP 4.5 e RCP8.5.

I risultati, riproducono pattern simili a quelli presenti nei modelli a più bassa risoluzione ma permettono di avere un maggior dettaglio. In particolare, l'indicatore HW (Hot Waves) mostra un incremento del numero di giorni di ondate di caldo nella parte Est del territorio. Tale variabilità spaziale non la si ritrova negli altri due indicatori di temperatura analizzati a riprova dei diversi comportamenti rappresentati dagli indicatori selezionati.

Per quanto attiene invece l'indicatore che rappresenta il valore massimo di precipitazione giornaliera, si evince un incremento sull'area Occidentale del territorio analizzato. In tutti i casi, per gli indicatori mostrati in figura 7, non è intuitivo l'effetto dello scenario.

Per maggiori dettagli si rimanda all'Appendice della Strategia (contributo 1.2.), dove risulta possibile consultare in formato tabellare le variazioni attese sia annuali che stagionali (valori medi e stima delle incertezze) per tutti gli indicatori selezionati, utilizzati per dare informazione sui pericoli climatici di interesse.

2

**Analisi degli impatti
in corso e dei rischi**

2.1 SISTEMA AMBIENTALE ED ANTROPICO

2.1.1 Sistema idrico e rischio idrogeologico

Assessorato Infrastrutture e lavori pubblici, Dipartimento per il Coordinamento, sviluppo infrastrutture e manutenzione urbana



In un approccio corretto e consapevole alle nuove sfide climatiche, la matrice “acqua” riveste un’importanza cruciale, in particolare ove si consideri l’estensione delle aree urbanizzate all’interno del territorio di Roma Capitale.

Roma è una città con una popolazione che ormai supera i 4 milioni di presenze giornaliere, costantemente in crescita per il settore del turismo¹⁴ con circa 34 mln di presenze nel 2022, e con un territorio che è il più vasto d’Europa dopo quello di Londra¹⁵. Negli ultimi anni la Capitale ha registrato un aumento delle criticità collegate all’ambito idrogeologico, riconducibili sicuramente all’innalzamento della temperatura media¹⁶ ed in generale agli effetti determinati dal cambiamento climatico.

Queste ultime si ripercuotono sia sulla parte delle infrastrutture deputate a soddisfare il fabbisogno idrico della città, riguardando principalmente i fabbisogni di acqua da destinare ai diversi usi, il funzionamento, la copertura, la gestione della rete di distribuzione idrica e della rete fognaria, il funzionamento delle caditoie e della connessa rete di raccolta delle acque di piattaforma stradale. Altri effetti del cambiamento climatico si manifestano invece direttamente sulla quantità e qualità delle acque superficiali, sotterranee¹⁷ e di balneazione, l’officiosità del reticolo idraulico superficiale, nonché sul rischio idrogeologico delle aree soggette a inondazione. È logica conseguenza quindi riflettere su quale impatto diretto e immediato le predette problematiche presentano sulla qualità della vita dei cittadini, condizionandone gli aspetti economici e sociali, oltre quelli connessi proprio sulla salute delle persone.

È sufficiente un semplice sguardo alla tabella seguente (Tab.1), che riassume in via comparativa alcuni dati di altre città, per rendersi conto della portata dei numeri che caratterizzano Roma. Dal confronto appare evidente l’eccezionale dimensione del territorio comunale e delle corrispondenti infrastrutture caratterizzate da una notevole estensione di strade, reti fognarie e idriche. Tale sviluppo

14 Vedi dati “La Grande Roma” fonte Camera Commercio di Roma (06.05.2023) link: <https://youtu.be/UZ5-HwI8ICw>

15 Confronto territori capitali europee (www.globalgeografia.com)

16 Vedi dati sul clima www.nimbus.it

17 Dati Arpa Lazio – ISPRA (<https://www.isprambiente.gov.it> – “Le acque invisibili”)

di infrastrutture è però associato ad una densità di popolazione residente¹⁸ più bassa rispetto alle altre città, con conseguente maggior costo di gestione e manutenzione delle reti stesse, rispetto a configurazioni urbane più concentrate, che godono di vantaggiose economie di scala.

Comune	Area km ²	Residenti ⁽¹⁾ n.	Densità ab/km ²	Rete stradale km	Rete fognaria km	Rete idrica km
Roma	1.287	2.750.000 (1)	2.135	7.800	3.242	6.900
Milano	182	1.350.000	7.454	1.937	1.561	2.085
Napoli	119	913.000	7.680	1.201	1.200	1.070
Torino	381	841.000	2.207	1.785	2.185	1.835
Palermo	161	630.000	3.913	1.417	902	1.228
Genova	240	560.000	2.333	1.014	608	1.201
Firenze	102	360.000	3.528	1.070	710	924
Parigi	105	2.161.000	20.600	1.700	2.300	2.000

Tabella 1. Confronto con altre città italiane e Parigi

⁽¹⁾ i dati della popolazione di Roma Capitale si riferiscono ai soli residenti, non tenendo conto di pendolari, turisti e studenti fuori sede.

La peculiare struttura urbanistica del Comune di Roma comporta, oltre alla difficoltà di raggiungere con i servizi primari anche le zone più periferiche, un notevole flusso quotidiano in ingresso di pendolari provenienti in larga parte dalle aree periferiche e dall'area metropolitana. La Capitale è il baricentro di aggregazione di attività ed interessi che determina, quotidianamente, quasi un raddoppio del numero di persone presenti all'interno della città storica, con la conseguente genesi di una forte pressione su tutte le risorse naturali, in particolare su quella idrica.

Pertanto se da un lato la Capitale, come tutti i contesti urbani, *"consuma"* quantitativi elevati di acqua secondo uno *"stile"* ancora fortemente di tipo *"usa e getta"*, dall'altro, al pari delle maggiori conurbazioni del pianeta, può rappresentare il motore di un concreto cambiamento, e diventare un laboratorio dove sperimentare nuove strategie sostenibili di sviluppo orientate a concepire modelli di vita in grado di assorbire al meglio i cambiamenti climatici a cui stiamo assistendo.

Basti solo pensare all'impatto che ha avuto l'installazione delle circa 165 case dell'acqua nel territorio dell'Ato2 (Lazio), comprendente Roma e altri 112 comuni, con un bacino di utenza totale di circa 4,8 milioni di abitanti. L'iniziativa ha permesso di erogare 38,7 milioni di litri di acqua, corrispondenti a ben 774 tonnellate di bottigliette di plastica risparmiate, cioè 2.000 tonnellate di CO₂ non emesse in atmosfera.

Per dare un'idea di quanta plastica si è risparmiata, bisogna immaginare, utilizzando come unità di misura un campo di calcio, una *"buca"* di forma quadrata di 50 metri per lato, e profonda circa 16 metri (quanto un edificio di cinque piani), piena di bottigliette di plastica. Solo nella Capitale sono già state installate 31 case dell'acqua, che a breve arriveranno a 64.

18 Vedi dati ISTAT popolazione residente Gennaio 2023

In altre parole i numeri di Roma spiegano come l'adattamento climatico nel nostro Paese passa inevitabilmente per la sua Capitale, e proprio per questo motivo essa deve dotarsi di un piano di adattamento climatico efficiente, al cui interno il tema dell'acqua è tra le componenti principali se non quello da considerare prioritariamente.

La tesi di partenza è che una città è vivibile, circolare, resiliente ai cambiamenti quando è approvvigionata in sicurezza, è in grado di adattarsi alle variazioni di disponibilità idrica, riduce le perdite idriche negli acquedotti, provvede con efficacia a smaltire le acque bianche e nere, gestisce in modo ottimale il ciclo della depurazione dei reflui, dalla restituzione all'ambiente al riuso delle acque, e soprattutto è sicura nei confronti del rischio idrogeologico.

Di seguito si andranno ad esaminare delle aree di intervento in cui Roma si sta impegnando, per risolvere alcune attuali criticità e al fine di affrontare al meglio gli effetti del cambiamento climatico: il sistema di approvvigionamento idrico, la rete fognaria e di depurazione, il reticolo di raccolta delle acque bianche, e il rischio idrogeologico.

Approvvigionamenti idrici ¹⁹

Il servizio idrico integrato (SII) è una parte del sistema idrico, che comprende l'insieme dei servizi pubblici di captazione, adduzione e distribuzione di acqua per usi civili, di fognatura e di depurazione delle acque reflue, compresi i servizi di captazione e adduzione a usi multipli, e i servizi di depurazione ad usi misti civili e industriali. A livello nazionale, il SII è soggetto alla attività di regolazione e controllo da parte di ARERA (Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente), mentre a livello locale esso è regolato dall'EGA (Ente di Governo dell'Ambito), ex Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale. Nella regione Lazio sono presenti cinque Enti di Governo dell'Ambito, Roma Capitale appartiene all'Ambito Territoriale Ottimale 2 Lazio Centrale-Roma (ATO2), nel quale il servizio è gestito da ACEA ATO2 S.p.a.

Nel 2022 l'approvvigionamento idrico di Roma è stato garantito per l'84.6% da sorgenti, per il 14.5% da pozzi e per lo 0.8% da altri sistemi di acquedotto, per un totale di 762 km di rete di adduzione²⁰.

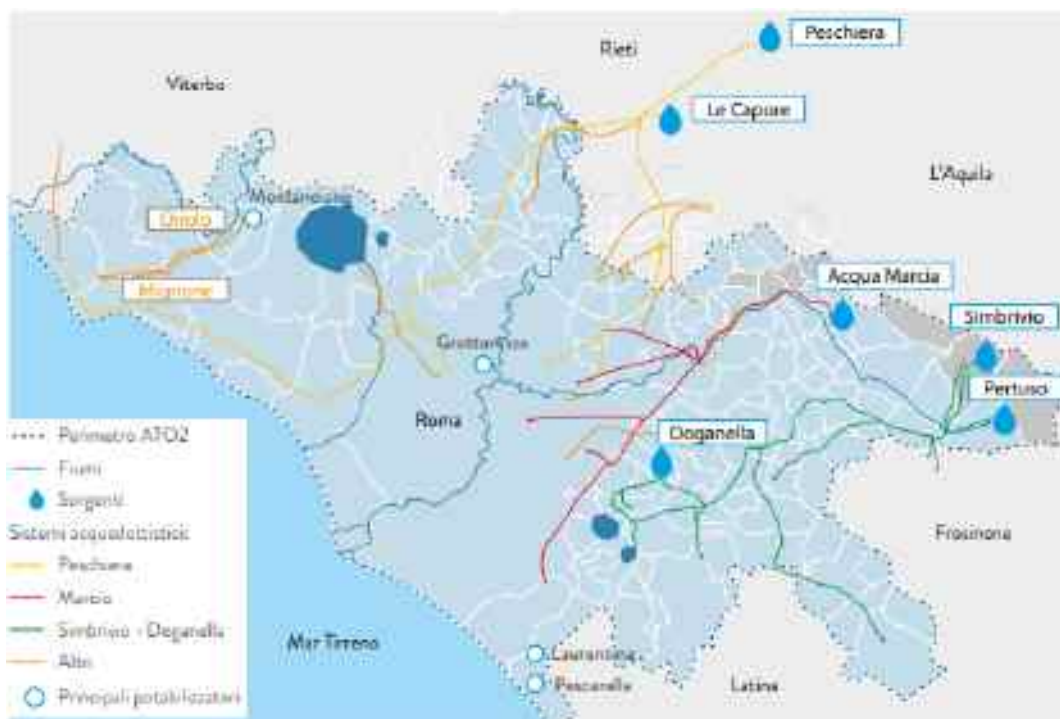
Nel dettaglio le grandi sorgenti sono sei: Peschiera (Cittàducale, Rieti), Capore (Casaprota, Rieti), Acqua Marcia (Agosta-Marano Equo, Roma), Acquoria (Tivoli, Roma), Salone Vergine (Roma) e Simbrivio (Vallepiastra, Roma); mentre i principali pozzi sono situati nelle località di: Finocchio, Torre Angela, Pantano Borghese, Laurentino.

Nella rete di distribuzione della Capitale vengono immessi quotidianamente circa 1,1 milioni di metri cubi di acqua (dato del 2022), corrispondenti a circa 400 milioni di metri cubi per anno, di questi circa il 60% provengono dall'acquedotto del Peschiera-Capore, che li recapita a Roma nelle vasche terminali di Ottavia e di Monte Carnale. Altro principale acquedotto che alimenta la città di Roma è l'acquedotto Marcio, proveniente dalla valle dell'Aniene (con portata variabile da 3,5 a 5,8 metri cubi al secondo, in relazione all'andamento idrogeologico delle sorgenti). Ai precedenti si affiancano acquedotti minori, quali: Simbrivio – Doganella (portata 1.5 metri cubi al secondo), Appio-Alessandrino, Nuovo Acquedotto Vergine, alimentati da sorgenti e pozzi situati nel comune di Roma (portata 2 metri cubi al secondo).

¹⁹ L'approvvigionamento idrico dell'ATO2 è affidato al gestore del S.I.I. ACEA ATO2.

²⁰ Acea, 2023 e relazione Pdl Acea Ato2 spa.

Nelle mappe a seguire è rappresentato il sistema di adduzione di Roma, che nell'ottica di una capacità di risposta di adattamento, presenta invece una scarsa resilienza dovuta a più cause, tra cui principalmente la vetustà della rete (ad esempio l'acquedotto dell'Acqua Marcia risale al 1870, e quello del Peschiera è stato realizzato negli anni '30); a particolari configurazioni della rete stessa, come l'assenza di doppia canna nel tratto Peschiera - Capore; all'esposizione al rischio sismico, che risulta elevato in relazione ai territori attraversati.



Mappa del sistema di captazione e acquedottistico dell'ATO2
(fonte: BdS 2022 ACEA ATO2 spa)

degli effetti prodotti dall'estremizzazione dei fenomeni climatici, caratterizzati da eventi di pioggia più intensi, alternati a sempre più frequenti periodi di prolungata siccità. Queste mutate condizioni con cui si manifestano gli eventi meteorologici, determinano degli scenari di criticità che impongono politiche di investimento attente e consapevoli, non solo riguardo lo sfruttamento, ma anche riguardo la tutela della risorsa idrica. L'impegno primario diventa, quindi, quello di ridurre gli sprechi rappresentati dalle perdite idriche della rete.

Da fonte Istat le perdite idriche medie a livello nazionale, riferite al 2020, rappresentavano circa il 41,2%²¹ del totale del volume immesso in rete, nel Comune di Roma attualmente il valore delle perdite è inferiore alla media nazionale e si attesta al 27,8%. Tale risultato è stato ottenuto attraverso importanti investimenti con interventi di bonifica per oltre 200 km di rete acquedottistica, installazione di circa 2.500 misuratori di portata e pressione, georeferenziazione di circa l'85% della rete, e telecontrollo degli acquedotti e della rete di adduzione. L'obiettivo futuro è quello di ridurre ulteriormente entro il 2027 le perdite fisiche ad una percentuale del 25%, raggiungendo un valore in linea con la media dei paesi europei.

Molto importante nell'ammodernamento della rete idrica è la "*distrettualizzazione*" della stessa, consistente in una progressiva suddivisione della rete in distretti più piccoli, caratterizzati da valori di pressione e portata omogenei (attualmente i distretti idrici sono 226). Questa tecnica permette di calibrare puntualmente l'andamento delle pressioni e delle portate ottimizzando il funzionamento, la resilienza, e prolungando anche il ciclo vita della rete. Essa risulta fondamentale anche in occasione di intervento per guasto, poiché limita le porzioni di rete e di quartieri da isolare in caso di fuori servizio, velocizzando le fasi di ripristino della funzionalità (a vantaggio dell'utenza). Ulteriore vantaggio è rappresentato dalla garanzia di poter definire dei punti di misura per la ricerca delle perdite, infatti con il solo raffittimento della maglia dei distretti idrici raggiunto nel 2021, sono stati risparmiati 70 milioni di m³ di acqua rispetto al 2017.

Gli investimenti intrapresi hanno consentito di registrare, quindi, una sostanziale diminuzione delle perdite, passando da valori di oltre 100 metri cubi di acqua al giorno per km di rete del 2017 ai 58 del 2021.

Nel grafico sottostante viene riportato l'andamento delle perdite rilevate da ACEA ATO2 per il Comune di Roma Capitale.

21 Report Statistiche ISTAT 21 marzo 2023 "Le statistiche dell'Istituto sull'acqua | anni 2020-2022.

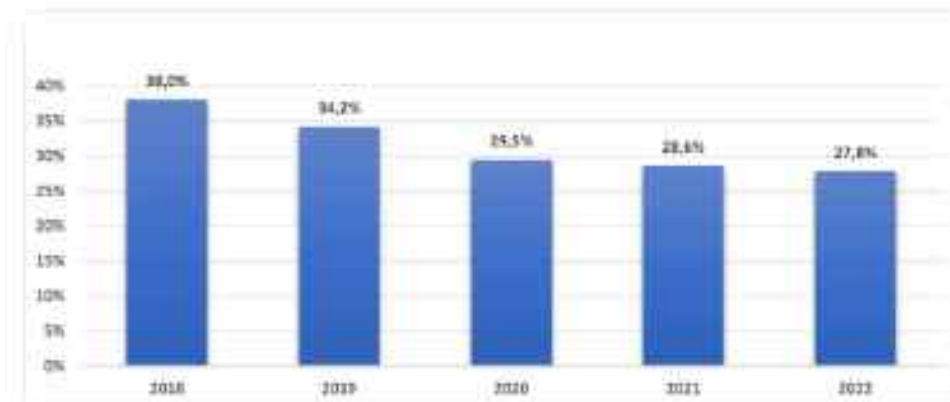


Grafico - Andamento delle perdite nella rete del Comune di Roma Capitale anni 2018-2022
(fonte Utilitalia - ACEA ATO2spa)

Risulta quindi fondamentale mantenere un adeguato livello di investimenti sulle infrastrutture, indirizzando con efficacia le risorse sul territorio, secondo una programmazione che tenga conto degli interventi più urgenti e più utili. In questo passaggio la conferenza dei sindaci ha individuato, con il supporto di Acea criteri di scelta degli interventi basati sui seguenti indici:

- Indice di Dotazione Infrastrutturale (I.D.I.), riferito al diametro della condotta, la lunghezza e il numero di utenze servite;
- Indice di Perdita Nominale (I.P.N.), che mette in relazione il numero di perdite con il diametro e la lunghezza della rete;
- Indice di Materiale e Pressione (I.M.P.), che mette in relazione le tipologie di materiale delle condotte e la pressione di esercizio;
- Indice Anagrafico (I.A.), legato alla vetustà della condotta;
- Indice di Propensione al Danno (I.D.P.), calcolato come somma dei quattro indici precedenti.

• IDI – Indice di Dotazione Infrastrutturale, mette in relazione il DN medio ponderato delle reti, pesato rispetto alle lunghezze, con il numero di utenze servite (per la committenza). Valori alti indicano maggiore dotazione della rete.	$IDI = \frac{[d_{med} \times (\text{diametro medio ponderato})]}{[Ut]}$
• IPN – Indice di Perdita Nominale, che mette in relazione il n. di perdite con il DN medio ponderato delle reti, con la lunghezza complessiva della stessa (accidentato di danno). Valori alti indicano maggiore danno della rete.	$IPN = \frac{[n^{\circ} \text{ perdite} \times (\text{diametro medio ponderato})]}{[L_{tot}]}$
• IMP – Indice di Materiale e Pressione, che mette in relazione il tipo di materiale delle condotte e la pressione di esercizio (gestione dell'infrastruttura). Valori alti indicano maggiore grado di stress della rete.	$IMP = [(100 - \text{Materiale ponderato}) / P]$
• IA – Indice Anagrafico, che prende in considerazione la vetustà delle condotte attribuendo un peso maggiore all'età delle reti di posa.	$IA = \text{Punteggio da età di posa}$
• IDP – Indice di Propensione al Danno, calcolato come somma dei 4 indici precedenti. Valori più alti indicano maggiore propensione ed esposizione a danneggiamenti e rotture.	$IDP = IDI + IPN + IMP + IA$

Tabella – Indici modello di scelta rinnovamento condotte (fonte: relazione Pdl di ACEA ATO2spa).

Reti fognarie e depurazione²²

Nella città di Roma, e in tutto l'ATO 2, il sistema di fognatura e depurazione è organizzato in unità territoriali su base idrografica e include: gli impianti di depurazione, la rete fognaria ad essi afferente, e gli impianti di sollevamento fognari. Nel 2021, a Roma, le infrastrutture dedicate al servizio di fognatura e depurazione consistevano in circa 4 mila km di rete fognaria, 224 impianti di sollevamento, e 33 impianti di depurazione (di cui 6 intercomunali) ai quali afferiscono fognature prevalentemente di tipo misto.

Si evidenzia che alcuni dei quartieri di Roma, degli anni '80 e '90, per lo più periferici sorti a seguito di edilizia spontanea, e oggetto di piani di recupero, non sono stati ancora raggiunti dalla rete di smaltimento dei reflui e allaccio al depuratore. Di fatto sono ancora in corso nuove opere di completamento ed estensione delle infrastrutture a servizio degli agglomerati urbani, che rappresentano aree della città in cui si concentra più del 93%²³ della popolazione, con l'obiettivo di arrivare alla copertura del servizio la quasi totalità degli stessi. In questa ottica di attività di estensione delle infrastrutture di urbanizzazione primaria ad esempio, si inserisce, il completamento del Collettore Crescenza, una importante opera a servizio di un intero settore di Roma nord, iniziata nei primi anni 2000 e terminata nel 2023 con un investimento di circa 55 milioni, la quale permetterà l'allaccio fognario a circa 80.000 abitanti, e una notevole riduzione della pressione antropica sull'ambiente.

Riguardo alla rete di fognatura, anche in questo caso, deve essere considerata l'elevata età media della esistente rete fognaria di Roma. Soprattutto nell'area della città storica, è continua l'attività di bonifica dovuta alla rottura per vetustà dei manufatti, con il conseguente insorgere di gravi disagi alla città e danni all'ambiente. Deve essere valutata quindi con grande attenzione l'esigenza di prevedere interventi di ammodernamento, recupero, rifacimento e bonifica della rete principale di importanti collettori, e di quella locale.

Va anche rilevato anche che importanti collettori della città presentano criticità, o risultano addirittura essere stati compromessi nel funzionamento, a causa di danneggiamenti subiti, in epoche passate, per interventi effettuati da enti diversi e mal coordinati. È quindi fondamentale procedere con dettagliate campagne di indagini e monitoraggio delle infrastrutture idrauliche di Roma, finalizzate ad una maggiore conoscenza dello stato qualitativo di esercizio della rete fognaria. Contemporaneamente va migliorata l'acquisizione di dati della stessa, e va promossa una costante attività di coordinamento tra i gestori dei sottoservizi, allo scopo di risolvere in modo efficace problemi e interferenze, che in alcune punti della città persistono da anni.

Nell'ambito della depurazione i 4 maggiori impianti di Roma trattano circa 500 milioni di metri cubi l'anno di reflui, corrispondenti a quasi l'85% del volume totale gestito da ACEA ATO2 Spa, come rappresentato nella tabella 3 sottostante. La maggioranza degli impianti recapitano le acque depurate nei corpi idrici superficiali; con l'obiettivo di una maggiore qualità delle acque restituite all'ambiente, dal 2021 è stato attivato il programma di monitoraggio in tempo reale delle acque trattate, anche se allo stato attuale in nessun impianto è ancora previsto il riuso delle acque depurate in agricoltura (ACEA, 2021a, ACOS, 2023).

Aspetto fondamentale degli impianti di depurazione è rappresentato dalla dimensione degli stessi, è conveniente infatti, sia a livello ambientale che economico gestire impianti più grandi invece di più impianti minori. Oltre determinate dimensioni un impianto maggiore favorisce un ciclo di depurazione

²² Il reticolo fognario delle acque nere e la depurazione ricadono nel SII e sono affidati ad ACEA ATO2 spa.

²³ Fonte: Pdl ACEA ATO2 spa.

dell'acqua basato su un modello di economia circolare, per questo motivo i maggiori depuratori della Capitale (tra gli altri, Roma Sud, Roma Nord, Roma Est, Cobis, Casal Monastero) sono oggetto di importanti investimenti che interesseranno l'ammodernamento, il potenziamento, l'ottimizzazione energetica, l'efficientamento del ciclo di depurazione, il recupero dei fanghi ed essiccamento, ed anche il riuso delle acque depurate. Anche in ambito della depurazione risulta quindi necessario ottimizzare il recupero della risorsa idrica, eliminando gli sprechi, migliorando la qualità dell'acqua restituita ai corpi idrici naturali, e rendendo infine la città più capace di adattarsi al cambiamento climatico, e più rispettosa dell'ambiente con un impatto sullo stesso pur se inevitabile almeno notevolmente ridotto.

Nelle tre immagini seguenti vengono rappresentati: i volumi di acqua trattati da ACEA ATO 2 S.p.a., la collocazione sul territorio degli impianti di depurazione all'interno del Comune di Roma, ed un grafico rappresentativo della pianificazione strategica del modello di circolarità del ciclo dell'acqua presentati nel Piano di investimenti di ACEA ATO 2 S.p.a.



ESEMPIO

Tabella n. 3 – La consistenza del comparto depurativo-fognario nel triennio 2020-2022

Consistenza impianti	UM	2020	2021	2022
Impianti depuratori ¹⁾	n.	104	106	107
Sollevamenti fognari	n.	645	676	725
Mano fognaria	km	6.852	7.018	7.034
Distanza rete fognaria GIS	km	5.958	6.279	6.402

I volumi di acqua reflua convogliata, trattata e restituita all'ambiente nel 2022 sono circa 589 milioni di metri cubi¹⁾ (Tabella 4), di cui l'86% gestiti nei 5 maggiori impianti di depurazione²⁾ (Figura 10). I volumi di acque trattate nel 2022 della Società sono all'incirca pari quelli contenuti nel Lago Trasimeno³⁾.

[GRI 303-4]

Figura n. 10 – Le percentuali di acque trattate nel 2022

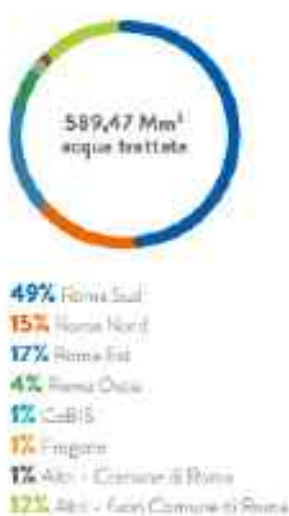


Tabella n. 4 – Acque reflue trattate nel triennio 2020-2022

Acque reflue	2020	2021	2022	2022 ¹⁾
Unità di misura	Mm ³	Mm ³	Mm ³	AE
di cui Roma Sud	294,9	290,1	287,2	1.100.000
di cui Roma Nord	93,3	88,5	85,5	300.000
di cui Roma Est	92,8	97,2	98,9	400.000
di cui Roma Ovest	30,5	29,5	24,6	350.000
di cui Cobis	5,7	6,8	5,7	80.000
di cui Fregene	3,5	4,2	3,9	20.000
di cui Altri comuni di Roma	11,7	9,2	8,2	200.000
di cui Altri - fuori Comune di Roma	76	75,8	71,3	1.500.000
Totale	596,87	601,52	589,47	5.077.360

Tabella 3 – Percentuali di volumi di acqua reflua convogliata, trattata e restituita all'ambiente nel 2022 da ACEA ATO2 spa.
 Tabella – Volumi di acqua reflua trattata nel triennio 2020-2022, pari a circa 500 milioni di metri cubi gestiti nei 4 maggiori impianti di depurazione all'interno del Roma Capitale (fonte: Bilancio di Sostenibilità ACEA ATO2 spa).



Mappa – Localizzazione principali impianti di depurazione nel Comune di Roma Capitale.
 (fonte: ACEA ATO 2 spa – link <https://www.gruppo.acea.it/al-servizio-delle-persone/acqua/acea-ato-2/dati-comune?id=89>)



Grafico – La pianificazione strategica di ACEA ATO2 nel breve, medio e lungo periodo
(fonte: BdS 2022 ACEA ATO2 spa).

Reticolo di raccolta delle acque bianche

La rete fognaria delle sole acque bianche (quando non si tratti di rete mista) non ricade nel SII, ed il servizio è gestito direttamente dal Comune di Roma tramite il Dipartimento CSIMU per la viabilità principale, e dai Municipi di competenza per la viabilità locale. Il comune di Roma è caratterizzato da circa 7.800 km di rete stradale, con oltre 330.000 caditoie. Al pari di altre capitali dotate di infrastrutture “storiche” realizzate da almeno due secoli, anche la rete di raccolta delle acque meteoriche di Roma soffre di un dimensionamento calibrato su volumi di portata nettamente inferiori rispetto a quelli attualmente necessari, legati a fenomeni meteo molto più intensi. Negli ultimi anni si assiste infatti, con frequenza sempre maggiore, al superamento delle capacità di portata dei collettori con conseguenti disservizi e allagamenti.

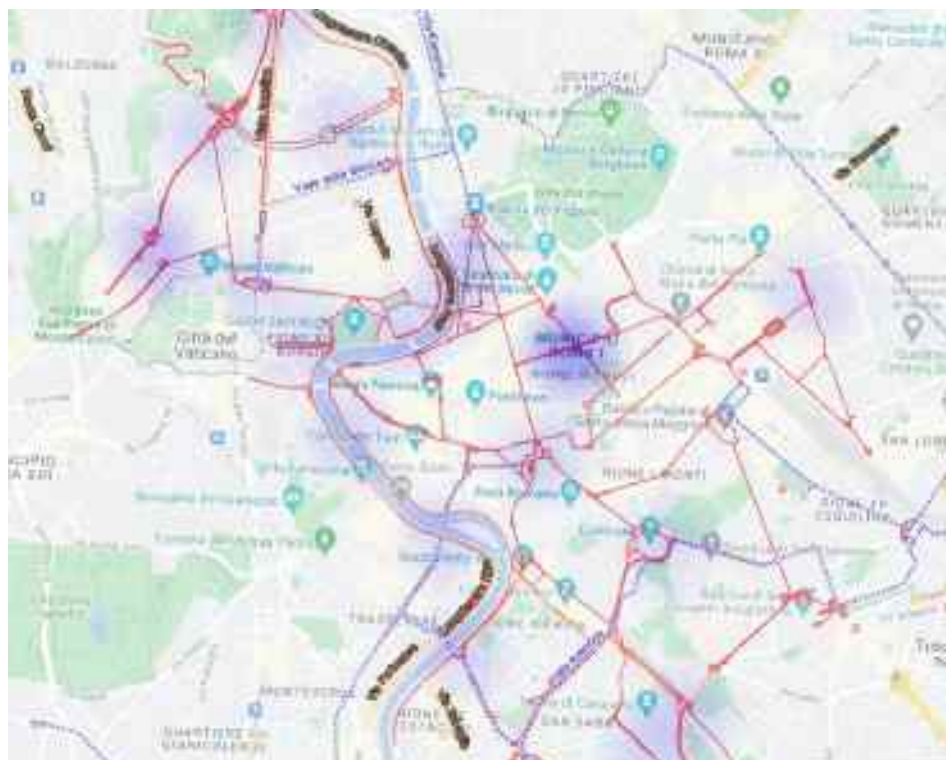
L'insufficienza della rete di raccolta dell'acqua piovana si riscontra, in modo sostanzialmente diffuso, su tutto il territorio della Capitale, dalle zone del centro storico a quelle più periferiche. Inoltre, il tombamento di alcuni fossi, l'incuria protratta nel tempo del reticolo idrografico minore, la complessità della manutenzione della rete, insieme ad una progressiva impermeabilizzazione del suolo, hanno reso la città “sensibile” anche in presenza di precipitazioni riconducibili all'allerta gialla.

Un aspetto fondamentale per il corretto funzionamento della fognatura bianca, è rappresentato dalle caditoie, che è lo specifico manufatto che garantisce l'afflusso dell'acqua di pioggia nella rete di drenaggio. Allo scopo Roma ha posto grande attenzione alla tematica, attuando un apposito “Piano

caditoie", proprio per garantire l'afflusso di acqua dalla piattaforma stradale. È stata quindi messa in programma la pulizia di tutte le caditoie, partendo da un monitoraggio delle stesse per identificare quelle più soggette a malfunzionamento. La preliminare acquisizione dei dati risulta un passaggio fondamentale per la programmazione degli interventi manutentivi, che saranno mirati a rimuovere le criticità di varia natura delle caditoie quali: posizionamento, esposizione, dimensioni dell'area di drenaggio, velocità interrimento. L'obiettivo è di ottimizzare le risorse economiche, per impegnarle con interventi calibrati per tipologia e frequenza sulla specifica caditoia, ottenendo quindi una maggiore efficienza e resilienza della rete.

Altra questione molto importante collegata alla gestione delle acque meteo di Roma Capitale, è la tematica dei tanti impianti di sollevamento dislocati sul territorio comunale, soprattutto in coincidenza dei sottopassi della rete stradale, della grande viabilità e locale; in particolare è tornata all'amministrazione comunale la competenza manutentiva di importanti impianti di sollevamento di acque bianche, restituiti da ACEA ATO 2 spa, poiché non più rientranti nella convenzione di gestione. Inoltre vi è la presenza nel territorio di Roma di molti altri impianti di aggottamento gestiti da più Enti, tra cui oltre a quelli di settore, anche altri di proprietà di società di trasporto pubblico, consorzi. Una tale dispersione di questa tipologia di impianti sia in termini territoriali, che di competenze di gestione, determina una difficile attività di monitoraggio, di manutenzione, e controllo, in alcuni casi infatti gli interventi di manutenzione sono assenti, in altri sono condotti in sovrapposizione da soggetti diversi, con interferenze negative sul corretto esercizio del singolo impianto.

Risulta quindi fondamentale un riordino delle informazioni legate alla localizzazione degli impianti di aggottamento, delle effettive competenze di gestione, e soprattutto l'individuazione e attribuzione di un grado di rischio di allagamento associato al malfunzionamento dello specifico impianto. Spesso infatti il malfunzionamento di un determinato impianto, compromette il funzionamento o vanifica l'esercizio di altri limitrofi anche se efficienti.



Mappa termica degli allagamenti del Comune di Roma Capitale, (in sfumature blu viene rappresentata la densità del numero di interventi) (fonte: elaborazioni CSIMU).



Mappa termica degli allagamenti del Comune di Roma Capitale, (in sfumature blu viene rappresentata la densità del numero di interventi) (fonte: elaborazioni CSIMU).

Rischio idrogeologico

La principale criticità è costituita dalla natura dei corsi d'acqua che scorrono nel territorio della Capitale.

Il Tevere è caratterizzato dalla sua breve asta fluviale, come d'altronde tutti i fiumi del versante appenninico, e dalla portata influenzata direttamente dalla intensità delle precipitazioni. Da sempre considerato una via di mezzo tra fiume e torrente, il Tevere ha generato straripamenti a cui è stato fatto fronte, nel passato, attraverso la costruzione degli alti muraglioni e, più di recente, con la realizzazione della diga di Corbara, un vero e proprio presidio a protezione della Capitale. Altrettanto torrentizio è il regime del fiume Aniene e dei tanti fossi, marrane e rigagnoli che ancora solcano, visibili, il territorio ineditato dell'agro romano, e che si immettono nel Tevere a valle di Castel Giubileo, ulteriore opera di difesa idraulica posta a Roma Nord. Risulta però conclamata l'insufficienza di queste opere di difesa, in considerazione delle frequenti e più intense precipitazioni che si abbattano proprio sulla capitale e che assumono carattere di "flash flood".

Su questa importante tematica sono stati eseguiti degli studi, a seguito della convenzione tra Autorità di bacino del fiume Tevere ed il comune di Roma Capitale (con il contributo Università Roma Tre), finalizzata alla redazione di un Piano di Bacino per un inquadramento del rischio idraulico per l'area metropolitana di Roma, che ha tenuto conto anche dei programmi di sviluppo insediativi della Capitale. Nella redazione del Piano sono state evidenziate le aree di Roma maggiormente esposte a tale rischio²⁴ tra le quali: Acquatraversa, Malafede, Freghizia (Mole di Corcolle), Pratolungo, Tor Sapienza, Vallerano, Valchetta, Almone, Caffarella, Osa, San Vittorino, Gregna di Sant'Andrea, Labaro, Prima Porta, Magliana, Galeria, Piana del Sole, Ostia, Casalpalocco; in particolare gli studi condotti dall'Università Roma Tre si sono concentrati su specifiche aree quali:

- Studio per il Risanamento Idraulico dei bacini delle acque alte afferenti al Canale Palocco, nell'area di Roma Sud e individuazione degli interventi per la mitigazione del rischio idraulico con la previsione di oltre 110 interventi;
- Studio per il Risanamento idraulico dei bacini delle acque medie e basse di Roma Sud e individuazione degli interventi per la mitigazione del rischio idraulico;
- Studio per l'individuazione delle cause di inondazione e allagamenti dell'abitato di Prima Porta e la definizione preliminare degli interventi per la prevenzione di futuri eventi calamitosi (aree urbanizzate di Prima Porta, fossi Torraccia, Monte Oliviero, Pietro Pertusa, Giustiniana, e Marrana Prima Porta);
- Studio per il risanamento idraulico dei bacini afferenti agli impianti di idrovori della Società aeroporti di Roma ubicati ad est dell'aeroporto (Piana del Sole e Quadrante Ovest di Fiumicino);

Per maggiori dettagli in merito è fondamentale consultare il contributo dell'Autorità di Bacino del Distretto Appennino Centrale e ISPRA²⁵.

²⁴ Aggiornamento del Piano di bacino stralcio per il tratto metropolitano di Roma da Castel Giubileo alla foce – PS5 – Relazione Generale (aggiornamento).

²⁵ Capitolo 2.1.2 SISTEMA GEO-IDROLOGICO (Autorità di Bacino del Distretto Appennino Centrale e ISPRA) per la "Strategia di Adattamento al Cambiamento Climatico di Roma Capitale.

Il rischio idrogeologico nelle aree urbanizzate della città, oltre ad essere legato a determinate caratteristiche morfologiche dei siti interessati, e dalle mutate condizioni con cui si manifestano i fenomeni meteorologici, dipende strettamente anche dalla “gestione” del reticolo idraulico dei fossi. Laddove essa risulta carente sorgono delle problematiche che aggravano il rischio di alluvione; una delle principali questioni aperte in questo ambito, è rappresentata proprio dalla frammentazione delle competenze all’interno dell’area di Piano. A titolo esemplificativo i soggetti deputati alla ripartizione delle competenze nel settore idrogeologico sono l’Autorità di Bacino del fiume Tevere, la Regione Lazio, Città Metropolitana di Roma Capitale, Roma Capitale, il Consorzio di Bonifica (CBLN), e in parte gli ATO. Si avverte, pertanto, l’urgenza di organizzare un gruppo di lavoro stabile, che coordini, sovrintenda e aggiorni costantemente un Piano di Riordino delle competenze idrauliche, affinché siano identificati gli Enti deputati alla manutenzione del reticolo idraulico secondario e minore, anche in funzione dei mutati assetti che gli enti stessi hanno subito e subiscono nel corso del tempo.

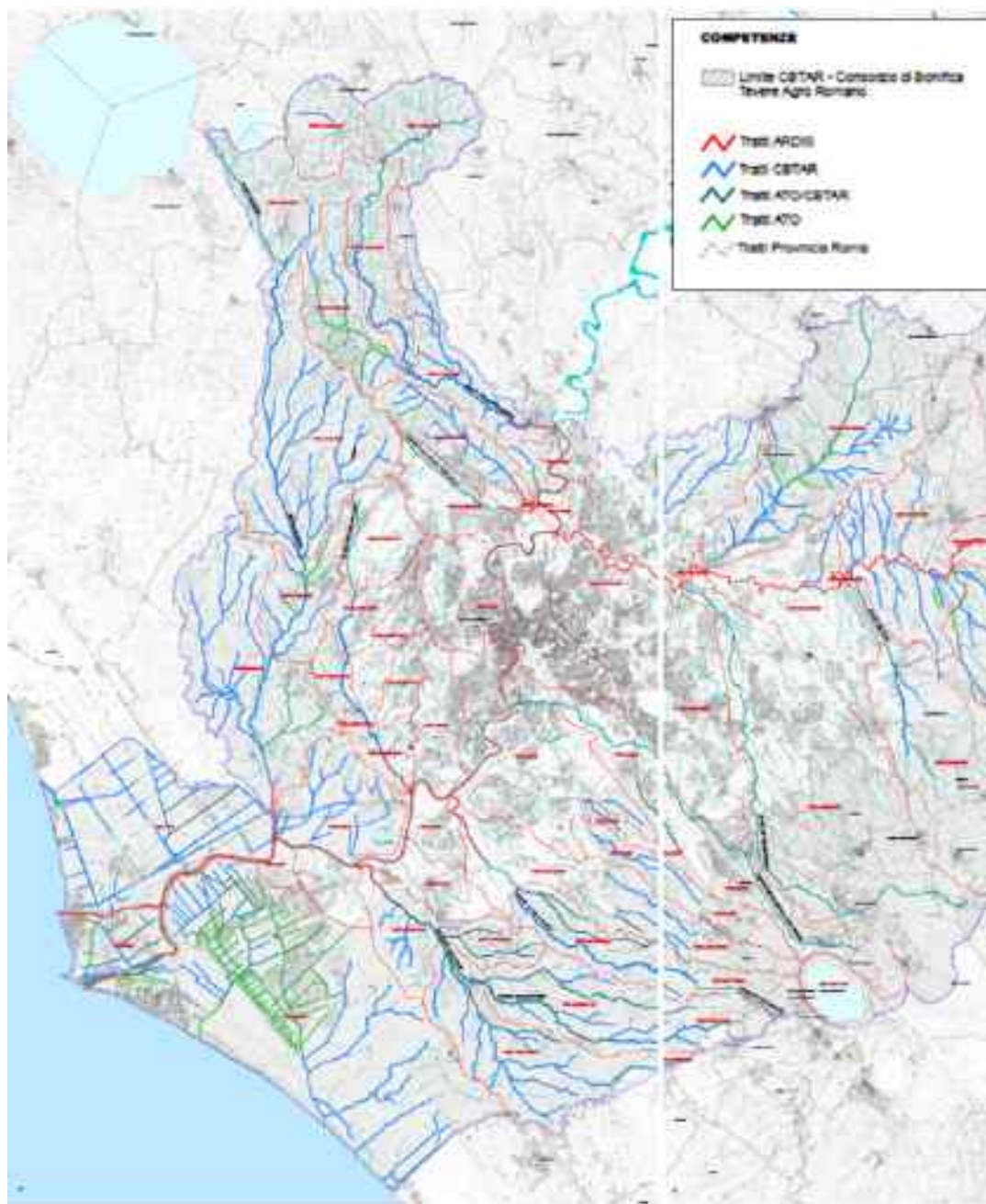


Immagine – Mappa Piano di Bacino del fiume Tevere – Quadro delle Competenze sul reticolo idrografico (2008) e legenda (Tav-A3bi-1 e 2). Fonte: Autorità di Bacino del fiume Tevere.

Il dissesto del territorio è un'altra componente del rischio idrogeologico, anch'esso legato alle diverse caratteristiche delle precipitazioni, sempre più spesso estreme tipo "bomba d'acqua", che si uniscono alla orografia geologicamente "giovane" della Capitale, caratterizzata dai pendii scoscesi come i "sette colli". Ne deriva che i ripidi versanti collinari, imbibiti dall'acqua piovana, risultano sempre più interessati da colate detritiche, smottamenti ed eventi franosi. Questi fenomeni sono spesso dovuti ad una pregressa carenza di manutenzione del territorio, soprattutto per quanto riguarda la vegetazione spontanea, che in alcuni casi può pregiudicare la stabilità anche dei versanti rocciosi.

Il censimento delle 26 frane, effettuato tramite la piattaforma regionale *Rendis*, e le segnalazioni che provengono dal territorio restituiscono, sotto questo aspetto, un quadro della fragilità della Capitale, ed anche su questo tema si ha necessità di una costante attenzione, che richiede il coinvolgimento di ingenti risorse economiche e tecniche²⁶.

Alle delicate caratteristiche naturali del territorio, si aggiunge la più che millenaria azione antropica di trasformazione della città. In particolare molte aree della Capitale sono caratterizzate da terreno di origine vulcanica, che ha consentito di utilizzare il sottosuolo, fin dall'epoca romana, per scopi diversi, quali: realizzazione di gallerie e cavità ipogee ad uso idraulico, religioso (catacombe) e, soprattutto, edilizio per "*cavare*" pozzolana e tufo. Successivamente, a seguito delle mutate esigenze della città, l'uso diverso dall'originario subito nel corso del tempo, l'abbandono, fino alla completa perdita di memoria di questa rete nascosta nel sottosuolo, ha comportato una minore conoscenza di tutto il reticolo sotterraneo. Ne è conseguito che laddove si è "*sovrapposta*" la presenza dell'antica rete di cavità ipogee e l'edificazione attuale, con le relative opere di urbanizzazione primaria, in particolare l'interferenza con la rete fognaria e idrica, ha fatto aumentare considerevolmente la probabilità di manifestazione del fenomeno delle voragini.

La Capitale, oggi, deve quindi convivere con una spiccata fragilità del suo sottosuolo che ne aumenta considerevolmente la vulnerabilità. Nei primi sei mesi del 2023, il CSIMU è dovuto intervenire in almeno dieci casi sulla viabilità principale e, talvolta, fornire assistenza per i cedimenti occorsi lungo le strade locali. Alcune aree di più municipi presentano particolari criticità connesse alla notevole estensione delle aree interessate da gallerie sotterranee, in questo caso, studi finalizzati alla raccolta dei dati hanno contribuito a restituire una mappatura del rischio delle aree più esposte della città, cui si fa fronte con gruppi di lavoro interdisciplinari, costituiti da vari enti²⁷ e dedicati a risolvere l'emergenza del sottosuolo di Roma.

26 Progetto Pilota interistituzionale Roma Capitale – ISPRA – Ordine dei Geologi del Lazio "Revisione e aggiornamento delle aree identificate da studi precedenti come soggette a fenomeni franosi (potenziali e osservati) nel settore centro occidentale della città di Roma" (2014).

27 Convenzione per lo svolgimento delle attività finalizzate alla definizione delle perimetrazioni delle aree di invasione connesse ai siti in frana nel territorio di Roma Capitale tra ISPRA ed il Dipartimento SIMU (Sviluppo Infrastrutture e Manutenzione Urbana) (2016), alla base del Fascicolo 3 del Piano di Protezione Civile di Roma Capitale

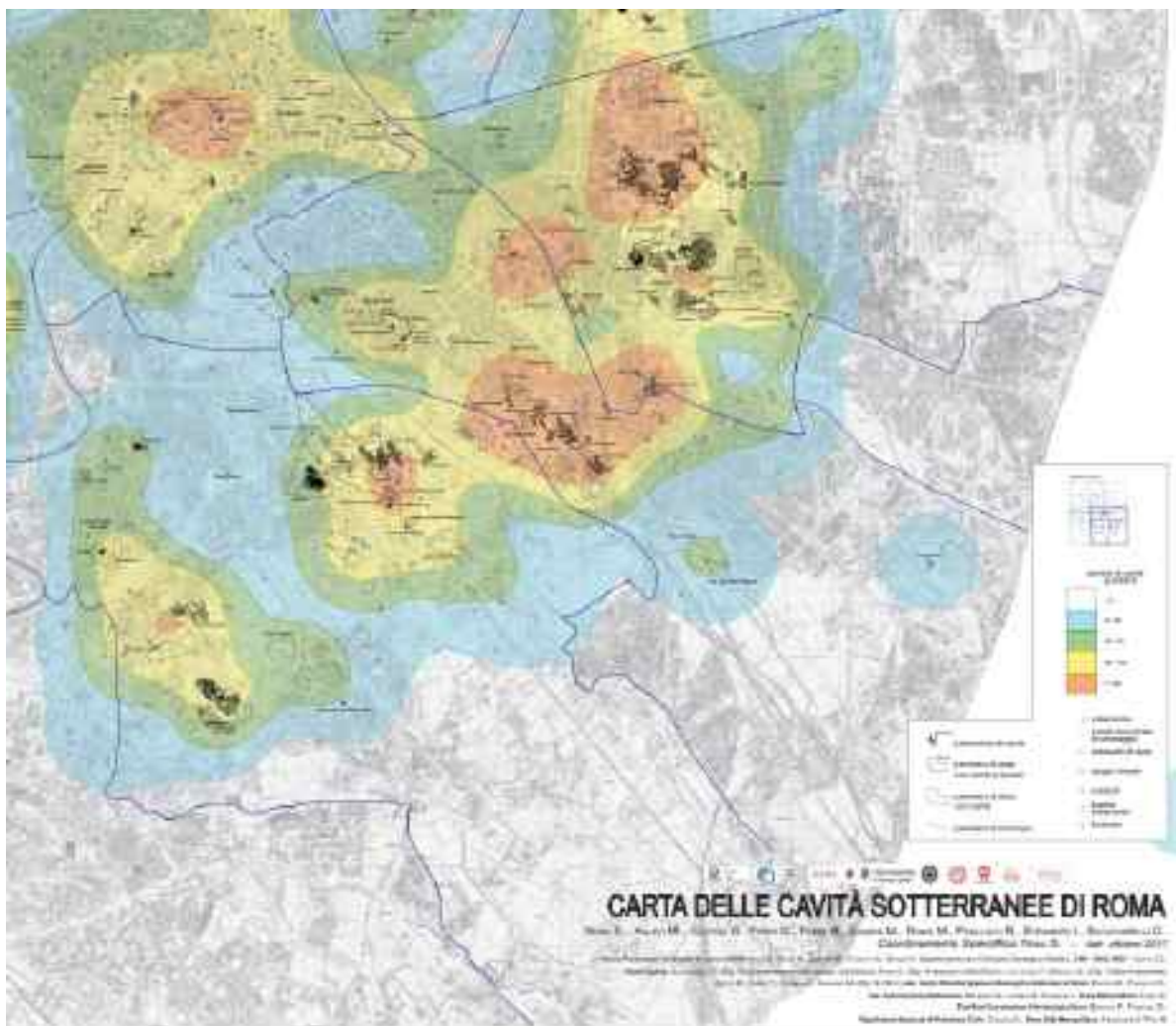


Tavola – Estratto della carta delle cavità sotterranee di Roma - IV Quadrante - ISPRA

2.1.2 Sistema geo-idrologico

Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale

Segretario Generale Marco Casini

Gruppo di lavoro: **Giovanni Michelazzo e Pietro Ciaravola (coordinamento). Paola Malvati, Paolo Traversa, Manuela Ruisi, Giuseppina Piantadosi, Francesca Banzato, Sara Taviani**



Con il contributo di

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Direttore Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia Marco Amanti

Gruppo di lavoro: **Valerio Vitale, Danilo D'Angiò, Vittorio Chiessi**



Introduzione

L'assetto idro-geologico dei bacini idrografici coinvolge una molteplicità di aspetti interconnessi che riguardano tanto le caratteristiche fisiche ed ambientali dei corsi d'acqua e dei versanti quanto l'utilizzo del territorio per le necessità di sviluppo umano. Tali relazioni variano in funzione del contesto spaziale e del momento storico in cui si collocano e sono influenzate da condizioni esterne, tra cui rientra il fenomeno, sempre più impattante, del cambiamento climatico.

Elaborare una strategia di adattamento al cambiamento climatico per la città di Roma impone di individuare le componenti ambientali e territoriali presenti e le condizioni per la reciproca compatibilità.

In questo capitolo verranno descritte le componenti dei bacini idrografici rilevanti per il contesto di Roma Capitale, quali il sistema idrografico, i versanti, i corpi idrici superficiali e sotterranei, con le relative criticità e necessità di interventi nell'ottica di fronteggiare i rischi esistenti e quelli derivanti dal cambiamento climatico.

Da questo punto di vista emblematica è la presenza del fiume Tevere che, sebbene attraversi per oltre 90 km il territorio comunale, sembra riassumere nei soli 3,5 km del centro storico l'intero corso. Un così alto valore simbolico è sicuramente legato al rapporto vitale tra la città ed il suo fiume, ad

un processo di identificazione tra il Tevere e Roma che si è conservato anche dopo la realizzazione delle opere di difesa del progetto Canevari che hanno confinato il fiume molto al di sotto del piano stradale e dello sguardo dei cittadini.

Anche i corsi d'acqua tributari del Tevere, l'Aniene ed il reticolo minore una volta ricchissimo di acque che attraversava la storica campagna romana scorre oggi – quando non è tutelato dalle aree a parco pure molto estese – all'interno delle frange delle periferie urbane.

Si ripropone ora con insistenza l'esigenza di ridefinire/ripensare il rapporto fiume/città/sicurezza idrogeologica nella prospettiva dell'adattamento al cambiamento climatico, attraverso il moltiplicarsi di idee e proposte che esprimono comunque una nuova progettualità per il Tevere (l'ambito strategico "Tevere" del nuovo PRG di Roma, i Contratto di Fiume, i progetti innovativi alla scala urbana, i progetti di navigazione, le proposte di manifestazioni ricreative e culturali sulle banchine, la riorganizzazione dei circoli sportivi sulle sponde, le piste ciclabili). L'Autorità di bacino rispetto a questo nuovo panorama che si va delineando per il Tevere in ambito urbano, ha assunto un ruolo centrale attraverso il V stralcio funzionale del Piano di bacino per il tratto metropolitano da Castel Giubileo alla foce approvato dopo un lungo processo di revisione con D.P.C.M. del 19 Giugno 2019 (Pubblicato in G.U. n.194 del 20/08/2019).

La complessità di interazione tra fenomeni idro-geologici e un territorio fortemente urbanizzato richiede di mettere a sistema tutte le competenze e le analisi conoscitive disponibili, tra le quali un importante contributo è fornito dal Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia di ISPRA che ha collaborato con Roma Capitale in materia di rischio idrogeologico attraverso la realizzazione di studi sui fenomeni franosi a seguito di varie convenzioni e progetti^{28,29}.

1 La struttura idrografica superficiale e sotterranea dell'area romana

Il bacino idrografico del Tevere nell'area metropolitana romana è compreso tra i complessi vulcanici degli Albani e dei Sabatini e tra la foce e la traversa di Castel Giubileo.

Il bacino drena i due corsi principali del Tevere e dell'Aniene che scorrono nei loro ambiti di pertinenza – i corridoi fluviali - rispettivamente da Castel Giubileo alla foce e dal Grande Raccordo Anulare fino alla confluenza con il Tevere; per corridoio fluviale si intende la zona della valle alluvionale in cui scorre il fiume, fino all'attacco con i rilievi circostanti e fino all'imbocco degli affluenti minori. In queste porzioni del bacino si verificano sostanzialmente le caratteristiche dinamiche fluviali come le inondazioni, le erosioni, le divagazioni, i fenomeni siccitosi e sempre in questi ambiti si addensano gli usi antropici come, la navigazione, la fruizione del fiume e l'occupazione delle aree golenali. Insieme al Tevere ed all'Aniene, i corsi d'acqua del reticolo minore tributari costituiscono l'ossatura idrografica dell'area metropolitana di Roma.

Si osserva come l'idrologia di Roma abbia ormai da tempo perso gran parte delle sue caratteristiche

28 Progetto Pilota interistituzionale Roma Capitale – ISPRA – Ordine dei Geologi del Lazio *"Revisione e aggiornamento delle aree identificate da studi precedenti come soggette a fenomeni franosi (potenziali e osservati) nel settore centro occidentale della città di Roma"* (2014)

29 Convenzione per lo svolgimento delle attività finalizzate alla definizione delle perimetrazioni delle aree di invasione connesse ai siti in frana nel territorio di Roma Capitale tra ISPRA ed il Dipartimento SIMU (Sviluppo Infrastrutture e Manutenzione Urbana) (2016), alla base del Fascicolo 3 del Piano di Protezione Civile di Roma Capitale (https://www.comune.roma.it/web-resources/cms/documents/Fasc3_RischioFrane_2021.pdf)

di naturalità. I grandi invasi di regolazione hanno reso la portata del fiume non più soggetta agli eventi meteorici; il reticolo che drena l'area romana è quasi totalmente artificializzato. La pesante trasformazione antropica ha indotto una massiccia urbanizzazione ed impermeabilizzazione dei suoli, ha impedito la naturale infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo ed ha determinato un aumento della velocità di scorrimento delle acque con conseguente impoverimento delle falde acquifere e modificazioni del microclima e degli habitat.

L'impoverimento e il degrado che hanno segnato in vari periodi il territorio di Roma a causa del dissesto delle sistemazioni idrauliche, delle monoculture, dell'abbandono, si manifesta oggi come eccesso di pressione antropica, frazionamento del suolo, dissesto del sistema idrografico.

Nonostante questo, la geografia del territorio romano rimane ancora caratterizzata da un certo sviluppo di corsi d'acqua a carattere torrentizio con periodi di secca nelle stagioni aride e aumenti repentini di portata, con pericolo di alluvioni nei periodi di pioggia; in alcuni tratti residuali della campagna romana, tra gli antichi resti delle mura romane e delle torri medievali, la morfologia tipica del fondovalle alluvionale permette ancora oggi il pascolo delle greggi dove l'abbondanza delle acque ha favorito la elevata biodiversità e la permanenza di attività ed insediamenti rurali legati all'acqua.

I corsi d'acqua perenni, alimentati dagli acquiferi presenti nell'area romana e nelle aree limitrofe, costituiscono l'ossatura idrografica dell'area romana e quindi del suo territorio e del suo paesaggio; questa fondamentale "infrastruttura ambientale" - come le strade per la viabilità - è in grado di sostenere la vita della fauna, della vegetazione e dell'uomo.

2 Dalle grandi alluvioni del Tevere del passato alle flash flood

La Roma moderna, cresciuta nel periodo post - unitario, si è potuta sviluppare al riparo dei frequenti fenomeni di inondazione che aveva dolorosamente conosciuto la città barocca grazie alla grande opera ingegneristica di difesa idraulica della città, i così detti "Muraglioni" del progetto Canevari del 1883, che hanno però interrotto - non solo fisicamente - il dialogo, e probabilmente la percezione, tra i cittadini ed il loro fiume.

L'ultima piena importante a Roma risale al dicembre 1937 con un'altezza idrometrica a Ripetta di 16,84 m, cui corrisponde una portata al colmo di circa 2.750 m³/s; da allora le "difese" di Roma dalle piene del suo fiume sono ancora migliorate anche per la costruzione del drizzagno di Spinaceto nel 1940 e dell'invaso di Corbara ed, infine, grazie alla grande area di naturale espansione della media valle del Tevere da Orte a Castel Giubileo tutelata grazie al Piano di bacino PS1 per le aree inondabili del Tevere a nord di Roma.

Gli interventi di sistemazione idraulica, i sempre maggiori utilizzi delle risorse idriche superficiali e sotterranee ed il trend negativo dell'afflusso medio di precipitazioni verificatosi negli ultimi anni hanno determinato una diversa condizione del deflusso delle piene ordinarie che sembrano non rappresentare più - nell'area urbana strettamente intesa - il pericolo principale connesso all'esondazione dei fiumi anche grazie ad un sistema di protezione civile nazionale, regionale e comunale in grado di preannunciare gli eventi di piena con considerevole preavviso.

L'area romana dal punto di vista idraulico è stata sempre considerata come coincidente con il bacino Tevere e con le sue piene storiche. Con l'espansione del secolo scorso che ha portato Roma da circa

250.000 abitanti, dal tempo dall'Unità di Italia, ad un hinterland di circa 4 milioni, si è prodotta una massiva interferenza dei nuovi insediamenti con il reticolo secondario costituito da piccoli bacini tributari.

Anche i piani regolatori di Roma del 1962 e del 2008 individuano aree di nuova espansione lungo i principali corsi d'acqua dell'area romana in cui il deflusso naturale è stato sconvolto da pesanti impermeabilizzazioni dei suoli, intubamenti in regime di fognature urbane, tratti di alvei occlusi da attraversamenti incontrollati con conseguente aumento dei deflussi e delle velocità. È così che gli eventi critici più frequenti sono oggi quelli prodotti dagli effetti al suolo di piogge localizzate intense ed improvvise in relazione con il cambiamento climatico ed il consumo di suolo (così dette "flash flood").

Un quadro complessivo delle criticità idrauliche è fornito dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, redatto ai sensi della direttiva comunitaria 2007/60, e ad oggi implementato al secondo ciclo ed approvato con DPCM 1° dicembre 2022, che fornisce il seguente quadro delle condizioni di pericolosità (fig. 1) e rischio idraulico (fig. 2), quest'ultimo calcolato come combinazione di pericolosità e di presenza di beni esposti.

In particolare, dal quadro conoscitivo del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni si stima che, nel territorio di Roma Capitale, siano circa 400.000 le persone ricadenti in aree soggette ad esondazioni dirette dei corsi d'acqua (circa 145.000) o indirettamente interessate da potenziali fenomeni di tipo flash flood (circa 245.000).

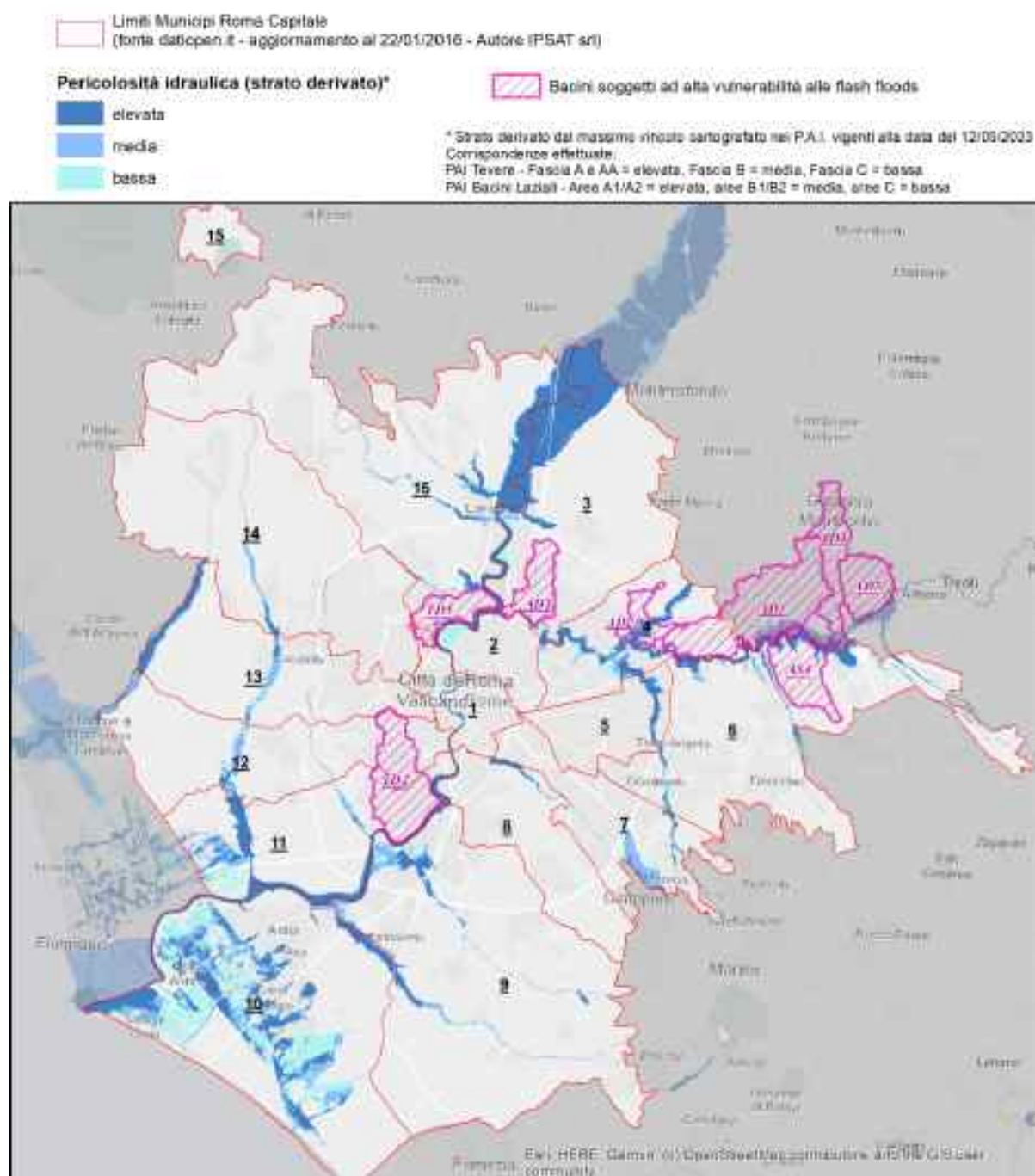


Fig. 1 - Aree allagabili dei corsi d'acqua dell'area romana ed aree vulnerabili a fenomeni flash-floods

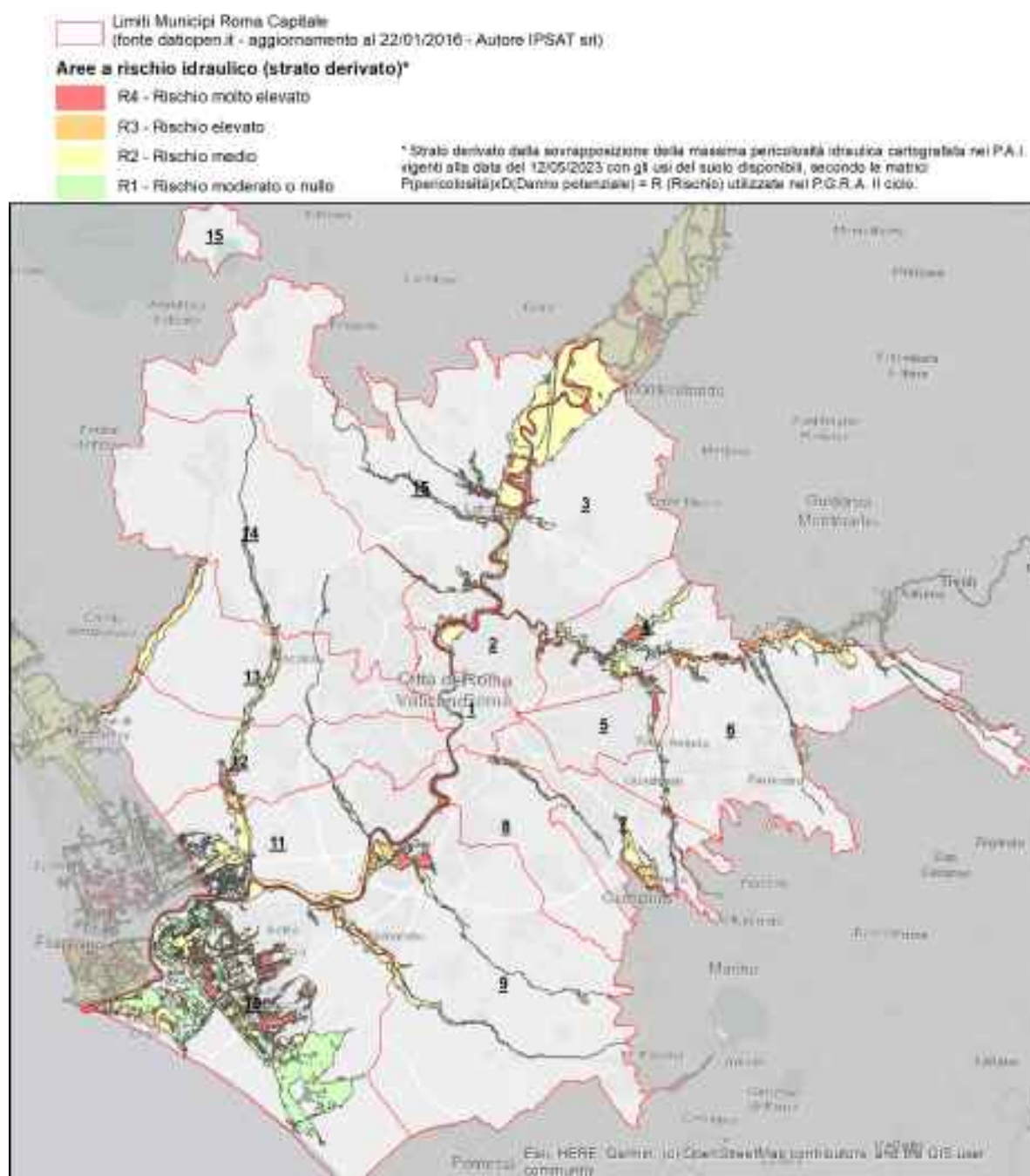


Fig. 2 - Aree a rischio idraulico dei corsi d'acqua dell'area romana

Rimandando alla documentazione di riferimento³⁰ per i dettagli, l'area romana è caratterizzata da un contesto idraulico che si articola in almeno tre componenti. In primo luogo, il sistema dell'asta principale del fiume Tevere che convoglia attraverso Roma la raccolta dei deflussi di tutto il bacino idrografico provenienti da monte: è evidente l'effetto di confinamento causato dalle protezioni e contenimenti arginali nell'attraversare il nucleo urbanizzato rispetto alle ampie fasce golenali

30 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – 2° Ciclo: <https://www.autoritadistrettoac.it/pianificazione/pianificazione-distrettuale/pgraac/pgraac2/piano-di-gestione-del-rischio-alluvioni-pgraac-ii-ciclo>

inondabili della parte a monte di Castel Giubileo che costituiscono una naturale zona di laminazione delle consistenti onde di piena.

In secondo luogo, sono presenti vari affluenti e reticoli minori che, sebbene caratterizzati da portate notevolmente più modeste rispetto a quelle del Tevere, comportano comunque condizioni di pericolosità e di rischio localmente elevate o molto elevate (ad es., corsi d'acqua Marana di Prima Porta, fiume Aniene, rio Galeria, ...).

Infine, la zona di valle verso la foce del Tevere, in particolare nel X Municipio, è caratterizzata da ampie criticità idrauliche indotte da reticoli minori e zone di bonifica in cui le difficoltà di drenaggio comportano scenari di rischio anche per eventi pluviometrici frequenti.

3 Il quadro dei versanti: la pericolosità dei fenomeni gravitativi (a cura di ISPRA)

3.1 Inventario dei fenomeni franosi di Roma Capitale

L'allora Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d'Italia, oggi Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia di ISPRA, implementa sin dagli anni '90 un progetto di recupero, validazione e classificazione di informazioni sui fenomeni di dissesto per instabilità dei versanti nel territorio di Roma Capitale (Amanti et al, 1995; 2008).

Nel 2015 viene sviluppato il sito web e il web-Gis dell'inventario dei fenomeni franosi di Roma Capitale ("Progetto frane Roma" - <http://sgi2.isprambiente.it/franeroma/default.htm>). La base dati è stata costruita rivisitando criticamente i dati degli archivi più noti, AVI - Aree Vulnerate Italiane, IFFI – Inventario Fenomeni Franosi in Italia di ISPRA e PAI – Piani di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino, integrandoli con l'analisi di altre fonti di pertinenza territoriale locale (Relazioni geologico-tecniche e resoconti di sopralluoghi del Servizio Geologico della Provincia di Roma e Roma Capitale, Schede intervento dell'Ufficio Statistica del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco, Studi di Geologia ambientale per la caratterizzazione geologico-geomorfologica delle aree protette di "RomaNatura"), oltre che fonti bibliografiche e giornalistiche.

Lo screening dei dati, operato per intersezione combinata delle informazioni relative ad un totale di circa 800 occorrenze, ha prodotto un data set di circa 400 dissesti. La serie storica dei dati comprende segnalazioni di dissesti che vanno da fine '800 ad oggi, con l'eccezione del versante più acclive del colle Capitolino, la Rupe Tarpea, per la quale esistono segnalazioni di crolli fin dal 1722.

La differente qualità e completezza delle informazioni presenti nelle fonti originarie ha suggerito di adottare una classificazione dei dati basata su una valutazione dell'affidabilità. Le tre classi di affidabilità sono state assegnate in funzione delle notizie sull'evento, della presenza su più fonti dell'evento franoso, della presenza di una data di accadimento, della corretta ubicazione sul territorio e della attribuzione certa ad una determinata tipologia di movimento (Amanti et al, 1996).

Non disponendo in molti casi dell'area, è stato scelto di rappresentare i siti interessati da dissesti storici con uno strato informativo di punti, i quali rappresentano in molti casi una localizzazione convenzionale, spesso coincidente con il centroide dell'area in frana.

Per ciascuno dei siti attualmente presenti nel database è presente una scheda monografica che contiene le informazioni ad esso relative, ivi comprese le descrizioni di eventuali ri-attivazioni, foto da

sopralluoghi effettuati o estratte dalle fonti originali.

Nella mappa di figura 3 è visibile la distribuzione dei dissesti nel territorio comunale dove si nota che la maggior parte delle frane si è verificata nel settore occidentale, in conseguenza di un diverso assetto morfologico e geologico del territorio. Le frane si distribuiscono dove maggiori sono le pendenze (e quindi maggiore è la componente della forza di gravità), ovvero sulle scarpate che si susseguono lungo la Valle del Tevere, sia in destra che in sinistra idrografica, e dei suoi affluenti. A questo si aggiunge un altro fattore importante, in quanto nel settore occidentale affiorano formazioni geologiche - quale la formazione di Monte Vaticano (Funiciello & Giordano, 2008) - che, a parità di pendenza, presentano una più elevata predisposizione al dissesto, come si vedrà nel seguito del contributo.

Nella figura 4 si riporta la distribuzione dei fenomeni franosi rispetto al tipo di movimento. A fronte di un 12% di fenomeni non determinati (n.d.), legati soprattutto alle segnalazioni più vecchie o non direttamente verificate sul terreno, si riscontra una sostanziale omogeneità nella diffusione dei fenomeni di crollo/ribaltamento, scivolamento rotazionale/traslato, dei fenomeni complessi e delle aree soggette a frane superficiali diffuse con circa il 20% per ciascuna categoria. Il resto dei fenomeni appartiene ai colamenti (9%).

In figura 5 è riportata la distribuzione dei fenomeni franosi rispetto ai termini affioranti, raggruppati o separati secondo criteri litologici. A tal scopo è stata utilizzata la carta litologica vettoriale, derivata per semplificazione (Amanti et al, 2007) dagli originali in scala 1: 10.000, realizzati per il rilevamento geologico, nell'ambito del Progetto CARG, della nuova Carta Geologica del Comune di Roma in scala 1:50.000 (Funiciello & Giordano, 2008; Funiciello et al, 2008).



Fig. 3 – Distribuzione dei dissesti nel territorio comunale.

Tipologia fra-ne	N. fra-ne	%
crollo/ribaltamento	82	21,0
complesso	79	20,2
frane sup. diffuse	77	19,7
scivolamento	69	17,6
n.d.	48	12,3
colamento	36	9,2
Totale	391	100,0

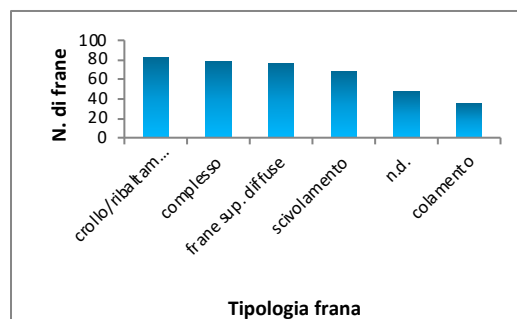


Fig. 4 – Distribuzione dei fenomeni franosi secondo il tipo di movimento.

Tipo litologico	N. fra-ne	%
Tufi incoerenti	110	28,1
Terreni preval. Sabbiosi	90	23,0
Argille plio-pleist.	46	11,8
Terreni misti o indifferenziati	34	8,7
Tufi misti	31	7,9
Terreni preval. Grossolani	29	7,4
Tufi litoidi	22	5,6
Travertini	18	4,6
Riporti e discariche	7	1,8
Lave basiche	4	1,0
Totale	391	100,0

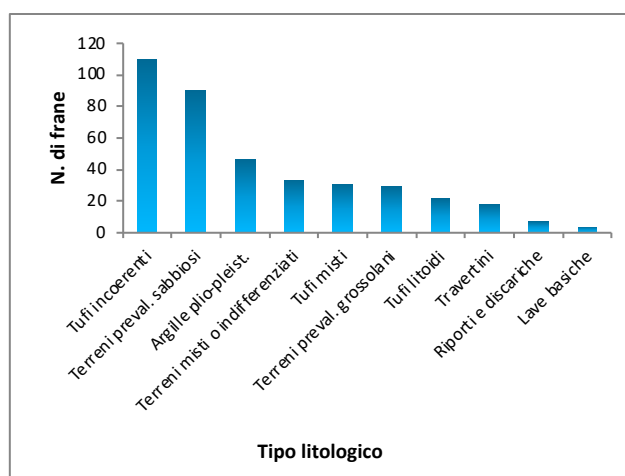


Fig. 5 – Distribuzione dei fenomeni franosi secondo il tipo litologico

La distribuzione dei fenomeni franosi sui vari terreni affioranti interessa maggiormente i Tufi incoerenti, con 110 fenomeni corrispondenti al 28% circa del totale. Seguono i Terreni continentali a granulometria prevalentemente sabbiosa, con 90 fenomeni (23%), le Argille plio-pleistoceniche, con 46 fenomeni (11%),

i Tufi misti con 31 fenomeni (7,9%), i Terreni a granulometria mista o indifferenziata con 34 fenomeni (8,7%). I rimanenti litotipi mostrano un numero di fenomeni estremamente ridotto o nullo.

Inoltre, per ottenere indicazioni sulla propensione al dissesto dei terreni affioranti, è stato ricavato per ogni tipo litologico l'indice di franosità come rapporto tra numero di frane e superficie di affioramento in km² (figura 6). Nella tabella riportata in figura 6, per ogni litotipo è mostrata la sua estensione areale in km² ed in percentuale sul territorio comunale, il numero di frane che in esso ricadono e l'indice di franosità come rapporto tra i due precedenti. Da tale tabella si evince che la formazione con la maggiore propensione al dissesto è quella delle Argille plio-pleistoceniche con un indice di 3,2 frane per km², seguita dai Travertini con 2,6 frane per km², dai Terreni a granulometria prevalentemente grossolana con 0,8 frane per km² e dai Terreni continentali a granulometria prevalentemente sabbiosa con 0,4 frane per km². Gli altri litotipi hanno indici di franosità uguali o inferiori alla media calcolata su tutto il territorio comunale (0,3 frane per km²). I Tufi incoerenti, misti e litoidi pur rappresentando il maggior numero di fenomeni in valore assoluto (163 su 391 totali), in virtù della vasta superficie di affioramento hanno un indice di franosità medio-basso, intorno a 0,3 frane per km². Per quanto riguarda l'elevato valore di indice di franosità dei Travertini, questo è correlato alla estrema variabilità nelle caratteristiche geotecniche di tale litotipo, che possono variare da termini estremamente litoidi a terreni sciolti nella distanza di pochi metri (Amanti et al, 2012).

In figura 7 è visibile la distribuzione dei dissesti per municipio dove risulta che i municipi maggiormente interessati da fenomeni franosi sono il 15° con 77 fenomeni (19,7%), segue il 14° con 75 fenomeni (19,2%), l'11° con 37 fenomeni (9,5%) ed infine il 3° ed il 13° con 36 fenomeni (9,2%). I rimanenti municipi presentano percentuali di fenomeni franosi pari o minori al 9% del totale.

Tipo litologico	Area (km ²)	Area (%)	N. frane	IF (N. frane/km ²)
Argille plio-pleist.	14,3	1,1	46	3,2
Travertini	6,9	0,5	18	2,6
Terreni preval. grossolani	35,2	2,7	29	0,8
Terreni preval. sabbiosi	211,3	16,5	90	0,4
Tufi litoidi	86,3	6,7	22	0,3
Tufi incoerenti	437,7	34,2	110	0,3
Riporti e discariche	29,7	2,3	7	0,2
Tufi misti	164,5	12,8	31	0,2
Terreni misti o indifferenziati	255,7	20,0	34	0,1
Lave basiche	39,8	3,1	4	0,1
Totale	1281,3	100,0	391,0	0,3

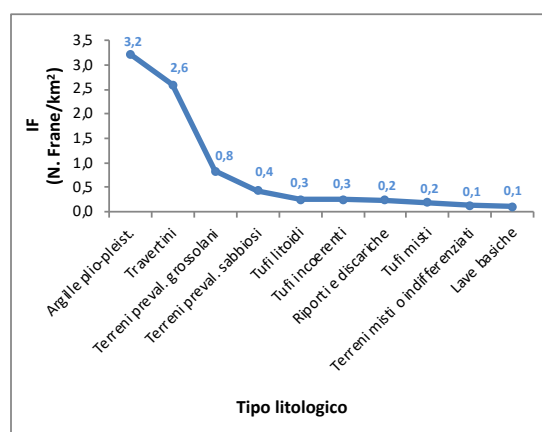


Fig. 6 – Variazione dell'indice di franosità (N. frane/ km²) per ciascun litotipo affiorante nel territorio comunale

Muni- cipio	N	%
1	31	7,9
2	18	4,6
3	36	9,2
4	6	1,5
5	2	0,5
6	7	1,8
8	10	2,6
9	21	5,4
10	3	0,8
11	37	9,5
12	32	8,2
13	36	9,2
14	75	19,2
15	77	19,7
Totale	391	100,0

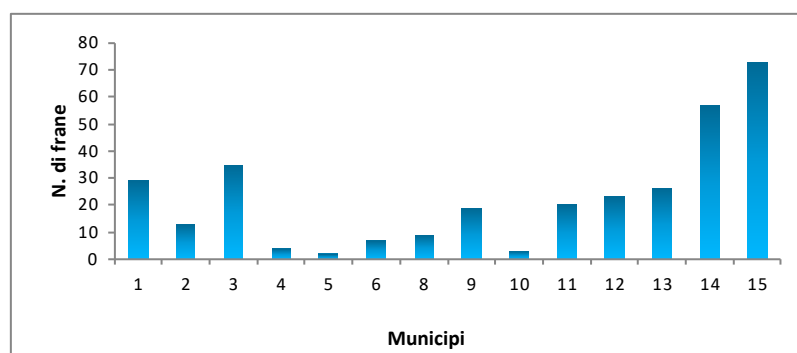


Fig. 7 – Distribuzione dei fenomeni franosi secondo il municipio di appartenenza.

3.2 Dissesti connessi all'evento meteorologico del 2014

Tra gli eventi più significativi degli ultimi anni va segnalato quello del 31 gennaio - 5 febbraio 2014; in quei giorni la media e bassa valle del Tevere è stata interessata da intensi afflussi meteorici, che sono stati la causa scatenante di numerosi fenomeni franosi e alluvionali, nonché di sprofondamenti. Tra il 31/01 e il 01/02 al pluviometro "Roma - Monte Mario" dell'Ufficio idrografico della Regione Lazio sono stati misurati 189,4 mm di pioggia cumulati in 24h, con un picco di 46 mm in un'ora. Le esondazioni sono state causate dal reticolo secondario e nella zona del delta del Tevere dai canali agricoli e di bonifica, in parte per il collasso di alcuni tratti di argine.

Secondo una stima cautelativa i fenomeni franosi risultarono essere più di 50, con almeno 20 riattivazioni di dissesti già censiti (Figura 8). Per la maggior parte si trattò di volumi contenuti, con fronti poco estesi e spessori limitati (0,5 – 2 m), costituiti da tutto lo spessore del suolo (quindi comprensivo di eventuali alberi e arbusti) e dalla parte più superficiale e alterata delle litologie affioranti con giaciture sub orizzontali (soprattutto argille, sabbie e ghiaie). I dissesti risultarono concentrati nel settore occidentale della città, in conseguenza sia della dinamica specifica dell'evento meteorico, sia, come già accennato in precedenza, per una maggiore suscettibilità di questo settore della città all'instabilità dei versanti, per ragioni sia geologiche che geomorfologiche. Molti eventi sono stati rilevati sui versanti acclivi degli antichi fronti di cava (Amanti et al., 2014), in zona Valle Aurelia, Monte Ciocchi, Trionfale, Via Gregorio VII, Magliana, per citare le principali (Figura 9).



Fig. 8 - Localizzazione degli eventi franosi del 2014.



Fig. 9 - a) Via Pietro De Cristofaro, frana sul versante orientale di Monte Ciocchi, con danni su un complesso di garage; b) Parte del versante sovrastante Via A. Labriola interessato da uno scivolamento superficiale, al margine orientale dell'intervento di sistemazione del versante; c) Via Umberto Moricca, ampio fronte di frana nel Parco Giovanni Paolo I; d) Via Olimpica, tra Cassia

e Galleria Giovanni XXIII, frana che ha interessato il muro di contenimento del versante, posto a protezione della strada, per un tratto di 50 m. (Foto: M. Amanti, 2014)

3.3 Studi di stabilità su 26 siti prioritari

Nel 2016, nel corso di un'attività congiunta tra Autorità di Bacino, ISPRA, Regione e Comune in cui sono stati individuati 26 siti prioritari, è stata stipulata la *"Convenzione per lo svolgimento delle attività finalizzate alla definizione delle perimetrazioni delle aree di invasione connesse ai siti in frana nel territorio di Roma Capitale"* tra ISPRA ed il Dipartimento SIMU (Sviluppo Infrastrutture e Manutenzione Urbana) di Roma Capitale.

Uno dei criteri principali utilizzati per identificare tra le aree soggette a frane presenti nell'inventario dei fenomeni franosi nel territorio di Roma Capitale quelle a maggiore pericolosità, è stato quello di selezionare le aree che presentavano il maggior numero di eventi noti pregressi. Nel rispetto di tale parametro, è stata comunque data priorità agli eventi che avevano comportato la perdita di vite umane e poi, in seconda battuta, a quelli che avevano causato la maggior quantità di danni materiali agli edifici, auto, infrastrutture e quant'altro riguardasse essenzialmente l'attività dell'uomo sul territorio.

Per ognuno dei 26 siti prioritari individuati (Tab. 1 e Fig. 10), le attività di ISPRA sono consistite nella produzione di una relazione monografica con l'illustrazione dei dati pregressi, i risultati dei sopralluoghi, l'identificazione delle problematiche esistenti, la valutazione della stabilità del versante e la delimitazione della perimetrazione risultante dalle elaborazioni effettuate.

N.	Località	Municipio
1	Labaro - Castel Giubileo - via Flaminia KM 12	XV
2	Villa Ada - Forte Antenne, via del Foro Italico	II
3	Villa Glori	II
4	Viale Tiziano	II
5	Via Francesco Jacovacci	II
6	Viale Bruno Buozzi	II
7	Campidoglio	I
8	Via F. Dall'Ongaro	XII
9	Via Giano Parrasio - Via di Ponziano	XII
10	Via delle Sette Chiese - Via Ostiense	VIII
11	Via U. Bassi - Viale A. Saffi	XII
12	Villa Sciarra - Via Dandolo	I
13	Via Umberto Moricca, Parco Giovanni Paolo I	XIII

14-15	M. Ciocchi - Via P. de Cristofaro -Via S. Simoni	I; XIV
16	Via A. Labriola - Via S. Tommaso d'Aquino - Piazzale Socrate	I; XIV
17	Monte Mario – Via Teulada – Via Bausan	I
18	Via Sabiniano - via A. di Pietro	XIII
19	Muratella - Casale dell'Infernaccio	XI
20	Villa Madama	I
21	Via della Maglianella - G.R.A.	XIII
22	Colle Aventino - Lungotevere Aventino	I
23	Via Ettore Stampini	XIV
24	Via Ettore Stampini	XIII
25	Via di Valle Aurelia - M. Ciocchi	XIII
26	Torrino - Montorio	IX

della Regione Lazio, ha proposto l'aggiornamento del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico – PAI. L'aggiornamento è stato concluso con la pubblicazione dell'avviso di emanazione del Decreto del Segretario Generale n. 81/2018 sul BUR Lazio n. 70 del 28 agosto 2018. Sono così state aggiornate 3 aree a rischio ed inserite 26 nuove aree, con livelli di rischio da 'molto elevato' (R4) a 'medio' (R2).

Successivamente, in seguito a un fenomeno di crollo dalla parete in via Flaminia all'altezza del civico 952 è stata inserita una ulteriore area a rischio 'molto elevato' (R4), con Decreto del Segretario Generale n. 82/2021, avviso pubblicato sul BUR Lazio n. 61 del 22 giugno 2021.

Attualmente, sul territorio del Comune di Roma sono pertanto censite 15 aree a rischio R4, 9 con rischio R3 e 6 a rischio R2.

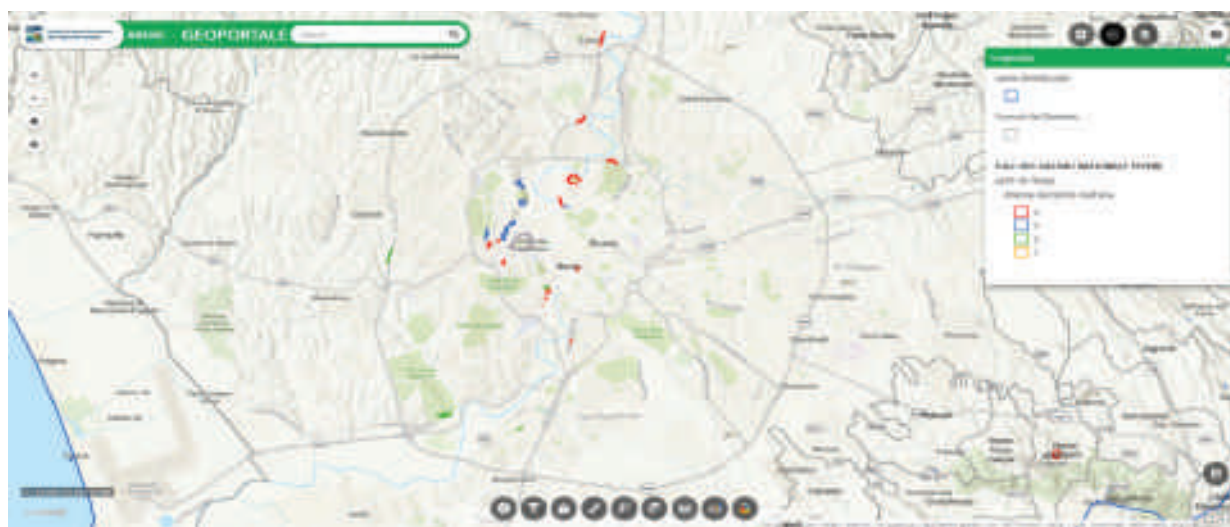


Fig. 11 – Atlante delle aree a rischio frana del PAI Tevere.

Sono inoltre stati svolti studi specifici, sempre su richiesta della Protezione Civile di Roma Capitale, in merito ai dissesti che hanno coinvolto nel 2007 Viale Tiziano ai Parioli e sulle aree storicamente in frana del versante meridionale della collina del Gianicolo (Via Ugo Bassi – Viale Aurelio Saffi – Via dall'Ongaro): quest'ultima zona è stata successivamente sottoposta a lavori di sistemazione e messa in sicurezza.

Proseguono le attività per l'organizzazione e sistematizzazione delle frane provenienti dalle varie fonti citate per completare il quadro conoscitivo sul territorio comunale.

Dal punto di vista degli interventi per fronteggiare le 26 situazioni a rischio frana, dal sistema ReNDIS (Repertorio Nazionale degli interventi per la Difesa del Suolo gestito da ISPRA per conto del Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica) è possibile ricavare una stima preliminare del fabbisogno economico complessivo nell'ordine di circa 40 milioni di €.

4 Il cambiamento climatico ed il consumo di suolo

In linea con la Strategia Europea di Adattamento al Cambiamento Climatico (SEACC), adottata dalla CE il 16 aprile 2013, il Ministero dell'Ambiente ha adottato, con decreto della DG Direzione Clima

ed Energia n. 86 del 16/06/2015, la Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNACC), in cui sono individuati i percorsi comuni da intraprendere per far fronte agli impatti previsti sulla base di indirizzi tecnico-scientifici articolati in:

- 1) *"Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità ed adattamento ai cambiamenti climatici in Italia"*
- 2) *"Analisi della normativa comunitaria e nazionale rilevante per gli impatti, la vulnerabilità e l'adattamento ai cambiamenti climatici"*
- 3) *"Elementi per una Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici"*.

Nel documento illustrativo della SNACC (2015) si riconosce che in Italia gli impatti attesi più rilevanti nei prossimi decenni saranno conseguenti all'innalzamento eccezionale delle temperature (soprattutto in estate), all'aumento della frequenza degli eventi meteorologici estremi (ondate di calore, siccità, episodi di precipitazioni intense) e alla riduzione delle precipitazioni annuali medie e dei deflussi fluviali annui. Nel novero dei "potenziali impatti attesi dei cambiamenti climatici e principali vulnerabilità per l'Italia" sono comprese possibili alterazioni del regime idrologico che potrebbero aumentare il rischio di frane, colate detritiche, crolli di roccia e alluvioni improvvise (*flash flood*).

Le *flash flood* sono piene che si sviluppano ed evolvono rapidamente, in genere per effetto dell'insorgere di precipitazioni intense su un'area relativamente ristretta. L'aspetto distintivo di tali fenomeni è la rapida concentrazione e propagazione dei deflussi idrici che, specie nei contesti montani, in cui l'abbondante disponibilità di sedimento mobilizzabile si combina con la notevole capacità di trasporto di tali deflussi, può dare origine al ben più distruttivo fenomeno delle colate detritiche (*debris flow*). La rapidità di concentrazione e propagazione dei deflussi oltre che dai meccanismi precipitativi (intensità e distribuzione spaziale delle piogge) e dalle caratteristiche topografiche del territorio (morfologia e pendenza) è fortemente influenzata dalla permeabilità dei suoli. Il quadro conoscitivo sul consumo di suolo in Italia, pubblicato nel più recente rapporto ISPRA³¹ rivela che nel 2021 il consumo di suolo ha registrato il valore più alto degli ultimi dieci anni: con una media di 19 ettari al giorno e una velocità che supera i 2 metri quadrati al secondo, il consumo di suolo sfiora i 70 km² di nuove coperture artificiali in un solo anno.

All'aumento delle superfici impermeabili nel bacino metropolitano di Roma si aggiunge il generalizzato abbandono dei territori montani che comporta il degrado dei versanti e l'abbandono delle pratiche di manutenzione del sistema delle opere idrauliche e di bonifica realizzate nel corso dei secoli; inoltre anche il permanere di utilizzi impropri delle golene destinate alla libera esondazione del corso d'acqua, può produrre sbarramenti temporanei che, se trasportati in alveo, contribuiscono alla formazione di onde di piena artificiali ed eccezionali. È per questo che la città di Roma deve essere considerata tuttora vulnerabile anche per piene di entità pari a quelle avvenute nel passato recente (anni 1870, 1900, 1915 e 1937), che hanno avuto portate al colmo comprese tra 2.750 e 3.300 m³/s.

4.1 Bacini idrografici del territorio romano vulnerabili alle flash flood

L'incremento di consumo di suolo implica aumento delle superfici artificiali e quindi terreni sempre

³¹ Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale "Dati sul consumo di suolo"
<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/suolo/il-consumo-di-suolo/i-dati-sul-consumo-di-suolo>

più impermeabili. In questo quadro, fenomeni come le *flash flood*, che dipendono dalla concentrazione dei deflussi, diventano ancora più rilevanti.

Gli studi effettuati dal Centro Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici nell'ambito del Progetto TRUST finanziato con fondi Life+ dalla Commissione Europea evidenziano che la regione euro-mediterranea sarà probabilmente colpita da un riscaldamento di pochi gradi entro la fine del XXI° secolo. In particolare, la temperatura superficiale del Mar Mediterraneo potrebbe aumentare di circa 2° C nei prossimi decenni (2041-2070), mentre a terra il riscaldamento potrebbe essere ancora più grande (localmente fino a 5 ° C e più), soprattutto durante la stagione estiva.

Inoltre, la distribuzione e i valori delle precipitazioni in Europa e nell'area del Mediterraneo potrebbero cambiare in modo sostanziale nei prossimi decenni. In particolare, le precipitazioni sembrano aumentare nel Nord Europa e diminuire nella regione mediterranea. Il possibile, anche se lieve, calo delle precipitazioni e l'aumento marcato della temperatura superficiale suggerito dalle proiezioni riguardanti il clima futuro potrebbe portare a qualche cambiamento sostanziale nel futuro ciclo idrologico. Temperature di superficie più elevate, infatti, possono portare ad una maggiore evaporazione, che in combinazione con la diminuzione delle precipitazioni potrebbero avere un impatto sulle risorse idriche e la disponibilità del distretto.

Gli scenari dei cambiamenti climatici attualmente disponibili possono determinare quindi, in particolari situazioni, incrementi idrologici più consistenti rispetto a quelli che hanno determinato le elaborazioni idrologiche ed idrauliche connesse alla mappatura della pericolosità condotta tradizionalmente sui grandi fiumi caratterizzata da portate associate a tempi di ritorno pari a 50, 200 e 500 anni.

Sebbene non vi sia ancora un orientamento generale tecnico-normativo su come tener conto degli effetti dei cambiamenti climatici sulla mappatura della pericolosità di alluvione, occorre comunque evidenziare, tra le conseguenze dei cambiamenti climatici, il fenomeno degli eventi intensi e concentrati che determinano, in corrispondenza di particolari situazioni orografiche, fenomeni meteorologici di intensità elevatissima tali da mettere in crisi il sistema idrografico soprattutto nell'ambito dei piccoli bacini che non offrono capacità di laminazione alle onde di piena.

A tal proposito, nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni è stato svolto uno studio per valutare la vulnerabilità dei sottobacini del distretto dell'Appennino centrale sulla base di parametri morfometrici (dimensione, tempo di corrivazione ed indice di impermeabilizzazione) e che drenano i principali affluenti del Tevere e dell'Aniene; l'indagine ha restituito una immagine dell'area romana, rappresentata in fig. 12, in cui alcuni sottobacini idrografici, caratterizzati da elevata artificializzazione dei suoli, tempi di corrivazione modesti e dimensioni molto contenute forniscono, al verificarsi di eventi intensi e concentrati, risposte idrologiche repentine e particolarmente pericolose. In tali contesti è necessario valutare opportune modifiche agli scenari idrologici di progetto per una rappresentazione più realistica delle condizioni di pericolosità idraulica.

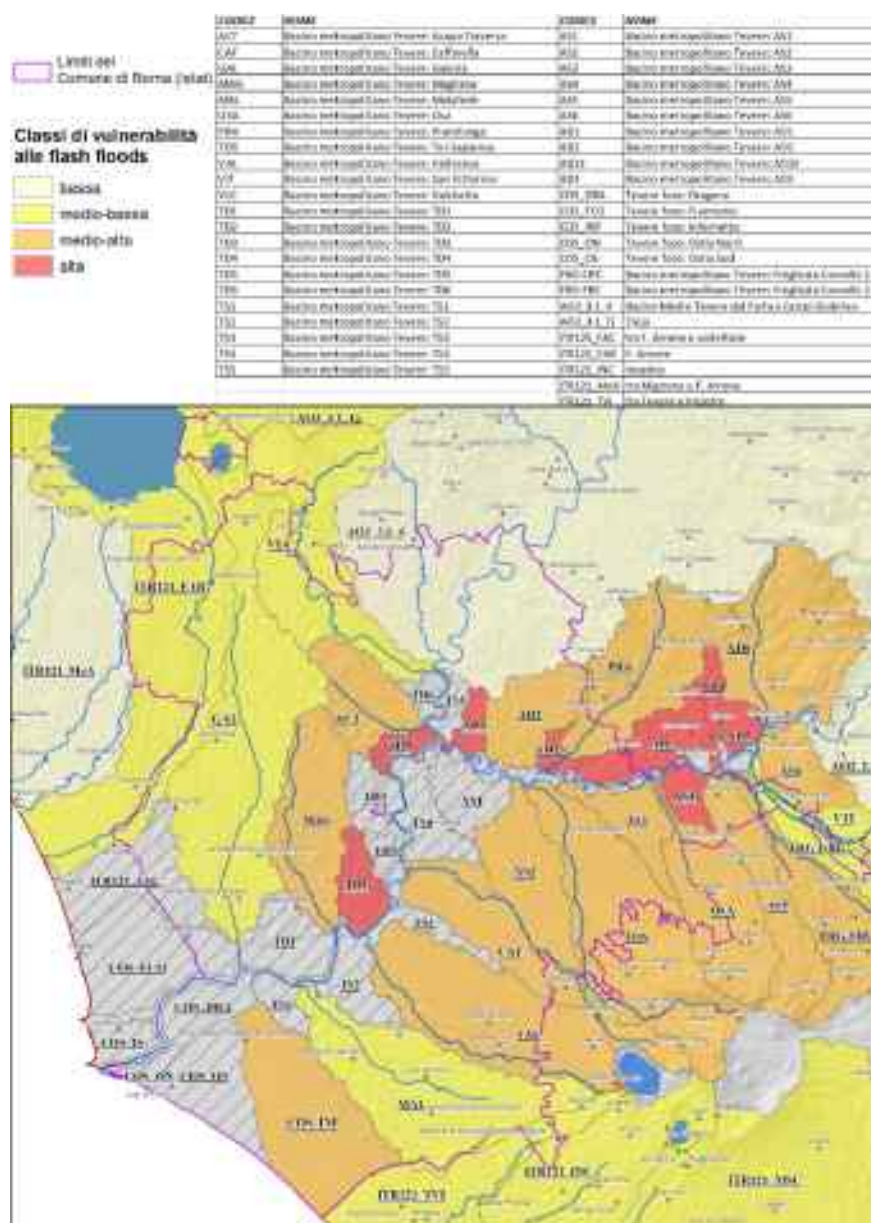


Fig. 12 - Bacini vulnerabili alle flash flood

5 Le misure della pianificazione dell'Autorità di bacino per l'adattamento al cambiamento climatico

La pianificazione dei bacini idrografici e del distretto dell'Appennino centrale rappresenta un complesso vasto costituito da conoscenze tecnico-scientifiche, da azioni pianificatorie per la regolamentazione degli usi del suolo e delle acque, da programmi di interventi manutentivi e strutturali.

Nei paragrafi seguenti sono illustrate alcune tra le misure della pianificazione di bacino più rilevanti per l'area romana quale contributo ad una strategia di adattamento al cambiamento climatico.

5.1 Le misure della pianificazione di assetto idraulico

Il PAI – Piano stralcio per l’assetto idrogeologico del bacino del Tevere rappresenta ancora oggi il principale strumento per la gestione delle trasformazioni del territorio in condizioni di sicurezza idrogeologica.

Il PAI individua le aree interessate da fenomeni di versante e da alluvioni nella doppia componente della pericolosità e del rischio, classifica i beni esposti e definisce le misure non strutturali di regolamentazione degli usi del suolo e delle buone pratiche, oltre ad un quadro generale degli interventi di messa in sicurezza. Nella componente di assetto idraulico, il PAI è affiancato dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni introdotto dalla direttiva europea 2007/60, che introduce temi ambientali e contemporanei quali l’adattamento al cambiamento climatico, il consumo di suolo, gli interventi integrati ambientali, la transizione green.

Nell’ottica della direttiva europea, la gestione del rischio di alluvioni viene conseguita mediante un approccio olistico di misure sui fronti della prevenzione, della protezione, della preparazione pre-evento e della capacità di recupero dopo eventi calamitosi. Il PAI, in particolare, agisce sugli ambiti della prevenzione, mediante la regolamentazione degli usi del territorio e la definizione delle condizioni di trasformabilità in funzione dell’assetto idraulico e geomorfologico, e della protezione, attraverso la previsione tanto di interventi strutturali per la mitigazione del rischio (es., casse di espansione, arginature, ...) quanto di misure di manutenzione del reticolo idrografico e relative opere per assicurare il buon regime delle acque e la corretta officiosità idraulica.

Per quanto riguarda le misure non strutturali, una strategia comune di pianificazione è rappresentata dalla regolamentazione degli usi del territorio per evitare di incrementare il rischio idraulico e per definire condizioni di trasformabilità compatibili con i regimi idraulici presenti. A tal scopo, si richiamano le norme tecniche di attuazione vigenti per l’area romana³², in particolare quanto dettato dal Piano Stralcio funzionale per il tratto metropolitano da Castel Giubileo alla foce PS5, la cui variante è stata approvata con DPCM del 10 Aprile 2013, e il relativo aggiornamento, approvato con DPCM del 19 giugno 2019. In quest’ultimo aggiornamento sono stati introdotti i concetti di invarianza idraulica, impermeabilizzazione e consumo di suolo, con relativi criteri di rispetto, di particolare rilevanza per i temi dell’adattamento ai cambiamenti climatici.

Richiamando gli ambiti di criticità idraulica descritti al paragrafo 2 è poi possibile enucleare strategie specifiche sulle quali intervenire per la gestione strutturale del rischio idraulico:

1. Gestione delle piene fluviali a monte di Roma
2. Mantenimento delle condizioni di officiosità idraulica ed interventi sugli affluenti
3. Miglioramento del sistema di drenaggio dei canali di acque medie-basse nelle zone di bonifica

5.1.1 Gestione delle piene fluviali a monte di Roma

Le condizioni idrologico-idrauliche di formazione e propagazione dei deflussi a monte di Roma influenzano le caratteristiche di pericolosità idraulica nella città metropolitana stessa.

Per mitigare il rischio di esondazione del fiume Tevere a Roma risulta, pertanto, importante da un lato

32 <https://www.autoritadistrettoac.it/nta>

espletare le operazioni di manutenzione per garantire il buon regime delle acque e l'efficienza delle opere idrauliche, dall'altro garantire volumi di laminazione nel tratto della media valle. Su quest'ultimo aspetto, al fine di non aggravare le condizioni di rischio idraulico, è necessario salvaguardare le naturali aree di esondazione del Tevere essenziali per la laminazione della piena.

Interventi strutturali quali casse di espansione sono poi previsti lungo il corso del Tevere e dei principali affluenti. Un quadro complessivo è rinvenibile nella programmazione delle misure del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni³³, attualmente in corso di aggiornamento anche in ottica di una programmazione triennale degli interventi alla scala distrettuale.

Tra gli interventi di particolare rilevanza rientra il *"Sistema di invasi sul fiume Paglia"*, del cui progetto di fattibilità tecnico-economica l'Autorità di Bacino è soggetto attuatore. Tale sistema è finalizzato alla protezione dei territori urbanizzati posti nelle aree a rischio del bacino e all'individuazione di fonti di approvvigionamento, prevedendo capacità di accumulo in grado di assicurare una disponibilità di risorsa in presenza dei sempre più frequenti fenomeni di crisi idrica dovuti ai cambiamenti climatici. Peraltro, per quanto riguarda gli eventi di piena, nell'esperienza degli eventi meteorici eccezionali degli ultimi anni emerge sempre più marcatamente l'esigenza di dover misurare l'affidabilità delle progettazioni nei confronti dei cambiamenti climatici in corso che denunciano ormai chiaramente la tendenza all'intensificazione di frequenza ed entità degli eventi estremi; ciò comporta la necessità di adottare opportune cautele progettuali atte a garantire la sicurezza delle strutture in progetto anche rispetto a eventi straordinari.

I possibili scenari alternativi della progettazione hanno valutato anche gli effetti di mitigazione del rischio idraulico ed i connessi riflessi economici a valle della confluenza del Paglia, cioè nella media valle del fiume Tevere fino a Roma. Ai fini della valutazione dell'incidenza che le portate al colmo del fiume Paglia hanno sul regime di piena del Tevere con le conseguenti ricadute sulla sicurezza idraulica dei territori a valle, inclusa quella della città di Roma, è stata analizzata, sotto diversi aspetti (idraulici, geologici, geotecnici, vincolistici ed ambientali), l'ipotesi di realizzazione di un invaso artificiale posto in corrispondenza del tratto medio-vallivo del Paglia, in località Torre Alfina, nel comune di Acquapendente (VT), nel territorio della Regione Lazio.

Le analisi condotte nei diversi scenari, in funzione della quota e del volume di massimo invaso dello sbarramento, per quanto attiene gli aspetti idraulici di laminazione delle piene e il conseguente beneficio di riduzione del rischio idraulico di allagamento sia del tratto vallivo del bacino del fiume Paglia sia del bacino del Medio e Basso Tevere a valle della confluenza Paglia-Tevere, hanno permesso di individuare lo scenario caratterizzato da maggiori benefici (in termini idraulici) con invaso di altezza dello sbarramento pari a 56 metri ed un volume massimo di invaso pari a 35 milioni di metri cubi: per tale soluzione la procedura di valutazione del danno applicata al medio basso corso del fiume Tevere ha consentito di stimare pari a circa il 9% la riduzione percentuale del danno medio annuo, nel caso di piene provenienti dal bacino del fiume Paglia.

Dal programma triennale degli interventi, redatto dall'Autorità di Bacino per il triennio 2024-2026, si evince un quadro preliminare dei fabbisogni composto da interventi non molto numerosi, ma impegnativi dal punto di vista degli importi stimati in quanto diffusi sul reticolo o inerenti ad importanti opere, quali:

³³ <https://www.autoritadistrettoac.it/pianificazione/pianificazione-distrettuale/pgaac/pgaac2/piano-di-gestione-del-rischio-alluvioni-pgraac-ii-ciclo/programma-delle-misure-dicembre-2021>

- Fiume Tevere tratto Orte - Castel Giubileo: Interventi strutturali per laminazione e la regolazione delle portate (31,465,000 €);
- Fiume Tevere zona Settebagni - Castel Giubileo: arginature, casse di espansione (88,000,000 €);
- Fiume Tevere area urbana: opere di mitigazione, muri in CA, panconature metalliche amovibili Ponte Flaminio (88,000,000 €);
- Fiume Tevere tratto Ponte Marconi – foce: manutenzione straordinaria del corpo arginale e di ripristino dell'officiosità idraulica dell'alveo (30,000,000 €);
- Fiume Paglia: realizzazione del sistema di gestione delle acque a scopi multipli 1° lotto funzionale (183,000,000 €);
- Fiume Paglia: realizzazione del sistema di gestione delle acque a scopi multipli 2° lotto funzionale (170,000,000 €).

A questo quadro è necessario aggiungere interventi per la manutenzione ordinaria del reticolo idraulico principale, in particolare i fiumi Tevere e Aniene, di competenza della Regione Lazio.

Esulano da questo quadro gli interventi per il miglioramento della rete di drenaggio urbano che costituiscono un tema di specifica attenzione in relazione agli eventi pluviometrici intensi con effetti di tipo pluviale.

5.1.2 Manutenzioni ed interventi sugli affluenti

Le condizioni di rischio idraulico nel contesto della città di Roma sono indotte anche dalla presenza del reticolo secondario affluente del fiume Tevere rappresentato nelle figure 1-2. Questi ambiti sono soggetti a piene caratterizzate da minori tempi di corrivazione e risposte più repentine a fenomeni meteo-intensi, come evidenziato nella mappatura di propensione alle “flash-flood” di figura 12.

La mitigazione della pericolosità degli affluenti deve esser conseguita tanto attraverso operazione di manutenzione idraulica quanto tramite interventi strutturali (es., arginature, casse di espansione, adeguamenti di sezioni ed attraversamenti, ...).

Le misure di manutenzione sono importanti per garantire l'officiosità idraulica del corso d'acqua e il mantenimento delle caratteristiche di funzionalità delle opere idrauliche. Su questo ambito, si citano due programmi straordinari di manutenzione finanziati dal Ministero dell'Ambiente e gestiti da Autorità di Bacino e Regione Lazio sui corsi d'acqua Tevere ed Aniene, Marana Prima Porta, San Vittorino, Caffarella, Tor Sapienza, Vallerano e Rio Galeria.

Per quanto riguarda gli interventi strutturali, si rimanda alle programmazioni del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni³⁴ e del Piano di bacino Stralcio per il tratto metropolitano di Roma da Castel Giubileo alla foce PS5³⁵, attualmente in corso di aggiornamento anche in ottica di una programmazione triennale degli interventi alla scala distrettuale.

In particolare, dal programma triennale degli interventi, recentemente redatto dall'Autorità di Bacino per il triennio 2024-2026, si evince un quadro preliminare dei fabbisogni composto da vari interventi sui diversi affluenti che comportano la pericolosità idraulica dell'area romana, quali:

³⁴ <https://www.autoritadistrettoac.it/pianificazione/pianificazione-distrettuale/pgaac/pgaac2/piano-di-gestione-del-rischio-alluvioni-pgraac-ii-ciclo/programma-delle-misure-dicembre-2021>

³⁵ <https://www.autoritadistrettoac.it/ps5-vigente>

- Prima Porta: manutenzione impianti idrovori comprensorio idraulico (1,000,000 €);
- Fosso di Vallerano: messa in sicurezza idraulica della zona urbana del torrino (9,454,550 €);
- Fosso di Vallerano: opere di mitigazione, arginature, sovrizzo arginale, risagomatura d'alveo, cassa di espansione (26,000,000 €);
- Fosso della Caffarella: realizzazione cassa di espansione (5,511,578 €);
- Fosso di Pratolungo: completamento lavori di ripristino dell'efficienza idraulica, manutenzione straordinaria dell'alveo e opere di accumulo e laminazione delle piene (3,257,000 €);
- Torrente Valchetta: opere varie (600,000 €);
- Fosso di Tor Bella Monaca: ripristino alveo (6,250,000 €);
- Torrente Acquatraversa: realizzazione cassa di espansione (5,350,000 €);
- Torrente Acquatraversa: interventi vari (12,640,000 €);
- Fosso Tor Sapienza: messa in sicurezza della zona urbana (11,814,797 €);
- Rio Galeria: interventi di mitigazione del rischio (7,865,000 €);
- Fosso di San Vittorino – fiume Aniene: interventi vari (10,801,055 €);
- Fosso Malafede: interventi vari (6,580,000 €).

A questo quadro è necessario aggiungere interventi per la manutenzione ordinaria del reticolo idraulico secondario e affluenti.

5.1.3 Interventi nelle zone di bonifica

Il terzo contesto rilevante per le condizioni di vulnerabilità idraulica è rappresentato dalle zone dei bacini delle acque medie e basse nell'area di Roma sud, in un territorio delimitato a ovest e nord-ovest dal fiume Tevere e dal suo ramo di Fiumara Grande, ad est dal limite del Comune di Pomezia, a nord e nord-est dal limite idrografico del fosso di Malafede e a sud dalla costa tirrenica.

In tale territorio, il drenaggio delle acque pluviali è principalmente affidato ad una rete di bonifica costituita da canali di acque alte, medie e basse che recapitano a gravità o mediante sollevamento meccanico nel mar Tirreno o nel fiume Tevere. Caratterizzato da zone topograficamente depresse e ad altissimo grado di urbanizzazione, il territorio presenta gravi criticità idrauliche, anche per eventi frequenti, dovute all'insufficienza della capacità di sollevamento degli impianti idrovori attualmente esistenti e delle sezioni dei canali di bonifica.

Per la definizione delle condizioni di pericolosità idraulica e degli interventi necessari sono stati redatti lo *"Studio per il risanamento idraulico dei bacini delle acque alte afferenti al Canale Palocco nell'area Roma Sud e individuazione degli interventi per la mitigazione del rischio idraulico dell'area oggetto di studio"* e lo *"Studio per il risanamento idraulico dei bacini delle acque medie e basse dell'area di Roma Sud e individuazione degli interventi per la mitigazione del rischio idraulico dell'area oggetto di studio"* nell'ambito di una Convenzione tra il Comune di Roma e il Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi Roma Tre.

Tali studi hanno individuato le zone particolarmente sensibili del territorio in argomento e 110 interventi necessari per mitigare il rischio idraulico secondo ben precise priorità. Rimandando alla consultazione di tali studi per il quadro dettagliato degli interventi previsti, viene qui evidenziato solamente l'intervento che risulta di assoluta priorità relativo alla cassa di espansione sul Canale Palocco ed al tratto di arginatura del Canale Palocco stesso a monte della cassa.

Il costo complessivo degli interventi stimato dallo Studio ammonta a circa 150 milioni di €, a cui vanno aggiunti gli oneri per la manutenzione delle opere e per il sistema di gestione, telerilevamento e controllo remoto.

Anche il programma triennale degli interventi, recentemente redatto dall'Autorità di Bacino per il triennio 2024-2026, riporta le azioni indicate dallo Studio, quali:

- Lavori di sistemazione idraulica canali Bagnolo e Pantano 2° lotto (18,857,662 €);
- Interventi per la mitigazione del rischio idraulico nell'area Roma Sud da quadro Consorzio Bonifica Litorale Nord - Priorità 1A, Canale Palocco fino a cassa compresa (7,830,000 €);
- Interventi per la mitigazione del rischio idraulico nell'area Roma Sud da quadro Consorzio Bonifica Litorale Nord - Priorità 1, Palocco dopo cassa, Madonnetta, Influenti C M M0, Canale Pantano, Canale Dragoncello valle Ostiense (44,764,825 €);
- Creazione di una zona umida e gestione sperimentale Collettore Generale delle Acque Basse (1,830,000 €);
- Lavori di adeguamento arginature e attraversamenti del Canale Palocco a valle della via C. Colombo (16,800,000 €);
- Realizzazione cassa di espansione madonnetta in destra idraulica del Canale Palocco e della paratoia controllo deflussi (25,000,000 €);
- Canale Bagnolo e rete canali di bonifica nel X Municipio (12,972,489 €);
- Interventi per la mitigazione del rischio idraulico nell'area Roma Sud da quadro Consorzio Bonifica Litorale Nord - Priorità 2, Influenti E ed L, Canale Dragoncello monte Ostiense, Canale Casali, Canale della Lingua, Influyente B Dragoncello (29,654,926 €).

A questo quadro è necessario aggiungere le risorse per la manutenzione ordinaria del sistema di canali, opere di bonifica e impianti, per un totale stimato nell'ordine dei 10 milioni di €.

5.2 Le misure conoscitive del Piano Gestione Rischio Alluvioni

Il Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Centrale contiene anche misure per la valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sulle alluvioni con l'obiettivo di costruire una base conoscitiva solida alla scala distrettuale su cui sia possibile basare scenari climatici futuri e che consentano di predisporre misure di adattamento.

L'Autorità di Bacino ha introdotto tre misure di prevenzione (M24) al livello distrettuale, sulla base delle indicazioni della «*Common implementation strategy for the Water Framework Directive - River basin management in a changing climate*» Guidance document 24³⁶.

- Ricerca e mappatura di "hotspots di cambiamento climatico" nelle unità di gestione Distrettuali, in relazione al trend statistico di incremento/decremento della precipitazione
- Aggiornamento del database delle piogge intense su base regionale, con particolare attenzione agli eventi concentrati
- Revisione delle metodologie e delle tecniche statistiche di regionalizzazione delle precipitazioni e delle portate

³⁶ EC - Common implementation strategy for the water framework directive (2000/60/EC)

Guidance document no. 24 "River basin management in a changing climate"

https://circabc.europa.eu/sd/a/a88369ef-df4d-43b1-8c8c-306ac7c2d6e1/Guidance%20document%20n%2024%20-%20River%20Basin%20Management%20in%20a%20Changing%20Climate_FINAL.pdf

Il consolidamento del quadro conoscitivo permetterà di identificare le caratteristiche dei pericoli climatici e degli impatti con particolare riferimento agli eventi di precipitazione estrema sulle frane meteo-indotte e sulle alluvioni che costituiranno nuove basi per la pianificazione del territorio per la compatibilità idrogeologica.

Nel Piano sono rappresentate le già citate mappe della pericolosità e del rischio di alluvione e di versante del territorio romano raggiungibili al seguente link che permette l'accesso al GeoPortale dell'Autorità di bacino: <https://webgis.abdac.it/portal/home/>

5.3 Le misure del Piano Gestione delle Acque

Il Piano di gestione del distretto idrografico, previsto all'art. 13 della direttiva 2000/60/CE e all'art. 117 del d.lgs. n. 152/2006, rappresenta lo strumento conoscitivo, strategico e programmatico finalizzato al raggiungimento degli obiettivi ambientali per i corpi idrici, superficiali e sotterranei.

Nel distretto dell'Appennino Centrale un ruolo strategico e fondamentale è svolto dagli acquiferi carbonatici che immagazzinano imponenti quantità di risorsa idrica e che, attraverso sorgenti lineari e puntuali, sostengono il flusso di base dei principali corsi d'acqua.

Nel Lazio agli acquiferi carbonatici si sommano gli importanti contributi degli acquiferi del dominio vulcanico, che, con direttrici di flusso generalmente centrifughe, alimentano, attraverso sorgenti per lo più lineari, i corsi d'acqua che scorrono lungo i versanti degli edifici vulcanici. Gli stessi acquiferi spesso alimentano direttamente gli specchi lacustri presenti nei centri di emissione.

Questi acquiferi sono intensamente sfruttati attraverso il prelievo, principalmente da pozzi, che ha portato, negli ultimi decenni, a progressivi abbassamenti dei livelli piezometrici e delle portate sorgive.

Il territorio di Roma capitale si estende in corrispondenza della chiusura del bacino idrografico del fiume Tevere all'incontro di diversi domini idrogeologici che caratterizzano l'intero distretto. In particolare, nell'area romana sono stati individuati e classificati i seguenti corpi idrici sotterranei (fig. 13):

- IT12VU001 Unità dei Colli Albani;
- IT12VU002 Unità dei Monti Sabatini;
- IT12AV004 Unità alluvionale del F. Tevere;
- IT12DET002 Unità del delta del Fiume Tevere;
- IT12LOC003 Unità terrigena della media valle del F. Tevere riva destra;
- IT12CA004 Unità delle Acque Albule.

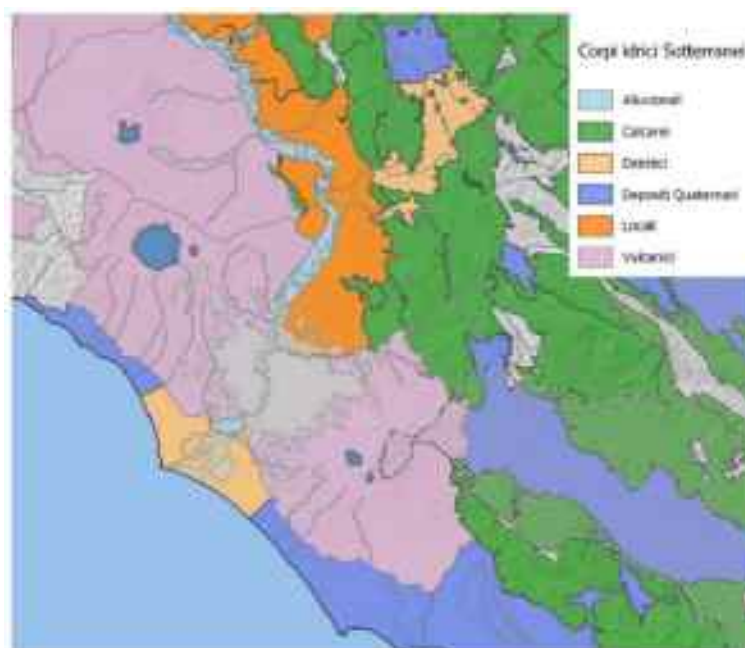


Fig. 13 - Corpi idrici sotterranei dell'area romana nel Piano di Gestione delle Acque

Il corpo idrico dell'Unità dei Monti Sabatini si trova in uno stato chimico scarso, mentre per il corpo idrico dell'Unità dei Colli Albani risulta scarso lo stato quantitativo. Allo stesso tempo il corpo idrico alluvionale del Tevere è caratterizzato da uno stato scarso sia dal punto di vista quantitativo che chimico.

Diverse sono le misure previste dal Piano per il raggiungimento degli obiettivi previsti dalla direttiva, azioni sul risparmio idrico, sull'efficientamento dei sistemi di approvvigionamento, indirizzi per la valutazione ex ante delle derivazioni idriche, etc. Si riportano in fig. 14 alcuni schemi di sintesi contenenti le principali azioni organizzate per governance di settore e per una trattazione più completa si rimanda al Programma delle Misure al seguente link: https://www.autoridadistrettoac.it/pianificazione/pianificazione-distrettuale/pgdac/pgdac3-secondo-aggiornamento-adottato-dalla-cip-del-20122021/all_cap_7_pom.zip.

Misure specifiche per l'area romana di maggior dettaglio sono contenute nel Piano stralcio per il tratto metropolitano del Tevere da Castel Giubileo alla foce (PS5) di cui verrà trattato nei paragrafi a seguire.



Fig. 14 - Schemi di sintesi contenenti le principali azioni organizzate per governance di settore del Piano di Gestione delle Acque

5.4. Le misure dell'Osservatorio permanente sugli utilizzi idrici

Al fine di gestire le problematiche legate alla ridotta disponibilità di risorse idriche e alla siccità, nell'ambito della Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNAC), il Ministero dell'ambiente, per il tramite della ex Direzione generale per la salvaguardia del territorio e delle acque – STA (ora DG SUA), ha promosso, nel luglio 2016, l'istituzione, a livello di ogni Distretto idrografico italiano e con appositi Protocolli d'intesa, degli Osservatori permanenti sugli utilizzi idrici.

Gli Osservatori, che costituiscono specifiche misure dei Piani di Gestione delle acque delle autorità di bacino distrettuali (Direttiva 2000/60/CE), rispondono all'esigenza di far sì che decisioni assunte dalle amministrazioni pubbliche preposte al governo dell'acqua si basino su di un patrimonio di dati

il più possibile esteso, affidabile e condiviso, in grado di fondare razionalmente la programmazione degli usi dell'acqua e di garantire, soprattutto in condizioni di significativa severità idrologica, il miglior equilibrio possibile tra la disponibilità di risorse reperibili ed i fabbisogni, in un contesto di sostenibilità ambientale, economica e sociale e nel pieno rispetto delle finalità di raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici.

Gli Osservatori sono strutture prettamente operative, partecipate da tutti i principali attori distrettuali, pubblici e privati (Ministeri, Autorità di bacino, Regioni, gestori dell'acqua e associazioni di categoria); al loro interno sono effettuate le analisi sui trend climatici in atto, la raccolta e la diffusione dei dati relativi alla disponibilità e all'uso della risorsa idrica nei distretti, compreso il riuso delle acque reflue, le importazioni e le esportazioni di risorsa ed i volumi eventualmente derivanti dalla desalinizzazione, e vengono formulate proposte, tecnicamente basate, per la regolamentazione dei prelievi e degli usi e per il contenimento dei consumi idrici, in funzione degli obiettivi fissati dai Piani di Gestione dei Distretti Idrografici ed in coerenza con gli indirizzi forniti dalla Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici.

Le attività degli Osservatori sono impostate in funzione dei vari scenari gestionali e di severità idrologica, secondo un criterio di proporzionalità. Nelle situazioni normali, in cui i valori degli indicatori tecnici (portate/livelli/volumi/accumuli) sono tali da prevedere la capacità di soddisfare le esigenze idriche del sistema naturale ed antropico, gli Osservatori individuano ed implementano le reti di monitoraggio e gli strumenti necessari al monitoraggio dei volumi prelevati dai diversi soggetti, predispongono gli indicatori ed i parametri di riferimento (idrologici, idraulici, agronomici, ambientali, di siccità e relativo impatto economico) rappresentativi della situazione di disponibilità idrica e di soddisfacimento dei fabbisogni del Distretto, per la costruzione di una serie storica di riferimento che consenta l'inquadramento e la classificazione degli stati di carenza idrica e siccità, e definiscono il modello proattivo di gestione delle crisi idriche.

In caso di "scenario di severità idrica bassa", o ancora di "scenario di severità idrica media", gli Osservatori assumono invece il ruolo di Cabine di regia, provvedendo alla valutazione delle misure più appropriate per la mitigazione degli impatti della carenza idrica e della siccità, sulla base degli elementi conoscitivi disponibili e proponendo l'attuazione delle stesse misure.

Infine, in caso di "scenario di severità idrica alta", allorquando, malgrado siano già state prese tutte le misure preventive, sia presente uno stato critico non ragionevolmente prevedibile, nel quale la risorsa idrica non risulti sufficiente ad evitare danni al sistema, anche irreversibili, gli Osservatori forniscono il supporto informativo/operativo al fine di contribuire alla definizione delle decisioni per la gestione dell'eventuale emergenza da parte degli organi della Protezione Civile Nazionale e delle altre Autorità competenti coinvolte.

Gli Osservatori sono operativi sui vari distretti italiani dal 2016 e tengono, con cadenza opportuna, riunioni per analizzare lo stato di fatto climatico e meteorologico dei vari territori, per monitorare l'impiego delle risorse, per predisporre gli scenari di utilizzo e per sviluppare un modello proattivo di gestione della scarsità idrica, che contiene le misure di limitazioni dei consumi, nonché le deroghe alle ordinarie modalità di gestione degli invasi, a sostegno delle attività agricole e dell'approvvigionamento ad uso potabile.

Gli eventi siccitosi e gli stati di severità idrica verificatisi nell'area di Roma capitale in questi ultimi anni hanno mostrato come la gestione dell'intero ciclo delle acque debba essere resa più efficiente

il prima possibile, attraverso investimenti nelle diverse attività, dal prelievo alla distribuzione, fino al trattamento delle acque reflue al fine di garantire la disponibilità di acqua pulita per gli usi idropotabili, agricoli e industriali.

Per far fronte ai problemi di sicurezza dell'approvvigionamento idrico è necessario passare ad a un modello di gestione dell'acqua quanto più possibile circolare incentrato sulle attività di Raccolta, Ripristino, Riuso, Recupero e Riduzione (le cosiddette 5-R del modello Circular water).

L'Osservatorio ritiene che si debba adottare una strategia operativa che preveda l'integrazione di misure di breve termine, orientate prevalentemente alla minimizzazione degli impatti, e interventi di medio-lungo termine, finalizzati all'efficientamento delle reti, al recupero delle risorse idriche disperse o inutilizzate, a un maggiore accumulo idrico e, in generale, a migliorare la resilienza dei sistemi di approvvigionamento idrici. Altrettanto importante risulta la necessità di aumentare il grado di interconnessione tra i differenti sistemi idrici e, ove tecnicamente possibile, la connessione a sistemi di approvvigionamento idrico multi-risorsa.

In particolare, le principali azioni da introdurre nell'area di Roma capitale sulla base delle indicazioni emerse dall'Osservatorio riguardano:

- il miglioramento del sistema di monitoraggio territoriale delle grandezze climatiche, idrologiche e degli usi dell'acqua al fine di poter mettere in stretta correlazione i rapporti causa effetto, chiudere il bilancio idrico e poter programmare gli interventi (conoscere il passato, monitorare il presente e anticipare il futuro);
- la promozione di comportamenti virtuosi da parte di tutti gli utenti riguardo all'uso dell'acqua;
- la manutenzione e la digitalizzazione delle reti idriche;
- l'efficientamento delle reti con eliminazione delle vecchie condotte e la gestione delle pressioni con installazione di riduttori nei punti maggiormente sollecitati;
- l'aumento della interconnessione delle reti acquedottistiche e delle fonti di approvvigionamento;
- la promozione del riutilizzo delle acque reflue (per uso agricolo) e di processo (uso industriale);
- l'individuazione delle colture in base ai dati climatici e alla disponibilità idrica locale; la promozione di un'agricoltura 4.0.

5.5 Le misure di tutela integrata ambientale per il tratto metropolitano del Tevere

Il Piano stralcio PS5 introduce per il bacino idrografico dell'area metropolitana romana misure per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione dei suoli nei corridoi ambientali, misure per l'invarianza idraulica e misure di regolamentazione degli usi del suolo per la prevenzione del rischio idraulico. In particolare, il Piano, per contribuire alla definizione di una rete di protezione ecologica alla scala metropolitana che abbia come struttura portante l'acqua, individua quattordici corridoi ambientali delimitanti le aree vallive dei principali affluenti del Tevere e dell'Aniene ricadenti nel bacino romano per una lunghezza complessiva delle aste di circa 276 km: Valchetta, Acquatraversa, Magliana, Galeria, Almone, Vallerano, Malafede, Prati di san francesco, Pratolungo, San Vittorino, Freghizia – Frechisio, Freghizia – Mole di Corcolle, Osa, Tor Sapienza.

I criteri che hanno condotto all'individuazione di queste "blue ways" sono:

- la permanenza di condizioni di naturalità
- lunghezza dell'asta principale
- estensione del bacino idrografico
- portata liquida (se perenni o semi-perenni)
- relazioni con le acque sotterranee
- collegamento tra strutture geologiche e idrogeologiche differenti
- connessione con importanti aree di interesse naturalistico
- connessione con i corridoi fluviali Tevere ed Aniene

In qualità di principali tributari dei due fiumi dell'area romana – il Tevere e l'Aniene - questi corsi d'acqua presentano la necessità di una forma prioritaria ed integrata di tutela dei caratteri di naturalità ancora presenti e di recupero di situazioni di degrado qualitativo e quantitativo. Il loro ruolo di elementi strutturanti il bacino idrografico romano è rafforzato dal fatto che buona parte di questi corsi d'acqua scorre in territori già tutelati dalla Regione Lazio mediante il sistema delle aree naturali protette; inoltre possono costituire corridoi di collegamento tra parti isolate di aree protette che presentano la necessità di essere riconfigurate in una rete ambientale.

L'Autorità di bacino ha fornito all'amministrazione competente per la gestione dei corridoi fluviali come aree naturali protette – la Regione Lazio - alcune linee guida che hanno l'obiettivo di ricostituire la continuità degli ecosistemi fluviali:

- realizzazione di una rete di micro-zone umide con il fine di garantire la biodiversità delle specie animali vegetali;
- realizzazione di interventi per la fitodepurazione;
- limitazione della portata di scarico delle acque depurate rispetto al deflusso di base;
- realizzazione di interventi per il recupero della continuità ecologica interrotta da sistemazioni idrauliche che abbiano alterato le caratteristiche del fondo e delle sponde;
- interventi volti ad aumentare la quantità di ossigeno disciolto nelle acque fluenti;
- progetti specifici di rinaturalizzazione.

Inoltre, per la tutela dei caratteri di naturalità sono stati introdotti nei corridoi fluviali i seguenti divieti:

- riempimento dei piccoli bacini naturali e la manomissione della loro vegetazione riparia ed igrofila;
- ripopolamento ittico con specie alloctone;
- la ricerca di acque sotterranee;
- realizzazione di opere che riducano la superficie permeabile;
- il taglio della vegetazione ripariale se non finalizzata a garantire il buon regime delle acque.

5.6 Le misure per la tutela ed il recupero della circolazione idrica sotterranea

L'Autorità di bacino ha acquisito negli anni una approfondita conoscenza idrogeologica di tutto il sistema vulcanico con la collaborazione del Laboratorio di Idrogeologia del Dipartimento di Geologia dell'Università degli Studi di Roma Tre. È stata così ricostruita la circolazione idrica principale nelle idro-strutture vulcaniche laziali, calcolato il bilancio idrico distribuito ed effettuata l'analisi delle pressioni e degli impatti che hanno messo in luce forti criticità legate a squilibri del bilancio idrogeologico/idrico causati da eccessivi prelievi di acqua tramite pozzi, soprattutto in particolari aree del territorio romano. Tenuto conto delle criticità rilevate e dell'urgenza di arrestare il progressivo depauperamento delle risorse idriche attraverso l'emungimento diretto tramite pozzi degli acquiferi nell'area romana, gli studi sono stati tradotti in strumenti normativi attraverso il *"Piano stralcio per il tratto metropolitano del Tevere da Castel Giubileo alla foce (PS5)"* preceduto dall'adozione di specifiche misure di salvaguardia. Le risultanze degli stessi studi affidati all'Università hanno fornito anche un fondamentale riferimento per la redazione della Cartografia idrogeologica del Comune di Roma.

Si è così arrivati all'individuazione delle aree a regime idraulico alterato (aree critiche e di attenzione, aree a rischio di intrusione salina ed aree di salvaguardia della tenuta di Castel Porziano) ed alla elaborazione di criteri per la gestione della risorsa.

Per tali aree la normativa di Piano prevede la sospensione del rilascio di nuove concessioni in attesa della adozione di specifici provvedimenti in termini di revisione del regime delle concessioni ai sensi dell'art. 95 c. 5 del D.lgs. 3 aprile 2006 n. 152. La revisione, conseguente al censimento delle utilizzazioni, a partire proprio dalle aree critiche, avrebbe dovuto portare al superamento dei vincoli rendendo così disponibile la risorsa per tutti. Purtroppo, il censimento delle utilizzazioni è rimasto inattuato e con esso anche le prescrizioni/vincoli.

Le norme tecniche di attuazione hanno previsto inoltre l'individuazione, per ogni bacino idrogeologico, di valori guida per gli usi irrigui, sulla base delle vocazioni colturali e del contesto meteoroclimatico. Tali indicazioni hanno trovato riscontro nel rilascio delle concessioni di derivazione di acqua pubblica permettendo una maggiore attenzione nel dimensionamento e nelle modalità di utilizzo degli impianti irrigui favorendo un risparmio idrico. A tal proposito si evidenzia una necessaria convergenza istituzionale al fine di dare corretta attuazione all'individuazione dei quantitativi di riferimento nelle convenzioni urbanistiche per le aree destinate a verde pubblico, con il fine di orientarsi su assetti vegetazionali meno idro-esigenti.

Importanti disposizioni normative dirette alla Regione riguardano le relazioni con il Piano di Tutela delle Acque per quanto concerne la preventiva valutazione del fabbisogno idrico per consumo umano dei nuovi insediamenti previsti negli strumenti urbanistici comunali nonché la limitazione della parte di terreno impermeabilizzato nei nuovi insediamenti previsti negli strumenti urbanistici comunali, nei progetti delle opere di urbanizzazione primaria e secondaria e nei progetti relativi ad interventi sul patrimonio edilizio esistente.

5.7 Nuove prospettive dai Contratti di Fiume

Ulteriore strumento per una programmazione strategica e sinergica degli obiettivi di pianificazione è rappresentato dal Contratto di Fiume, ossia un accordo, ascrivibile alla programmazione strategica negoziata, tra soggetti responsabili nella gestione e nell'uso delle acque, nella pianificazione del

territorio e nella tutela dell'ambiente. È definito come *"strumento volontario di programmazione strategica e negoziata che persegue la tutela, la corretta gestione delle risorse idriche e la valorizzazione dei territori fluviali unitamente alla salvaguardia dal rischio idraulico, contribuendo allo sviluppo locale"* che contribuisce a raggiungere gli obiettivi delle Direttive Europee sulle Acque e sulle Alluvioni supportando e promuovendo politiche e iniziative volte a consolidare comunità fluviali resilienti, riparando e mitigando le pressioni dovute all'urbanizzazione sregolata.

Come strumenti di programmazione negoziata, formalmente sottoscritti in un Accordo Quadro, i Contratti di Fiume sperimentano il processo della co-pianificazione, della condivisione degli obiettivi e dei percorsi operativi nel quadro generale della pianificazione di bacino. Se il Piano di Bacino fissa obiettivi strategici, non negoziabili, di lunga durata, il contratto di fiume si caratterizza per l'impegno concreto alla realizzazione degli obiettivi. Resta però un approccio comune: il superamento delle settorializzazioni disciplinari, organizzative ed amministrative che caratterizzano la difesa del suolo e la pianificazione del territorio.

Per il rilancio della programmazione integrata nei territori fluviali dell'area metropolitana di Roma sono stati sottoscritti tre contratti di fiume:

- Tevere da Castel Giubileo alla foce³⁷
- Aniene³⁸
- Almone.

³⁷ <https://www.cittametropolitanaroma.it/homepage/aree-tematiche/ambiente/aree-protette-tutela-della-flora-della-bio-diversita/contratto-di-fiume-tevere-nellasta-fluviale-che-va-da-castel-giubileo-alla-foce-che-attraversa-i-comuni-di-roma-e-fiumi-cino-e-fa-parte-del-sottobacino-idrografico-ps5/>

³⁸ <https://contrattodifiumeaniene.wordpress.com/>

2.1.3 Le acque sotterranee di Roma

Francesco La Vigna e Rossella Maria Gafà



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

L'approvvigionamento dell'acqua della città di Roma deriva principalmente da sorgenti situate a diversi chilometri dal centro città, in zone appenniniche o vulcaniche. Tuttavia, nel sottosuolo del vasto centro urbano sono immagazzinate risorse idriche significative. Tali risorse sono contenute in veri e propri serbatoi sotterranei naturali, gli acquiferi, che nell'area romana possono essere di natura vulcanica e alluvionale, in alcuni casi anche sovrapposti, che creano una circolazione idrica sotterranea piuttosto articolata come di seguito descritta e riadattata da Mazza et al. (2015) e La Vigna et al. (2016a).

L'assetto idrogeologico e lo schema di circolazione delle acque sotterranee di Roma sono condizionati dalla presenza di un articolato substrato a bassa permeabilità presente in tutto il territorio comunale (*aquiclude*), dall'assetto geologico con i conseguenti rapporti di scambio idrico tra cinque diverse Unità Idrogeologiche e dalla presenza di due corsi d'acqua perenni (Capelli et al. 2008). Le depressioni e le elevazioni strutturali dell'aquiclude basale, unitamente alle differenti permeabilità che caratterizzano alcuni principali complessi idrogeologici, determinano i limiti tra i grandi acquiferi e le principali linee di flusso idrico sotterraneo in essi presenti.

Nel territorio di Roma Capitale si incontrano domini geologici diversi che danno luogo alle seguenti cinque Unità Idrogeologiche (Figura 1):

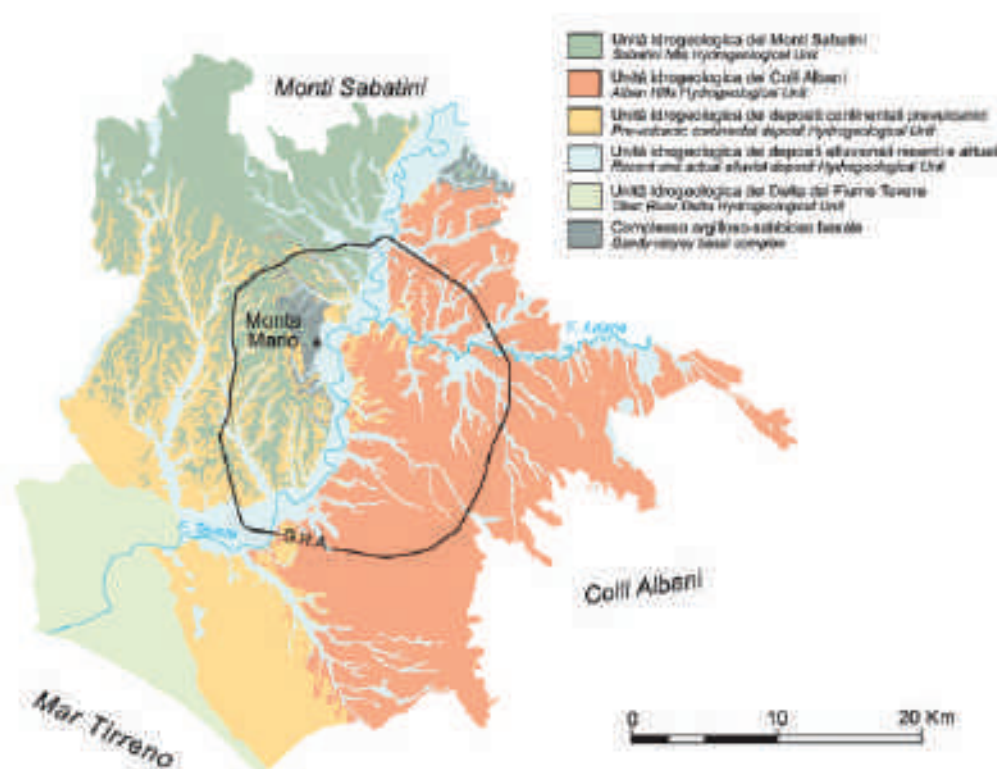


FIGURA 1 - UNITÀ IDROGEOLOGICHE DELL'AREA ROMANA

- Unità Idrogeologica dei Monti Sabatini

Le acque sotterranee presenti nell'Unità Idrogeologica dei Monti Sabatini fluiscono verso la valle del Tevere, e costituiscono un'interessante risorsa a livello di piccoli usi locali, sebbene soprattutto nella parte più prossima al centro abitato la stessa non è molto consistente, sia per effetto del modesto spessore dei suoi diversi e sovrapposti depositi acquiferi, sia per via della loro discontinuità. Nei settori più periferici dei Municipi XIV e XV, invece, lo spessore delle vulcaniti sabatine aumenta e di conseguenza gli stessi depositi assumono maggiore importanza idrogeologica con la presenza di falde anche di discreta importanza.

- Unità Idrogeologica dei Colli Albani

In questo settore, essendo l'*aquiclude* basale mediamente molto depresso come quota (circa -200/-100 m.s.l.m.), gli acquiferi risultano caratterizzati da elevato spessore e drenano verso i Fiumi Tevere e Aniene e verso il Fosso di Malafede, senza trovare particolari ostacoli alla circolazione idrica sotterranea. Sono state individuate in questo settore almeno tre distinte circolazioni idriche sotterranee. Nel territorio comunale i corsi d'acqua perenni alimentati dalle falde acquifere dei Colli Albani sono numerosi e di portata sostenuta. Tra i principali vanno ricordati i Fossi di: Malafede, Vallerano, Acqua Acetosa, Cecchignola, Vigna Murata, Tor Carbone, Almone, Acqua Mariana, Caffarella (tributari di sinistra del Tevere), Giardino, Centocelle, Tor Sapienza, Osa (tributari dell'Aniene). Oltre al drenaggio nei corsi d'acqua sopra riportati, l'Unità Albana sostiene sia parte del deflusso di base dei Fiumi Tevere e Aniene con portate medie annue nell'ordine di qualche migliaio di litri al secondo, sia

la Sorgente di Salone, ubicata nel Municipio VI captata da ACEA ATO2 per scopi civili.

- Unità Idrogeologica dei depositi continentali pre-vulcanici

L'Unità Idrogeologica dei depositi continentali pre-vulcanici comprende sia i depositi fluvio-deltizi della successione di Ponte Galeria, sia i depositi fluvio-palustri presenti nel settore centro orientale del territorio romano, costituiti dalle Formazioni di Santa Cecilia e del Fosso della Crescenza che appunto erano presenti prima dell'avvento del vulcanismo in questa zona. Queste unità idrogeologiche sostengono le circolazioni perenni del Rio Galeria e del Fosso della Magliana. Nella porzione più meridionale gli acquiferi sono interessati da un forte disturbo antropico, sia a causa della imponente attività estrattiva che negli ultimi decenni ha "consumato" gran parte dei corpi acquiferi ghiaioso-sabbiosi (La Vigna et al. 2016b), sia a causa della prevalente destinazione industriale cui è stato vocato questo settore di territorio e che ha inevitabilmente intaccato le matrici ambientali locali. Le altre formazioni che compongono questa unità idrogeologica, e che sono presenti nei settori più a Est, costituiscono forse la più importante e produttiva circolazione sotterranea della città (La Vigna et al. 2008). L'acquifero presente all'interno del Complesso della Formazione del Fosso della Crescenza e nei livelli ghiaiosi del Complesso della Formazione di Santa Cecilia, infatti si sviluppa su grandi spessori e con grande continuità in corrispondenza della depressione tettonica con direzione appenninica nota come "Graben del Paleotevere".

- Unità Idrogeologica dei depositi alluvionali recenti e attuali

In questa unità idrogeologica sono compresi tutti i corpi alluvionali presenti in città, sia quelli dei corsi d'acqua minori che quelli dei corsi d'acqua principali Tevere e Aniene. Nell'ambito di questi corpi alluvionali le circolazioni idriche sono quasi sempre in connessione idraulica con i corsi d'acqua presenti anche se talvolta il naturale scambio falda-fiume è stato alterato per via del collettamento degli stessi. Nei corsi d'acqua principali, dove le valli alluvionali presentano uno spessore notevole (anche di 80 metri nell'incisione principale del Tevere), alla base della successione è presente un importante livello ghiaioso piuttosto continuo e con spessori da 5 a 10 metri, che nel settore di centro città si trova quasi sempre isolato idraulicamente al tetto dalle argille plioceniche costituenti l'*aquiclude* al letto e lateralmente (La Vigna et al. 2013, La Vigna e Di Salvo 2013, Di Salvo et al. 2012). Esso ospita un'importante falda in pressione, caratterizzata da una notevole produttività.

- Unità Idrogeologica del Delta del Fiume Tevere

Questa unità idrogeologica costituisce il maggiore sistema deltizio della costa tirrenica italiana con un'area emersa di 150 km², che si estende da Palo a Nord, fino a Tor Paterno a Sud, ma che raggiunge uno sviluppo areale prossimo ai 500 km² se viene considerata anche la sua parte sommersa. Lo spessore massimo del corpo sedimentario nel settore emerso è di circa 80 metri. Nel territorio di Roma Capitale ricade la porzione meridionale dell'unità idrogeologica, dove è presente un acquifero costituito da sedimenti prevalentemente sabbiosi, che ospita una falda di acqua dolce con locali situazioni di salinizzazione (Capelli et al. 2007, Manca et al. 2014).

Tali unità idrogeologiche sono limitate inferiormente dal citato *aquiclude* basale caratterizzato da bassissimi valori di permeabilità, la cui superficie di tetto è stata ricostruita sulla base di centinaia di dati di sondaggio e di numerose pubblicazioni scientifiche sull'argomento. Le formazioni geologiche costituenti tale complesso sono quella di Monte Vaticano, il membro argilloso di Farneto della Formazione di Monte Mario e la Formazione di Monte delle Picche.

La ricostruzione del substrato a bassa permeabilità mette in luce una geometria del tetto del complesso argilloso fortemente articolata, che, a sua volta, influenza fortemente la circolazione delle acque sotterranee all'interno dei molteplici acquiferi presenti nelle cinque idrostrutture menzionate precedentemente. Tale circolazione si presenta, quindi, complessa anche in funzione delle differenti caratteristiche geometriche, di permeabilità e dei reciproci rapporti idrici delle stesse Unità Idrogeologiche, con la tendenza a raccordarsi alle quote dei livelli di base fondamentali, costituiti dai Fiumi Tevere e Aniene e dal mare.

In sintesi, il modello concettuale di circolazione dell'area romana prevede un'alimentazione di differenti falde acquifere sovrapposte (che diventano almeno 3 nel settore Albano) che, dalle zone più periferiche e ad elevazione maggiore del territorio, fluiscono verso il recapito finale dei Fiumi Tevere e Aniene ed il mare. È, infatti, evidente dall'assetto piezometrico, come da un punto di vista generale la circolazione sotterranea segua le medesime linee di flusso della circolazione superficiale, rappresentando di conseguenza una corrispondenza piuttosto fedele tra bacini idrografici e bacini idrogeologici. Si nota, inoltre, come le circolazioni sovrapposte tendano a raccordarsi tra loro con il diminuire della quota, restituendo, almeno nel settore albano una differenziazione di falde più evidente nei settori topograficamente più elevati.

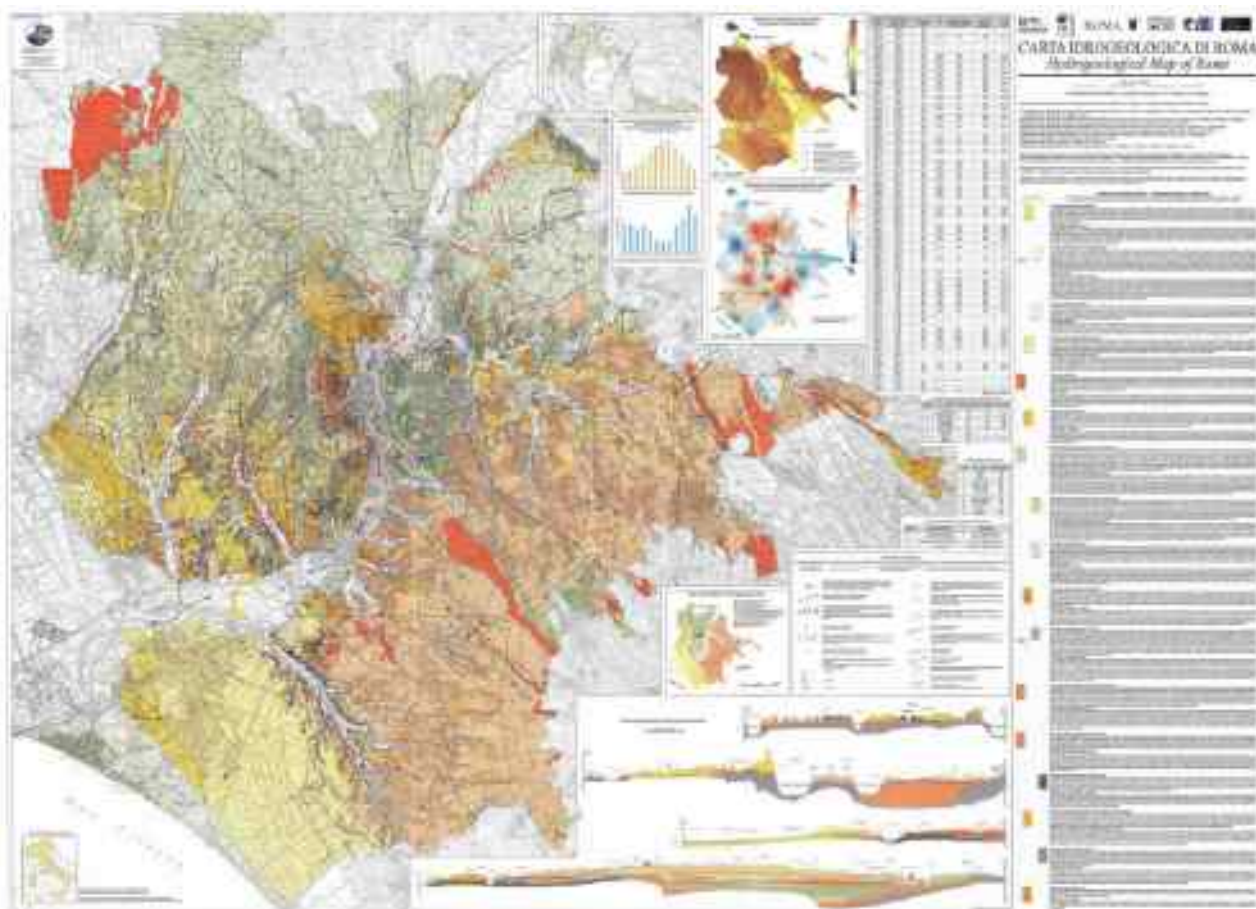


FIGURA 2 - CARTA IDROGEOLOGICA DI ROMA ALLA SCALA 1:50.000

Queste informazioni e sintesi conoscitive sono state messe insieme nel 2015, nell'ambito della realizzazione della nuova Carta Idrogeologica di Roma in scala 1: 50.000 (La Vigna & Mazza, 2015) (Figura 2), che costituisce il più aggiornato e condiviso scenario delle caratteristiche idrogeologiche del territorio cittadino (La Vigna et al. 2016c). Tale cartografia è stata recentemente adottata in forma integrale tra gli elaborati piano del PRG vigente (Delibera di Giunta Capitolina n. 184/2020). Nell'ambito di questa attività è stata sviluppata la rete di monitoraggio delle acque sotterranee cittadina che oggi comprende più di 200 pozzi e piezometri sia di proprietà dell'amministrazione comunale, realizzati nel corso del tempo, sia di proprietà di aziende municipalizzate. Tali punti di monitoraggio consentono di accedere alla falda acquifera in più punti della città e, in particolare, nei diversi acquiferi che caratterizzano il suo sottosuolo (Figura 3).

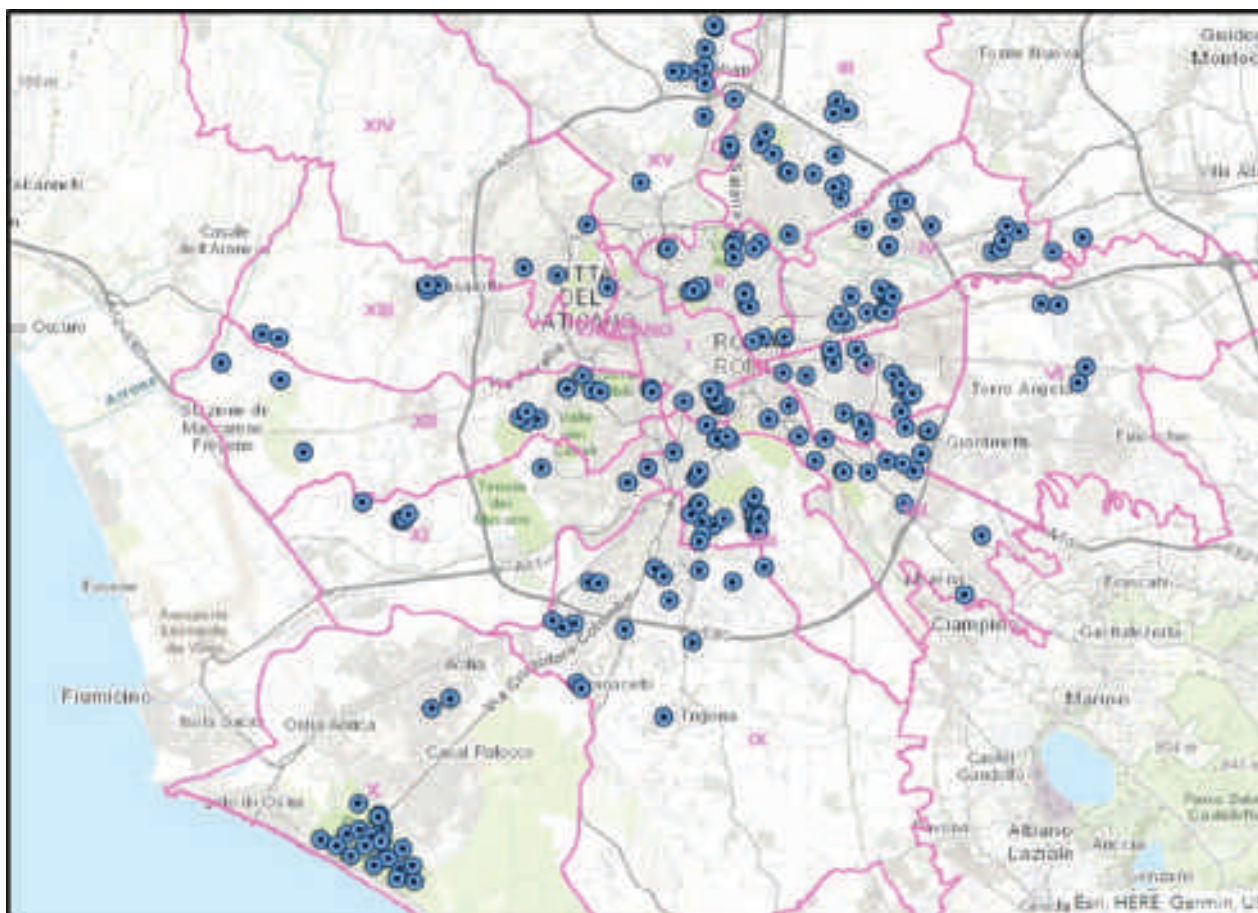


FIGURA 3 - RETE DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE DI ROMA CAPITALE

Il monitoraggio delle acque sotterranee è particolarmente importante per svariati motivi. La città è sede di numerose infrastrutture che spesso interessano il sottosuolo, per cui è importante apprendere il maggior numero di informazioni e il più possibile aggiornate circa le acque di falda, le relative oscillazioni e la loro qualità. Sebbene a Roma le acque ad uso civile giungono tramite acquedotti da sorgenti situate fuori dal centro cittadino, le risorse idriche sotterranee locali sono comunque utilizzate e possono esserlo ulteriormente per scopi diversi, dall'industriale all'irriguo.

In quest'ottica, gli acquiferi locali possono assumere significato strategico ad esempio:

- per azioni finalizzate alla mitigazione delle isole di calore urbane nel periodo estivo, utilizzando le acque sotterranee per l'irrigazione degli spazi verdi, consentendo così agli stessi di mantenersi in vita e fornire il loro effetto di mitigazione del calore;
- per azioni finalizzate a sfruttare la presenza di questi serbatoi sotterranei favorendo la naturale infiltrazione delle acque meteoriche in eccesso verso le falde acquifere locali alleggerendo le reti di drenaggio artificiali e ricaricando le falde acquifere (Lentini et al. 2022).

Il monitoraggio di queste risorse, quindi, è un prezioso strumento di conoscenza.

Ispra – Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia e il Dipartimento di Tutela Ambientale di Roma



Capitale collaborano per l'esecuzione e la sistematizzazione del monitoraggio delle acque sotterranee cittadine sulla base di una convenzione di ricerca.

Gli oltre 200 pozzi presenti nel territorio di Roma Capitale vengono misurati manualmente, due volte l'anno, nei periodi di magra e di morbida, eccezion fatta per alcune stazioni dove sono in corso di installazione delle sonde automatiche in continuo. Per facilitare la raccolta, archiviazione gestione e visualizzazione dei dati rilevati, è stato sviluppato un sistema che permette di registrare le informazioni rilevate, in tempo reale, su un webgis, attraverso l'uso di tablet o smartphone utilizzati direttamente sul campo.

L'interfaccia web-gis consente di raggiungere sia le informazioni generali sia i dati misurati delle oltre 200 stazioni di misura. Con soli pochi passaggi è possibile ottenere, anche in forma grafica, l'andamento nel tempo dei principali parametri idrogeologici misurati.

I parametri rilevati sono il livello piezometrico, ovvero la distanza tra la superficie del terreno e la falda acquifera, e i parametri chimico fisici principali, quali la conducibilità, ovvero la concentrazione di sali disciolti in acqua, il pH e la temperatura. Tali parametri restituiscono importanti indicazioni sulla circolazione delle acque.

2.2.1 La biodiversità del territorio di Roma: specie, habitat, ecosistemi, ecologia vegetale

Carlo Blasi (responsabile), **Giulia Capotorti**, **Eva Del Vico**, **Duilio Iamónico**, **Sandro Bonacquisti**, **Laura Zavattero**

CENTRO DI RICERCA INTERUNIVERSITARIO
BIODIVERSITÀ, SERVIZI ECOSISTEMICI
E SOSTENIBILITÀ



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Introduzione e obiettivi

Il Green Deal europeo pone al centro del prossimo futuro il ritorno della natura nella nostra vita come soluzione sistemica capace di favorire la mitigazione e l'adattamento al cambiamento climatico e il miglioramento della qualità della vita e del benessere con particolare riferimento ai cittadini.

Le strategie europea e nazionale per la biodiversità 2020-2030 pongono particolare attenzione alla tutela della biodiversità. La stessa Strategia europea nel periodo 2010-2020 aveva posto la centralità nella tutela del capitale naturale e dei servizi ecosistemici. Attualmente si ha quindi un forte richiamo alla biodiversità come elemento basilare per garantire la piena funzionalità degli ecosistemi e quindi garantire, direttamente e indirettamente, la tutela del capitale naturale.

Particolarmente interessante è stato il processo di avvicinamento tra gli obiettivi della strategia per la biodiversità e della strategia 'from farm to fork' finalizzata alla sostenibilità dell'attività agricola. Sono molti i punti in comune: in prima istanza la lotta al cambiamento climatico, ma anche la tutela della biodiversità con particolare riferimento ai sistemi urbani e al sistema agricolo intensivo. In ambedue i casi viene ribadita l'esigenza non solo di tutelare, ma di avviare percorsi di recupero e ripristino ambientale secondo la vision della *restoration ecology*.

I sistemi urbani sono quindi al centro dell'attenzione globale e locale sia in termini di adattamento al cambiamento climatico che alla progressiva trasformazione dei sistemi degradati al fine di garantire la presenza di specie, habitat ed ecosistemi naturali.

Nel caso specifico la città di Roma è senza dubbio uno dei sistemi urbani che meglio può definire modelli di pianificazione e progettazione efficaci e diversificati dato che interessa una superficie molto estesa all'interno della quale si combinano con continuità varie tipologie di città con vari aspetti del sistema agricolo intensivo e rurale e ben diversificati nuclei di ambiti naturali. Basti pensare che all'interno del raccordo anulare 1/3 della superficie è interessata da attività agricole con alternanza di sistemi intensivi e rurali e di ambiti ad alto valore naturalistico (vedi ad esempio i parchi di Roma Natura).

Il sistema urbano romano diviene ancora più eterogeneo in termini paesaggistici ed ambientali se si prende in considerazione la Città Metropolitana ove si hanno Comuni tipici della fascia costiera tirrenica e Comuni tipici dell'Appennino centrale.

È evidente che pianificare azioni e progetti di adattamento climatico in un sistema così complesso ed eterogeneo implica la massima attenzione alla biodiversità in tutti i suoi aspetti a livello di flora, fauna, habitat, ecosistemi e paesaggio.

Nel caso specifico dell'adattamento al cambiamento climatico si darà grande spazio alle potenzialità che la flora e la vegetazione offrono per mitigare gli effetti delle 'isole di calore' garantendo ai cittadini una rete di 'isole di naturalità' in prossimità della propria abitazione, a livello di singolo municipio e quindi a livello di ampi quadranti che inglobano parti di diverse municipalità. Su questo tema un contributo molto significativo verrà fornito da ISPRA con le cartografie di dettaglio sulla copertura ed uso del suolo elaborate dal gruppo coordinato dall'ing. Munafò.

Trattare della biodiversità nel piano di adattamento significa da una parte, come vedremo più avanti, occuparci della sua tutela e del suo recupero, ma nello stesso tempo significa anche avere a disposizione proprio dalla biodiversità gli elementi, le funzioni e le strutture capaci di garantire, mediante opportune 'soluzioni basate sulla natura' e opportuni progetti del paesaggio, l'adattamento alla crisi climatica sia a scala locale che a scala dell'intera città.

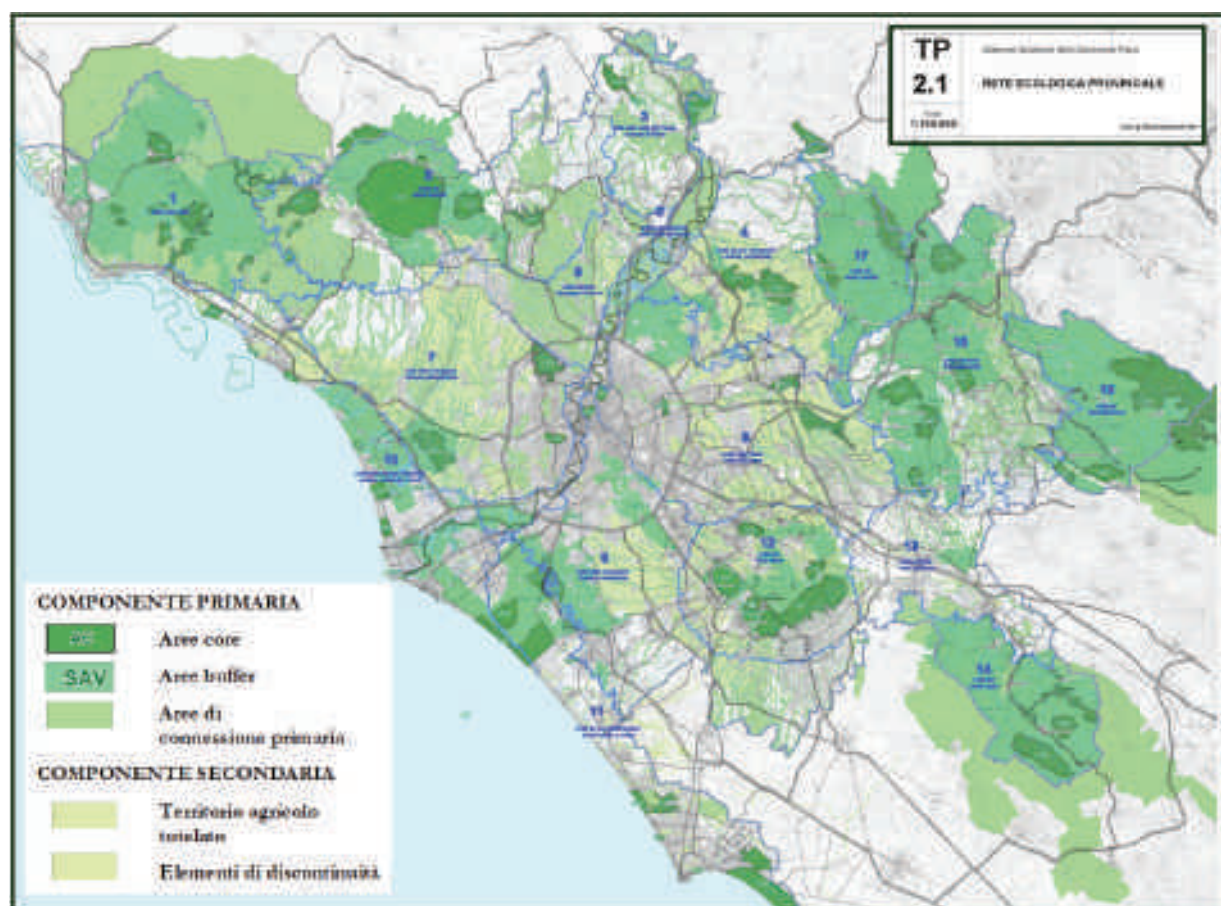
Questo è il motivo per cui si parlerà di flora, di fauna (in collaborazione con l'ENEA), di servizi ecosistemici, di soluzioni legate alla natura, di pianificazione e di una progettazione capace di mettere in sintonia la funzionalità urbanistica con la tutela e la funzionalità paesaggistica. In sintesi si parlerà di Rete ecologica territoriale (RET) e del ruolo essenziale della RET per garantire la connettività tra le specie, gli habitat e gli ecosistemi come elemento fondamentale di tutela e di recupero della biodiversità specialmente nella complessa situazione di carenza di connessioni sia nel sistema urbano che in quello agricolo.

La definizione degli elementi della Rete ecologica a scala comunale e provinciale si basa sull'integrazione delle analisi relative all'eterogeneità potenziale e reale del territorio, alla valutazione della diversità biologica in termini di stato di conservazione del territorio, ricchezza di specie animali e vegetali e alla distribuzione delle diverse aree vincolate. Conoscere le caratteristiche ecologiche di un territorio consente di indirizzare con maggior efficacia qualsiasi intervento che ha come obiettivo la tutela e il recupero degli ecosistemi degradati. Tale approccio metodologico è in grado di integrare dati e conoscenze sugli ecosistemi e sulle condizioni del contesto territoriale per arrivare a definire efficaci soluzioni basate sulla natura in grado di favorire la mitigazione e l'adattamento al cambiamento climatico.

In sintesi, la rete ecologica territoriale *rappresenta quindi l'elemento di conoscenza di base essenziale per la valutazione e la pianificazione di 'isole di naturalità', di infrastrutture verdi e di foreste urbane e periurbane che garantiscano la presenza del capitale naturale e contribuiscano all'adattamento al cambiamento climatico.*

Il Comune di Roma ha risposto in modo molto efficace anche alla Misura del PNRR dedicata alla 'Forestazione urbana' mediante uso esclusivo di specie autoctone. Già solo con il primo avviso sono stati finanziati circa 100 ettari di nuovi boschi urbani a Roma coerenti con la vegetazione potenziale

naturale e, nel complesso, circa 300 ettari per la Città Metropolitana.



Si veda in Appendice per approfondimenti e grafici di integrazione al testo (contributo 2.2.1).

In totale la REP copre il 76% dell'intera superficie della Città metropolitana ed è così ripartita

REP	ETTARI	% NELLA REP	% NEL TERRITORIO PROVINCIALE
83 AREE CORE	44.629	11	8
17 AREE BUFFER	147.005	36	27
CONNESSIONI PRIMARIE	145.695	36	27
CONNESSIONI SECONDARIE	68.921	17	13
TOTALE	406.250	100	76

Tabella 1: Copertura in ettari e in percentuale dei diversi elementi della REP

L'uso e copertura del suolo al primo livello del Corine Land Cover fa emergere l'importanza della matrice agricola in tutti gli elementi della REP e la presenza di superfici artificiali anche nei "serbatoi

di biodiversità” (nodi e buffer) (Tab.2).

	NODI		CONNESSIONI DI PAESAGGIO	
% di uso e copertura del suolo	Aree Core	Aree Buffer	Primarie (in paesaggi naturali e seminaturali)	Secondarie (in paesaggi agricoli)
Superfici artificiali	3,8	4	13,4	12,1
Aree agricole	13,7	31,8	51,6	84,9
Aree naturali e seminaturali	64,5	63,9	34,3	3
Aree umide	0,5	0,2	0,2	0
Corpi d'acqua	17,5	0,1	0,5	0

Tabella 2: Uso e copertura del suolo in percentuale nei diversi elementi della REP. Valutazioni effettuate sulla Carta della Vegetazione della CMRC (<https://geoportale.cittametropolitanaroma.it/progetti/banche-dati-vegetazionali-2013-2014/vegetazione-reale-aggiornamento>)

È molto interessante notare la presenza delle Aree Core e delle Aree Buffer all'interno di Roma. Ciò rende possibile realizzare isole di natura e boschi urbani in connessione ecologica con aree di interesse naturalistico.



Distribuzione delle Aree Core nella Provincia di Roma. Da notare la presenza di aree Core nel Comune di Roma



Distribuzione delle Aree Buffer nella Provincia di Roma

Il fitoclima dell'area romana dal 1950 al 2010 nell'arco di 60 anni

Lo studio del fitoclima è un elemento conoscitivo fondamentale per definire la vegetazione naturale potenziale di un territorio e quindi, indirettamente, per ipotizzare azioni e interventi per mitigare le isole di calore in città mediante azioni legate al mondo vegetale. Data l'importanza che a scala mondiale e, in particolare, del nostro Paese si attribuisce alla biodiversità e agli ecosistemi, il fitoclima diviene lo strumento conoscitivo di base indispensabile per pianificare attività quali la riforestazione e il recupero degli ecosistemi degradati (infrastrutture verdi e restoration ecology).

Alla fine degli anni '80 del secolo scorso si elaborò una nuova proposta metodologica finalizzata alla definizione del fitoclima della Campania (Blasi et al. 1992). Al posto degli indici climatici gli autori utilizzarono i dati grezzi delle stazioni termopluviometriche, ricavando la media mensile, calcolata lungo almeno un trentennio, delle temperature minime, massime e delle precipitazioni.

Questa metodologia è stata ripresa a scala nazionale e, in particolare, per la definizione del Fitoclima della Regione Lazio. A scala nazionale emergono due considerazioni di base. Il nostro Paese a causa della posizione geografica e della presenza di una elevata variabilità morfologica presenta una eterogeneità climatica straordinaria, specialmente se analizzata a scala di grande dettaglio. In particolare, emerge una netta prevalenza del clima temperato e la presenza di due significative tipologie di transizione legata rispettivamente al clima temperato e al clima mediterraneo.

Si riportano queste considerazioni perché l'Area metropolitana e la città di Roma presentano questo carattere di grande variabilità. Il settore tirrenico dell'Italia centrale è caratterizzato da un fitoclima mediterraneo di transizione, presente infatti anche lungo tutto il litorale dell'area metropolitana.

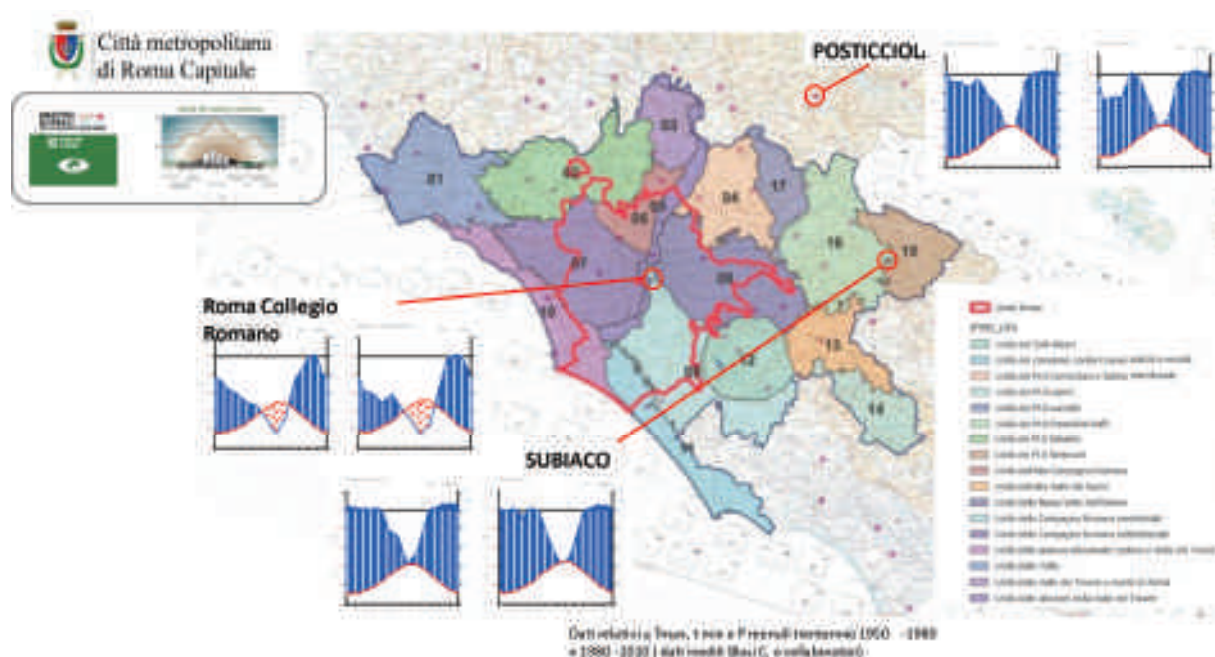
Data la ricchezza di informazioni si rimanda al lavoro citato relativo alla Regione Lazio. In questa sede viene riportata una sintesi delle informazioni regionali relative alle tipologie maggiormente presenti nell'area metropolitana.

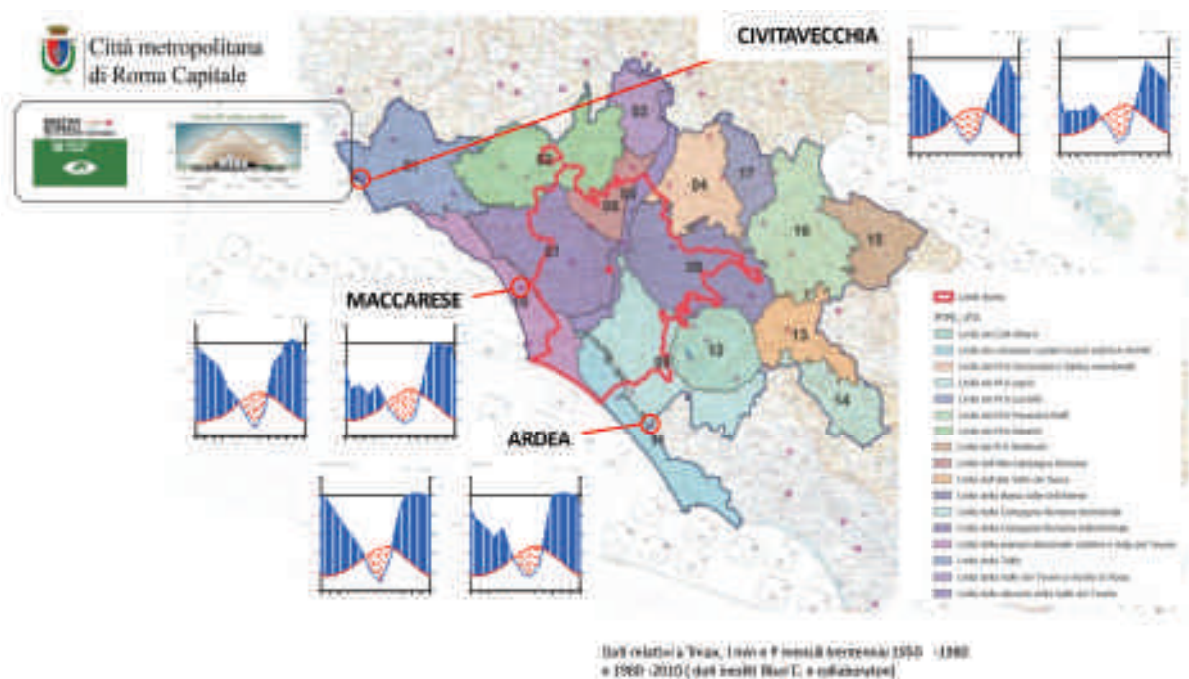
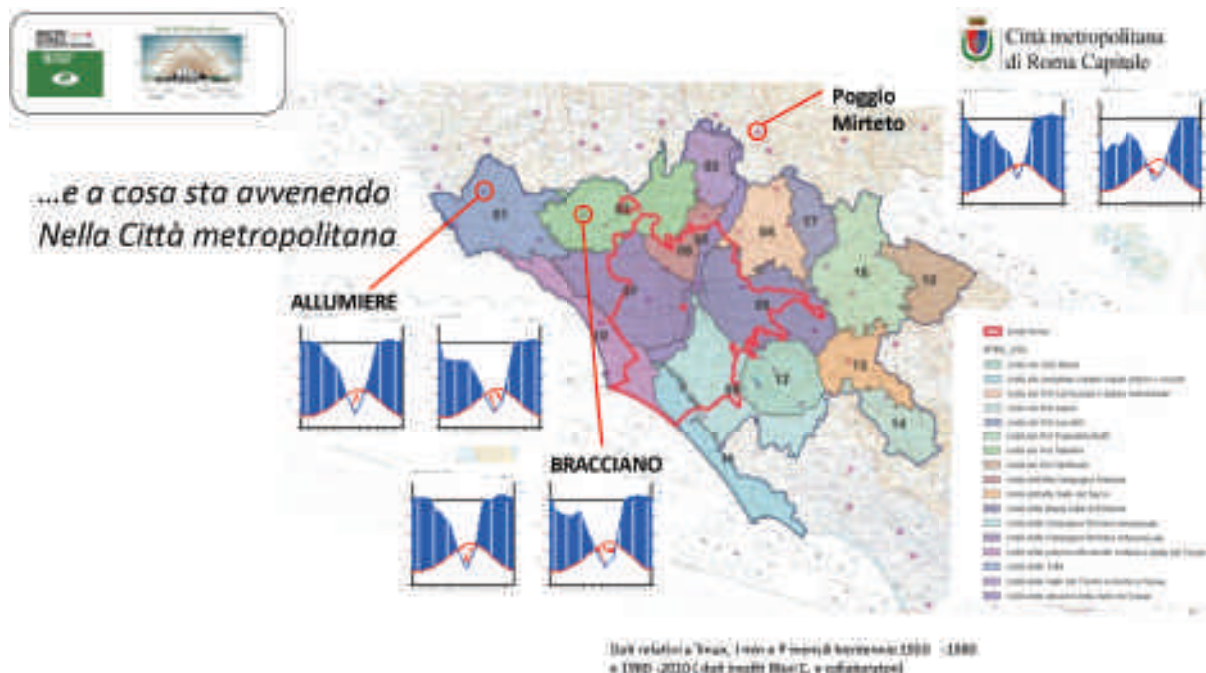
Come è variata la mediterraneità nell'area romana?

Tutte le considerazioni fin qui riportate sono utili per capire quanto sia interessante e diversificata in termini di ricchezza di specie, di vegetazioni potenziali, di serie di vegetazione e di ecosistemi l'area metropolitana e la stessa città di Roma. Ciò comporta una grande attenzione da parte di coloro che sono chiamati a recuperare gli ecosistemi degradati e a pianificare azioni per facilitare l'adattamento al cambiamento climatico.

Per mettere a disposizione qualche ulteriore considerazione, pur conoscendone i limiti rispetto a valutazioni più aggiornate e complesse, si è confrontata la situazione relativa al trentennio 1950-1980 con un secondo trentennio di dati 1980-2010 al fine di verificare gli effetti dell'attuale crisi climatica su alcune stazioni termopluviometriche presenti nell'area romana. Non si tratta di una puntuale analisi climatica che è veramente molto ben sviluppata dai colleghi esperti di questo tema, ma della conoscenza su tempi lunghi e con dati reali dell'andamento mensile della temperatura massima e minima e della precipitazione che ovviamente hanno un'importanza determinante nella distribuzione delle potenzialità vegetazionali. Potenzialità per le quali è ovviamente essenziale conoscere anche le caratteristiche ecologiche abiotiche quali litologia e morfologia.

La sintesi di tale confronto viene evidenziata mediante l'andamento dei diagrammi termopluviometrici delle centraline di rilevamento che hanno registrato con continuità i dati per i 60 anni presi in considerazione





Dall'andamento mensile dei diagrammi relativamente alla Temperatura max e min e alle Precipitazioni si possono dedurre importanti informazioni molto utili anche all'interno del Comune di Roma.

- a) Procedendo dalla fascia costiera verso l'interno si nota una minore differenza tra il primo e il secondo trentennio. I diagrammi della Stazione di Subiaco (sinistra 1950-1980 e destra 1981-2010) sono relativamente simili. In ambedue i casi non si nota un periodo di aridità estiva.
- b) Nel caso delle stazioni di Allumiere e di Bracciano è invece evidente un aumento delle temperature e una lieve diminuzione delle precipitazioni. Cosa che determina una maggiore aridità estiva (elemento che si evidenzia con l'area puntinata in rosso nel diagramma determinata da valori di T maggiori rispetto ai valori delle P).
- c) Lo stesso vale per la stazione del Collegio Romano ove l'aridità estiva è più significativa e interessa un periodo più lungo.
- d) Ancora più evidente è la differenza tra i due trentenni nelle stazioni di Civitavecchia, Ardea e Maccarese. È proprio lungo il settore costiero che è più evidente la crisi climatica con riduzione delle piogge primaverili, aumento delle temperature e significativo aumento dell'aridità estiva. Sono proprio i diagrammi ombrotermici relativi a Civitavecchia e Maccarese quelli che evidenziano le maggiori differenze con significative perdite di pioggia, aumento delle temperature e aumento dell'aridità estiva.

Queste informazioni sono ovviamente molto utili non solo per migliorare la progettazione degli interventi che si pongono l'obiettivo di riportare la natura in città, definire le isole di naturalità per contrastare le isole di calore a Roma ove è evidente che nel procedere dalla fascia costiera alle zone più interne si hanno elementi di variabilità climatica molto significativi.

In sintesi lungo la fascia costiera e quindi nelle municipalità che si avvicinano a questo settore da una condizione di clima 'mesomediterraneo' si sta passando a un clima 'termomediterraneo'. È bene comunque ricordare che questi dati, utili per l'individuazione delle potenzialità vegetazionali, sono solo una parte delle informazioni necessarie per evidenziare gli elementi della crisi climatica. Non si hanno informazioni sui venti, sulla frequenza delle piogge, sugli apporti meteorici relativi a ciascun evento, ecc, ecc.

La Biodiversità vegetale nel Comune di Roma

Sono molto approfondite le conoscenze sulla flora e la vegetazione del Comune di Roma. Ciò in particolare è legato all'eterogeneità ambientale dovuta alla posizione geografica, al contatto con la fascia costiera, alla presenza di litologie e morfologie di natura diversa, a una storia attenta ai valori naturalistici sin dall'antica Roma, alla presenza del Fiume Tevere, alla presenza di estese porzioni costiere ricche di ambienti umidi, alla stretta integrazione tra ruralità e sistema urbano, ecc. A queste cause di natura geografico e ambientale si aggiungono elementi significativi legati al sistema delle aree archeologiche e alle edificazioni monumentali che ospitano flore legate a condizioni locali particolari per substrato e condizioni climatiche.

Tenendo presente le tante informazioni di base e, in particolare, avendo come riferimento le *red list* di specie, habitat ed ecosistemi elaborate dal MASE si è creduto opportuno evidenziare, in appendice, le informazioni relative a specie e habitat che richiederanno una particolare attenzione nella pianificazione di azioni utili a conservare questo straordinario patrimonio di biodiversità.

In questo primo documento gli elenchi hanno una doppia valenza: quella documentale per mettere a disposizione del vasto gruppo di colleghi che si sono dichiarati interessati a sviluppare con il Comune di Roma un piano di adattamento capace di rispondere positivamente alla crisi climatica per poi

passare alla progettazione di azioni, integrate con le competenze di tutti i partecipanti, utili per tutelare e migliorare la biodiversità nel Comune di Roma. Si tratta di due elenchi che saranno integrati e meglio articolati nelle prossime fasi con analisi più correlate alle recenti *red list* nazionali. In questa sede si è comunque ritenuto utile riportare i risultati di lavori di alcuni anni or sono, come detto da aggiornare, ma comunque molto utili per valutare la 'rarietà' e le valutazioni con riferimento all'IUCN della fine degli anni '90 e del 2010.

Anche in questo caso le aree protette presenti nel Comune di Roma avranno un ruolo assolutamente determinante. Le isole di naturalità, i boschi urbani e le NBSs saranno sempre in connessione funzionali e strutturali con la flora e gli habitat di riferimento presenti nel sistema dei Parchi. In molti casi il recupero di sistemi degradati svolgerà anche la funzione di 'isola di naturalità' realizzata per favorire l'adattamento al cambiamento climatico.

2.2.2 Impatti dei cambiamenti climatici sulla biodiversità

Elisabetta Salvatori, Patrizia Menegoni, Giancarlo Morgana, Valentina Iannilli

(Enea, Dipartimento di Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali)



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

Come evidenziato dal primo report congiunto IPBES e IPCC (Porter et al., 2021), la perdita di biodiversità e il cambiamento climatico sono tra le sfide più urgenti dell'Antropocene e risultano strettamente interconnesse. La biodiversità, infatti, svolge una funzione importante nella regolazione del clima, in particolare attraverso la regolazione dei cicli del carbonio, dell'acqua e dell'azoto. Allo stesso tempo, il cambiamento climatico è uno dei principali motori della perdita di biodiversità, alterando le complesse interazioni esistenti tra le specie e i loro habitat, con un impatto negativo sulla fornitura di molti servizi ecosistemici da cui dipendono salute e benessere sociale/economico della società umana (Strategia Nazionale Biodiversità, 2030). Al fine di evitare il rischio di maladattamento, è pertanto necessario affrontare simultaneamente i due domini, considerando sinergie e compromessi tra clima e biodiversità nei piani di adattamento, soprattutto a livello locale.

Il cambiamento climatico può influire anche sulla capacità degli attuali programmi di monitoraggio di rilevare danni dovuti a fattori di stress convenzionali. Gli effetti dei cambiamenti climatici esistenti e in corso hanno impatti sui programmi di biomonitoraggio, influenzando i parametri di riferimento e le comunità attese. La caratterizzazione del cambiamento climatico come fattore di stress aggiuntivo deve essere presa in considerazione attraverso opportuni adattamenti dei programmi di monitoraggio.

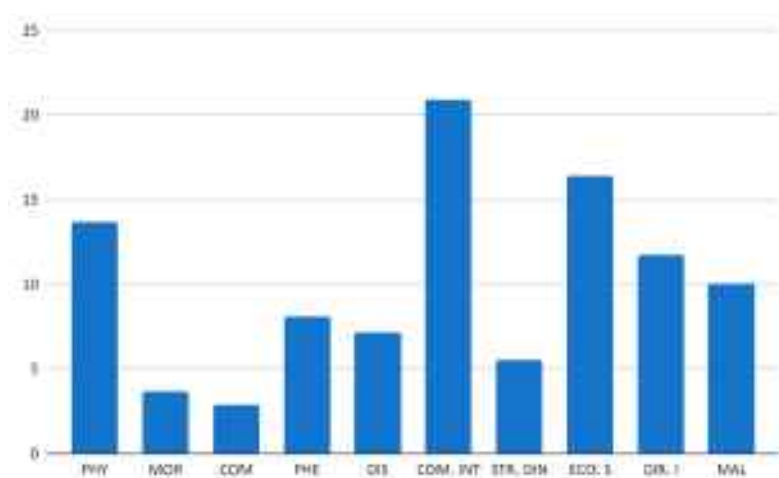


Figura 1. Percentuale delle tipologie di impatti suddivise in macrocategorie per biodiversità vegetale e animale e per gli ecosistemi (da Pollo et al., 2022)

Cambiamenti nei processi fisiologici (PHY);
Cambiamenti nella morfologia (dimensione, colore, ecc.) (MOR);
Cambiamenti comportamentali (riproduttivi, trofici, ecc.) (COM);
Cambiamenti nella fenologia (PHE);
Cambiamenti nella distribuzione spaziale (DIS);
Cambiamenti nella composizione e nelle interazioni delle specie delle comunità (COM. INT);
Cambiamenti nella struttura e dinamica della popolazione (STR. DYN);
Alterazione dei servizi ecosistemici forniti (ECO. S.);
Impatti diretti da eventi anomali improvvisi, quali incendi, siccità e temperature estreme (DIR. I.);
Impatti legati al disadattamento ai cambiamenti climatici (MAL).

La rete ecologica della città di Roma è rappresentata dal complesso delle aree naturali protette, delle aree verdi urbane, delle aree golenali (Tevere, Aniene, fossi affluenti) e delle aree agricole, coprendo una superficie di circa 82.500 ettari, pari al 67% dell'intera superficie di Roma Capitale (128.500 ettari). In particolare, le aree naturali protette includono habitat di particolare valore naturalistico e oltre 1300 specie vegetali, 5200 specie d'insetti e altre 170 specie fra mammiferi, uccelli, anfibi e rettili.

Tali aree sono soggette ad impatti associati ai cambiamenti climatici³⁹ che possono essere sia diretti, come la perdita di habitat dovuta ad alterazione ambientale, eventi meteo estremi e erosione costiera, con conseguente migrazione o perdita di specie, sia indiretti, come l'aumento del rischio di incendi boschivi nella stagione estiva.

Di seguito alcuni dei principali problemi ed impatti sulla biodiversità rilevabili per l'area urbana e costiera di Roma Capitale e in Appendice (contributo 2.2.2) i riferimenti di carattere generale.

Impatto dell'Isola di calore urbana sulla biodiversità

Alcuni studi condotti sul leccio (*Quercus ilex* L.), specie ampiamente distribuita negli ecosistemi naturali di Roma Capitale oltre che comunemente utilizzata per il verde urbano, hanno evidenziato come, in una foresta urbana (Villa Ada Savoia), a causa del fenomeno dell'isola di calore si osservavano minori tassi di traspirazione, minore efficienza di uso dell'acqua e minore tasso di fotosintesi rispetto ad una foresta periurbana (Tenuta Presidenziale di Castelporziano), in particolare durante il periodo primaverile, prima dell'insorgenza di fenomeni di stress idrico (Fusaro et al., 2015a; 2019a). Inoltre, l'effetto dell'isola di calore determinava una alterazione delle principali fasi fenologiche del leccio nella foresta urbana, anticipando il completamento del germogliamento primaverile e determinando una maggiore intensità del germogliamento autunnale (Fusaro et al., 2015a). Tali effetti, oltre ad alterare la dinamica dell'ecosistema in modo imprevedibile, possono ridurre o addirittura compromettere

³⁹ L'analisi della vulnerabilità ai cambiamenti climatici in ambito urbano viene attualmente considerata a livello internazionale tenendo in considerazione i possibili impatti associati a fattori quali: (1) Ondate di calore: impatto delle ondate di calore sulla salute umana; (2) Siccità: siccità e disponibilità di acqua e loro impatto sull'attività economica. L'impatto della siccità legata ai cambiamenti climatici in ambiente urbano, come quello delle ondate di calore, necessita di maggiore approfondimento. Di fatto, sebbene la letteratura sul grado di incidenza di eventi di siccità in diversi scenari di cambiamento climatico su attività come l'agricoltura e altre attività correlate in Europa (Iglesias et al., 2009) gli impatti della siccità legata al cambiamento climatico sugli ambienti urbani sono ancora poco studiati (Kallis, 2008; Rozenzweig et al., 2018); (3) Alluvioni: Alluvioni e gestione delle acque meteoriche; (4) Degrado ambientale: alterazione/modifica degli ecosistemi e perdita di biodiversità.

la capacità degli ecosistemi urbani di fornire importanti servizi ecosistemici di regolazione, quali mitigazione del microclima e miglioramento della qualità dell'aria (Fusaro et al., 2019a).

Marando et al. (2019) hanno analizzato, su un periodo di 5 anni (2013-2017) il servizio ecosistemico di mitigazione dell'UHI fornito da tre elementi dell'infrastruttura verde urbana della città di Roma: una foresta periurbana (Tenuta Presidenziale di Castelporziano), una foresta urbana (Villa Ada Savoia) e un'alberatura stradale (Viale Mazzini). I tre elementi hanno mostrato una diversa capacità di raffreddamento durante il periodo estivo, sia in termini di diminuzione della temperatura dell'area urbana circostante, sia della distanza fino a cui si propagava tale effetto di raffreddamento (Figura 2). In particolare, la foresta periurbana risultava in grado di ridurre la temperatura superficiale dell'area urbana fino a 3,2°C, la foresta urbana fino a 2,8°C, mentre la riduzione di temperatura operata dall'alberatura stradale risultava pari a 1,3°C. Da questo studio emerge pertanto come, in uno scenario di cambiamento climatico, siano necessarie politiche gestionali specifiche per mantenere ed incrementare la fornitura del servizio ecosistemico di regolazione del microclima urbano da parte delle aree verdi.



Figura 2. Servizio ecosistemico di mitigazione dell'isola di calore fornito da tre elementi dell'infrastruttura verde urbana della città di Roma: una foresta periurbana (Tenuta Presidenziale di Castelporziano), una foresta urbana (Villa Ada Savoia) e un'alberatura stradale (Viale Mazzini), e relative distanze di influenza di ciascuna sulle temperature dell'area edificata. Elaborazione grafica di E. Salvatori su immagine adattata da Grilo et al., 2021; dati da Marando et al., 2019.

Stress idrico e rischio incendi

E' noto come, in condizioni di clima mediterraneo, la funzionalità degli ecosistemi dipenda fortemente dalla durata e dalla severità del periodo di aridità estiva, nonché dalla distribuzione stagionale delle precipitazioni, particolarmente nel periodo tardo invernale-primaverile (Vitale et al., 2007).

Per la Tenuta Presidenziale di Castelporziano, è stato evidenziato un aumento dell'aridità particolarmente nei mesi primaverili ed estivi (Fusaro et al., 2015b; Salvati et al., 2015), che evidenzia come la vegetazione di questa importante foresta periurbana di Roma sia sottoposta a crescenti

condizioni di stress idrico. Infatti, diversi studi (Fusaro et al., 2015a, b; 2019a,b; Recanatesi et al., 2018) hanno evidenziato come la funzionalità della vegetazione della Tenuta durante il periodo estivo venga compromessa dalle condizioni di stress idrico.

Inoltre, la siccità influisce sul contenuto di umidità della biomassa e della necromassa vegetale, influenzando così i regimi di incendio (Fares et al., 2017).

Pertanto, in uno scenario di cambiamento climatico, una riduzione delle precipitazioni potrebbe comportare un aumento dello stress idrico per la vegetazione di Roma Capitale, andando non solo a ridurre la potenzialità di fornire importanti servizi ecosistemici di regolazione, quali l'assorbimento della CO₂ e il miglioramento della qualità dell'aria (Conte et al. 2022), ma anche aumentando il rischio incendio, già elevato per la vegetazione forestale e arbustiva in ambiente mediterraneo (Alessio et al., 2008).

Aree umide presenti in aree protette del litorale romano

Nel territorio del litorale romano sono presenti numerose zone umide che presentano un elevato interesse per la conservazione della biodiversità. Nel tratto costiero del Comune di Roma sono presenti alcune aree protette, la Riserva Naturale Statale "Tenuta di Castel Porziano", la Riserva Naturale Statale "Litorale Romano" (territorio ricadente nei Comuni di Fiumicino e Roma, dalla marina di Palidoro alla spiaggia di Capocotta, escludendo sia i centri urbani di Ostia e Fiumicino che l'aeroporto "Leonardo Da Vinci") con varie zone umide naturali e artificiali. In prossimità della foce del Tevere è presente l'Oasi "Centro Habitat Mediterraneo" [Centro Habitat Mediterraneo Ostia - Lipu Onlus](http://www.centrohabitatmediterraneo.it). Inoltre, un'area importante per gli uccelli selvatici, designata IBA "Litorale Romano" (BirdLife International, Important Bird Area factsheet, <http://datazone.birdlife.org/site/factsheet/litorale-romano-iba-italy>).

Vari studi effettuati nelle zone umide della **Riserva Naturale Statale "Litorale Romano"** hanno evidenziato la presenza di un elevato numero di specie di uccelli appartenenti a vari gruppi (per es., anatidi, ardeidi, rallidi, podicipedidi in relazione alle variazioni dei livelli idrologici (Vannini & Battisti, 2013); numerosi studi hanno considerato l'insieme di specie ornitiche svernanti (Biondi e Guerrieri, 1999, 2001; Di Giuseppe & Cappello; 2016). Inoltre, nel territorio di Ostia (Comune di Roma) la zona umida dell'Oasi *Centro Habitat Mediterraneo* (CHM) è un ottimo esempio di riuscita ricostruzione ambientale di uno stagno costiero con ricca vegetazione acquatica, ripariale e di macchia, in cui sono state censite oltre 200 specie di uccelli, includendo specie nidificanti rare come l'airone rosso (Lucchesi, 2022). Inoltre, nel litorale romano sono state censite numerose specie alloctone (Biondi et al., 1995, 2005; Biondi e Pietrelli, 2005). La Riserva Naturale Statale "Litorale Romano" è di fondamentale importanza nella rete ecologica di Roma Capitale, rappresentando il più grande corridoio ecologico della città, che, in stretta connessione con la Tenuta Presidenziale di Castel Porziano e con la Riserva di Decima-Malafede, collega, attraverso le aree golenali del Tevere e le limitrofe zone agricole, le aree urbane più centrali con l'ambiente naturale della fascia litoranea (aree boscate e zone a macchia della Tenuta Presidenziale di Castel Porziano, Pinete di Castel Fusano e Acqua Rossa, sistema dunale di Castel Porziano e Capocotta).

Il territorio della **Tenuta di Castelporziano** è anche protetto dalla Rete natura 2000, con una Zona di Protezione Speciale ZPS "Castel Porziano (Tenuta presidenziale)" (IT6030084) e due Zone Speciali di Conservazione (ZSC), "Castel Porziano (fascia costiera)" (IT6030027) e "Castel Porziano

(querceti igrofili)" (IT6030028) che include, tra gli altri, l'habitat prioritario 3170* "Stagni mediterranei temporanei" che rischia di scomparire e per la cui conservazione la Comunità ha una responsabilità particolare. Nella Tenuta di Castel Porziano la comunità ornitica presenta numerosissime specie (Isotti et al, 2013) e si svolgono attività di inanellamento e studio dell'avifauna. Nelle sue zone umide sono state identificati uccelli (quali anatidi, limicoli, trampolieri), anfibi di grande importanza conservazionistica (salamandrina dagli occhiali, il tritoni cretato e punteggiato, rospo smeraldino, ululone dal ventre giallo) e numerosi rettili (tra i quali la tartaruga palustre e varie specie di colubridi (Cattaneo, 2013); inoltre alcuni microcrostacei sono stati studiati come bioindicatori funzionali dei cambiamenti del regime idrologico (Seminara et al., 2013). Tra i macroinvertebrati, ci sono studi sulla ditterofauna (Maltezz & Rivosecchi, 2013) e sui macroinvertebrati tipici di acque astatiche (pozze d'acqua naturali dette "piscine" di Castelporziano, che testimoniano l'antica presenza di ambienti umidi e di boschi allagati che si estendevano sino alla pianura pontina). Un recente data base della biodiversità di Castelporziano indica che 482 specie sono presenti nelle liste rosse dello IUCN (7.8 % del totale dei taxa segnalati), 44 (0.7 % del totale dei taxa segnalati) in Direttiva Habitat 92/43/CEE e 98 (1.6 % del totale dei taxa segnalati) in Direttiva Uccelli 2009/409/CE. Nel complesso si tratta del 10 % delle specie presenti in Tenuta e in particolare del 40 % dell'avifauna stanziale o migratoria nell'area (Progetto finanziato dall'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei X: [Sistematizzazione ed analisi geospaziale dei dati di monitoraggio ambientale della Tenuta di Castelporziano - LifeWatch Italy](#)).

2.2.3 Soluzioni basate sulla natura (NBSs) e ruolo multifunzionale dei servizi ecosistemici

Fausto Manes, Laura Varone

1

CENTRO DI RICERCA INTERUNIVERSITARIO
BIODIVERSITÀ, SERVIZI ECOSISTEMICI
E SOSTENIBILITÀ

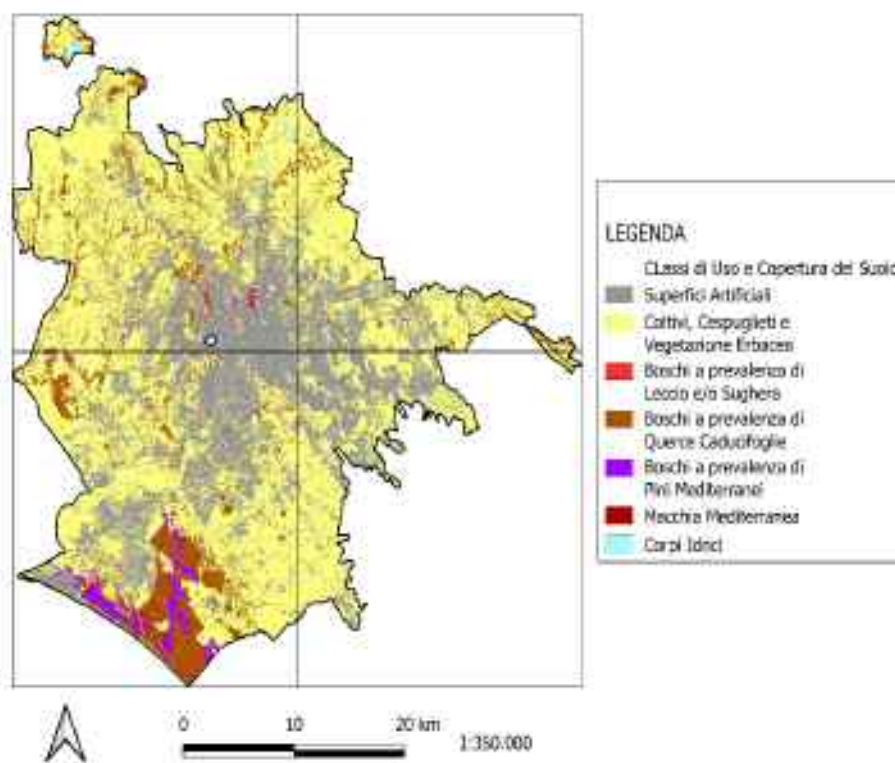


SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Rappresentare cartograficamente e quantificare i Servizi Ecosistemici (SE) è fondamentale per orientare i processi decisionali degli *Stakeholder* verso pratiche incentrate ad aumentare la loro fornitura, promuovendo uno sviluppo urbano sostenibile, città più resilienti e azioni di rigenerazione urbana.

La Figura 1 rappresenta le principali Classi di uso e copertura del suolo per la Città di Roma, ottenute mediante l'elaborazione di immagini satellitari Sentinel-2 del 2016 (Manes et al., 2016). In colore rosso è riportato un Transetto per l'analisi da Satellite (Landsat 8) delle temperature superficiali estive (Land Surface Temperature, LST), e i dati relativi sono presentati di seguito in Figura 3 e Tabella 2.

Figura 1 - Classificazione di Uso e Copertura del Suolo per la Città Metropolitana di Roma (Anno 2016)



In tale contesto, il *Leaf Area Index* (LAI), definito come l'area fogliare verde per unità di superficie di suolo (m^2 di area di superficie fogliare/ m^2 di superficie di suolo), risulta essere un indicatore chiave per la valutazione dei SE (Sebastiani, et al. 2023) e in particolare per quelli di Regolazione, come la rimozione degli inquinanti atmosferici, la mitigazione del clima, il deflusso dell'acqua, ecc.

Il LAI, che rispecchia inoltre le caratteristiche strutturali delle fitocenosi, è molto variabile nello spazio e nel tempo. La Figura 2 riporta per la Città Metropolitana (CM) e per il Comune di Roma le mappe di LAI medio invernale ed estivo ottenute mediante elaborazione di dati Sentinel-2 per l'anno 2021. Sono stati rappresentati anche i quadranti circoscritti ai due ambiti territoriali, e sono stati calcolati i valori di LAI medio invernale ed estivo, relativamente ai rispettivi limiti amministrativi (Tabella 1).

In particolare, per il Comune di Roma coerentemente con la distribuzione spaziale delle classi di uso e copertura del suolo (Fig. 1), il valore di LAI medio massimo estivo viene registrato in corrispondenza del quadrante di sud-ovest (3), dovuto alla estesa presenza di latifoglie decidue all'interno della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Il valore di LAI medio massimo invernale viene registrato per tale anno nel quadrante di nord-ovest (2). I valori medi minimi di LAI estivo ed invernale sono stati registrati invece rispettivamente nei quadranti di sud-est (4) e nord-est (1), risultato questo dovuto alla maggiore copertura relativa delle classi di superfici urbanizzate ed agricole, e alla minore presenza della vegetazione naturale.

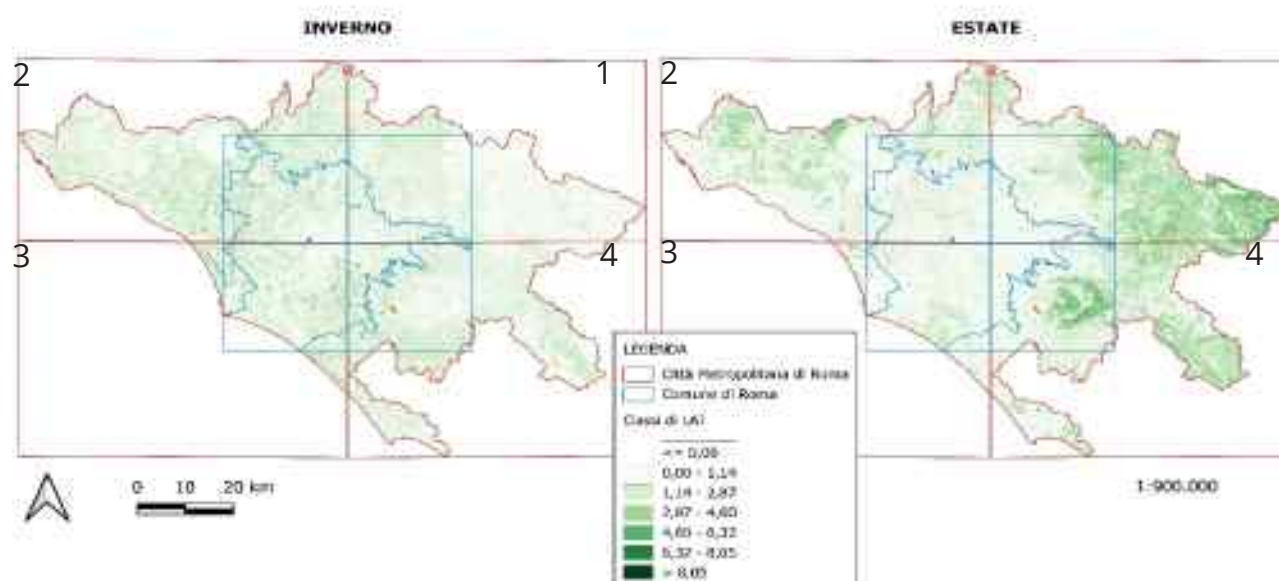


Figura 2. Rappresentazione cartografica dei valori di LAI medio invernale ed estivo, anno 2021.

Quadrante	Inverno		Estate	
	CM	Comune	CM	Comune
1	0,91	0,96	1,85	0,57
2	1,21	1,18	1,03	0,74
3	1,16	1,10	0,72	0,78
4	1,12	1,14	1,52	0,41

Tabella 1. Valori medi di LAI invernale ed estivo per Quadrante della Città Metropolitana (CM) e del Comune di Roma, stime da dati Sentinel-2 del 2021 (risoluzione spaziale di 10x10 m).

Le aree metropolitane sono oggi la tipologia di insediamento umano che caratterizza il presente periodo storico, e si inquadrano come centri nevralgici di attività umane e di alterazione degli equilibri ambientali e da un elevato consumo di suolo. Le aree urbane contribuiscono in grande misura al riscaldamento globale attraverso emissioni e formazione di gas serra come CO₂, CH₄ e O₃, anche per la presenza di siti industriali e per la concentrazione di mezzi di trasporto. A livello locale, il fenomeno climatico più evidente è l'effetto Isola di calore urbana (*Urban Heat Island*, UHI).

Nelle città, oltre al fenomeno dell'UHI, occorre porre attenzione all'inquinamento atmosferico che

come per le ondate di calore estive non si limita a compromettere la salute umana, ma ha anche un impatto considerevole a livello economico.

Attualmente, i sopra citati ed altri fattori di stress sono una sfida sociale ed ambientale fondamentale, e costituiscono un problema complesso che richiede molteplici misure al fine di garantire un ambiente vivibile e salubre per i cittadini. In tale contesto la vegetazione arborea, come le foreste urbane e peri-urbane (ovverosia boschi situati all'interno della città e nelle sue immediate vicinanze), le alberature stradali e altri spazi verdi urbani, svolgono un ruolo chiave nel miglioramento della qualità ambientale, fornendo importanti SE. È necessario comunque analizzare anche i disservizi come, ad esempio, il potenziale aumento di polline in relazione alle specie arboree selezionate e in base al grado allergenico dei loro pollini.

L'Unione Europea ha identificato il miglioramento dell'urbanizzazione sostenibile come target prioritario, e le Soluzioni Basate sulla Natura (NBSs) come azioni fondamentali, per contrastare le attuali problematiche relative ai cambiamenti climatici e all'inquinamento atmosferico, e vi è una crescente consapevolezza che tali azioni siano multifunzionali e inoltre più efficienti, in termini economici, di misure tecnologiche ed artificiali. Recentemente è stato pubblicato L'Urban Governance Atlas (UGA), un database online interattivo di oltre 250 strumenti politici di buone pratiche che supportano le NBSs e il ripristino degli ecosistemi. Inoltre, è utile ricordare, la piattaforma Oppla (2023) che costituisce il *repository* europeo di soluzioni basate sulla natura e riunisce le ultime idee sul capitale naturale, e i servizi ecosistemici. In questa piattaforma per la Città di Roma sono riportati i seguenti Progetti inerenti le NBSs: 1. *Greening Rome for human and ecosystem health*; 2. *UGI Barometer – Rome*; 3. *CES assessment through social media data in the urban parks of Rome (IT)*; 4. *Manziana: Reinventing the traditional use of rural commons through social and environmental innovation*; 5. *Transition Planning - Parco Agricolo*.

L'obiettivo generale è quello di rendere la foresta urbana più resiliente, sana e diversificata, creando delle "Isole di naturalità" contribuendo in questo modo alla salute e al benessere della popolazione, in accordo con quanto suggerito dal Comitato per lo sviluppo del verde pubblico, ovvero di incrementare la superficie ricoperta dalle aree verdi da metri quadri a ettari, selezionando specie autoctone e possibilmente quelle più resistenti a condizioni di stress termico e/o idrico. Infatti, una delle funzioni importanti del bosco urbano è quella di fornire ombra e rinfrescare, da cui anche l'importanza delle "Isole di naturalità" (*Pocket park*), ovvero piccoli nuclei di alberi che si possono realizzare in ambito di slarghi urbani circondati dagli edifici o in piccole aree urbane attualmente abbandonate e/o in condizioni di degrado. Marando et al., (2019) hanno evidenziato come le Infrastrutture Verdi (IV) risultino importanti per una strategia di adattamento al clima basata sulla vegetazione negli ambienti urbani, contribuendo alla definizione di criteri e di indicatori rilevanti per le scelte di gestione nelle città a clima di tipo Mediterraneo. Questa ricerca ha analizzato il "*Cooling effect*" (la potenzialità di raffrescamento della temperatura superficiale locale) da parte di diversi elementi di IV per la Città Metropolitana di Roma nel periodo estivo: a) per la Foresta Periurbana (Tenuta Presidenziale di Castelporziano) tale effetto si estende fino a circa 170 metri all'esterno del suo confine; b) per la Foresta Urbana (Villa Ada Savoia) si estende all'esterno dell'IV fino ad un massimo di 100 metri; c) per le Alberature stradali a *Quercus ilex* L. di Viale Mazzini, la mitigazione della temperatura superficiale

locale, pari a circa 1,3 °C, si estende fino a 30 metri dal filare stradale di lecci. Si ricorda che l'estate del 2015, caratterizzata da una forte ondata di calore, ha fatto registrare un aumento della mortalità del 10% tra gli over 65 rispetto a quella osservata nel periodo 2009-2013 in 32 città italiane, con 532 morti premature nel Comune di Roma (Michelozzi et al., 2016).

La Figura 3, di seguito riportata, mostra l'andamento dei dati di Land Surface Temperature (°C) per il periodo estivo del 2016, relativamente alle superfici del Transetto indicato nella Figura 1. Sono evidenti le variazioni tra il Tessuto urbano, le Foreste urbane e le Foreste periurbane (Tabella 2).

I processi ecologici risultanti possono essere utilizzati quindi per ricavare informazioni utili alla stima dei SE di Regolazione, tra cui la mitigazione dell'Isola di calore urbana e la rimozione di inquinanti atmosferici. La possibilità di stimare gli attributi strutturali e funzionali della vegetazione attraverso dati di campo e telerilevati da satellite, rende tale approccio fondamentale nella valutazione dei SE.

Orioli et al., (2019) hanno osservato che le aree verdi circostanti le zone residenziali, in base a due diverse metriche di esposizione (LAI e NDVI) entro un buffer di 300 e 1.000 metri, erano inversamente associate all'incidenza di ictus e alla mortalità non accidentale, cardiovascolare e cerebrovascolare nella coorte di studio di adulti residenti a Roma. I risultati suggeriscono che queste associazioni possono essere in parte dovute ad una ridotta esposizione all'inquinamento atmosferico e acustico.

Attraverso questi risultati è stato inoltre possibile identificare le Aree di fornitura di SE e le Aree di domanda di SE consentendo di valutare il relativo *mismatch* (Sebastiani et al., 2021). Occorre quindi mettere in atto opere di rigenerazione urbana e di forestazione di aree abbandonate con la realizzazione di "Isole di naturalità", soprattutto laddove non sia possibile una de-impermeabilizzazione dei suoli. Per uno sviluppo sostenibile delle città, risulta necessario proteggere gli ambienti naturali esistenti, ripristinare gli ecosistemi degradati aumentando la resistenza e la resilienza ai cambiamenti climatici attraverso la progettazione di NBSs che consentano la mitigazione locale delle temperature estive e il miglioramento della qualità dell'aria.

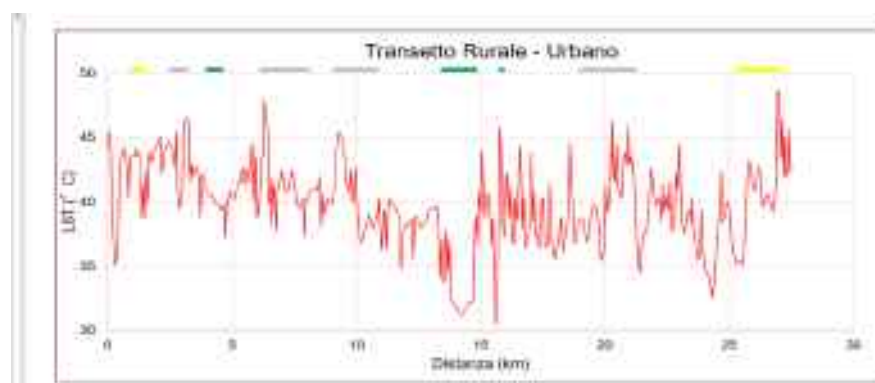


Figura 3. Andamento delle temperature estive (LST) lungo il transetto mostrato in Figura 1.

Temperatura superficiale media estiva (LST) Dati Landsat 8, 2016	Tessuto Urbano	Foreste Urbane	Foreste Periurbane	Corpi Idrici
LST Media (Estiva) (C°)	40	32	28	32
Delta Medio LST (C°)	-	8	12	8

Tabella 2. Delta medio LST (°C) per differenti tipologie di copertura e uso del suolo.

2.2.4 La rete ecologica di Roma Capitale come infrastruttura verde

Massimiliano Cafaro (Ufficio clima, Roma Capitale)



Premessa

Parallelamente agli obiettivi della decarbonizzazione e delle neutralità climatica con la riduzione delle emissioni di gas serra del 55% entro il 2030, l'UE sta adottando misure in materia di adattamento ai cambiamenti climatici per far fronte agli inevitabili impatti di tale fenomeno. In tale contesto hanno una importanza notevole le infrastrutture verdi, fondamentali anche per la Strategia sulla biodiversità per il 2030, partendo dall'ampliamento delle aree Natura 2000 con una rigorosa protezione per le zone ad altissima biodiversità e valore climatico. Ne deriva che la promozione dell'uso delle Infrastrutture verdi è una scelta che ne riconosce il valore strategico sia sul piano della biodiversità sia su quello della resilienza ai cambiamenti climatici in atto.

L'infrastruttura verde è stata definita come *"Una rete strategicamente pianificata di aree naturali e semi-naturali con altre caratteristiche ambientali, progettata e gestita per fornire un'ampia gamma di servizi ecosistemici, migliorando al contempo la biodiversità"*. Tali servizi includono, la purificazione dell'acqua, il miglioramento della qualità dell'aria, la fornitura di spazi per la ricreazione, nonché l'assistenza alla mitigazione e all'adattamento al clima. La promozione e lo sviluppo di questa rete di spazi verdi (terrestri) e blu (acquatici) sono il principale quadro di riferimento per la messa in campo delle soluzioni basate sulla natura (NBS) volte all'incremento della resilienza. Nelle principali piattaforme e atlanti che raccolgono le migliori pratiche europee e mondiali (Urban Governance Atlas - UGA) sull'uso delle Soluzioni Basate sulla natura vengono messe in risalto le esperienze di pianificazione ambientale volte alla creazione di infrastrutture verdi nella gestione dell'ambiente urbano.

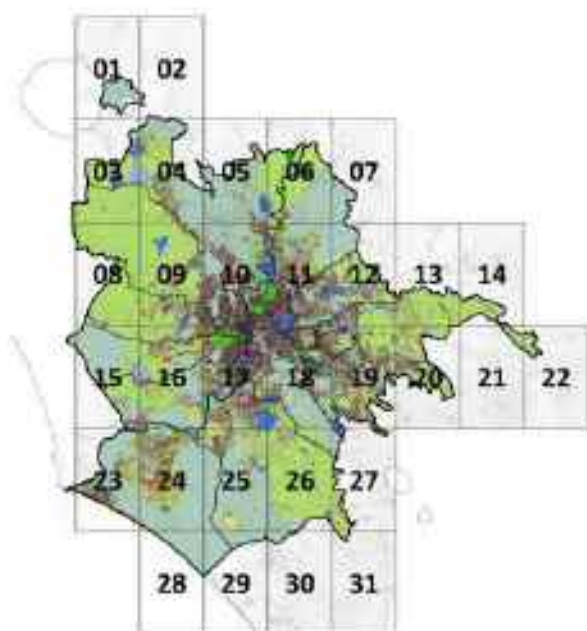
Roma Capitale ha già da anni, nel 2003 e nel 2008, promosso, adottato e approvato, nello strumento di pianificazione, il piano regolatore, la sua Infrastruttura verde. Si tratta della Rete Ecologica, frutto di una attenta pianificazione svolta nella stagione in cui l'attenzione alla conservazione della Biodiversità era ancora alta e la sua protezione una priorità. La Rete Ecologica era pensata (2003) per concorrere ad un generale processo di "rigenerazione ecologica della città"; la politica che la ispirava, quella del raggiungimento di una condizione di sostenibilità del Nuovo Piano Regolatore Generale, mirava quindi a considerarla come uno strumento di pianificazione dinamico, oggetto esso stesso di tutela, qualificazione e completamento. Oggi, nel 2023 La Rete

Ecologica di Roma Capitale, nata per la tutela della Biodiversità urbana, davanti alle sfide che pone il cambiamento Climatico rappresenta la reale infrastruttura verde di supporto in cui inquadrare azioni di mitigazione e adattamento basate sulla natura.

Il Piano Regolatore e la Rete Ecologica di Roma Capitale

Il Piano Regolatore Generale di Roma (2003-2008) "introduce una visione dinamica della politica della tutela dell'ambiente in cui ogni progetto di trasformazione della città deve contribuire a valorizzare e sviluppare una vera e propria rete ecologica. La componente ambientale diventa un tema centrale del Piano, al punto da condizionare e definire le regole per qualunque trasformazione nella città."

Lo stesso piano introduce, nella direzione della sostenibilità nuovi indici e parametri urbanistici ed ecologici (densità edilizia, altezze, densità arborea e arbustiva, coefficienti



di permeabilità) e porta il numero complessivo di ettari del suolo extraurbano dagli 82.000 previsti dal *Piano delle certezze* a circa 88.000.

La rete ecologica quindi è inserita, con valore prescrittivo, nelle Norme Tecniche del Piano Regolatore Generale di Roma, nel Titolo II - Sistema Ambientale e Agricolo - art. 72, ed è strutturata normativamente e territorialmente (le tavole della rete ecologica sono alla stessa scala di quelle del Sistema Insediativo, 1:10.000).

Rappresenta l'insieme dei principali ecosistemi del territorio comunale e delle relative connessioni ed è articolata in componenti, definite in base ai livelli di naturalità, di funzionalità ecologica, di continuità geografica:

- Le componenti Primarie (A), sono gli ecosistemi a più forte naturalità e comprendono principalmente le Aree naturali protette e i Parchi agricoli;

- Le componenti Secondarie (B) sono le aree di medio livello di naturalità e alto livello di integrazione tra le componenti primarie e comprendono principalmente: parte delle aree agricole e del reticolo idrografico, le aree del “Sistema insediativo” e del “Sistema dei servizi, infrastrutture e impianti”, con valori naturalistici da preservare o ripristinare, ovvero necessarie ad assicurare continuità alla Rete ecologica;
- Le componenti di Completamento (C) sono gli elementi che completano e ulteriormente connettono la Rete ecologica e questa al “Sistema insediativo”, e comprendono aree ricadenti in varie componenti del “Sistema insediativo” e del “Sistema dei servizi, infrastrutture e impianti”, con particolare riguardo alle aree con rischio di esondazione.

Le regole della Rete Ecologica – restrizioni e misure attive.

Nelle *componenti primarie* sono previste azioni di tutela e salvaguardia degli ecosistemi; nelle *componenti secondarie* sono previste azioni di ripristino e riqualificazione ambientale delle aree compromesse o degradate; nelle *componenti di completamento* sono previste azioni finalizzate alla preservazione o ampliamento dei valori naturalistici, nonché alla integrazione con le altre componenti della Rete ecologica e tra queste e il “Sistema insediativo”.

La **tutela della rete ecologica** è affidata sostanzialmente alla restrizione (talvolta fino alla inibizione o al trasferimento) delle possibilità edificatorie sia indirette che dirette (AMP e NE), che si modulano e declinano in tutti i sistemi che compongono la zonizzazione urbanistica della città, attraverso lo strumento della Valutazione Ambientale Preliminare che ha la finalità di preservare la continuità fisica della rete ecologica anche in presenza di nuove costruzioni edilizie o infrastrutturali.

La componente dinamica della rete ecologica, con aggiornamenti delle cartografie e delle indagini di base è affidata sostanzialmente alla azione Pubblica, attraverso progetti e programmi d'intervento con il compito di ripristino e **valorizzazione delle componenti naturali**.

Alla redazione di un Regolamento, poi disattesa, era affidata la regolazione delle modalità di intervento di dettaglio che disciplinassero il raggiungimento degli obiettivi (tra gli altri) di:

- tutelare e ampliare le aree di vegetazione naturale;
- adottare misure e sistemi di protezione della fauna stanziale dei corsi d'acqua e del relativo contesto, garantendo la funzionalità del reticolo idrografico;
- limitare e, ove possibile ridurre, mediante interventi di rinaturalizzazione, la impermeabilizzazione del suolo;
- perseguire una migliore integrazione funzionale ed ecologica tra Sistema insediativo e Sistema ambientale e agricolo;
- limitare l'inquinamento dei suoli, dell'aria, dell'acqua, nonché quello acustico, visivo e luminoso, secondo le indicazioni dei relativi Piani di settore.

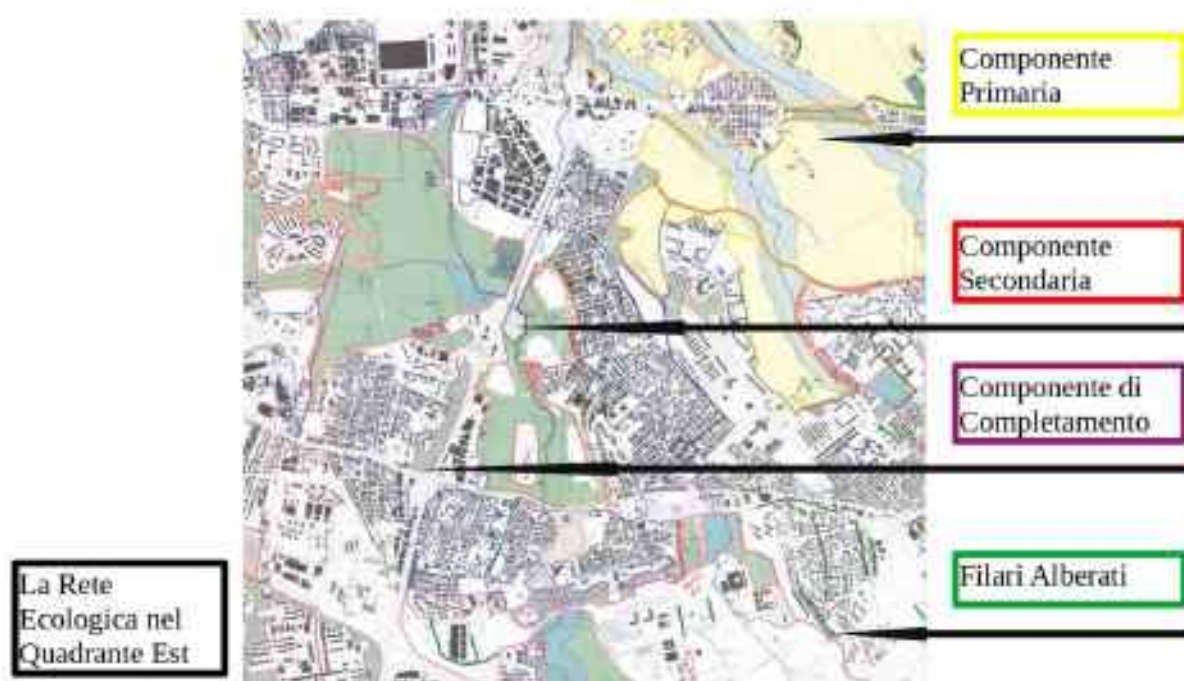
I principali servizi ecosistemici (oltre alla conservazione della biodiversità) che si chiedevano

allora Rete Ecologica di Roma erano quelli di mitigazione degli effetti che l'area urbana di Roma produce in termini emissioni e formazione di gas climalteranti e riduzione diffusa degli effetti dell'inquinamento atmosferico.

Se 20 anni fa l'intenzione del pianificatore era quella di preservare, valorizzare, ripristinare i livelli di naturalità delle aree, nonché ad assicurarne l'integrazione secondo criteri e obiettivi di continuità geografica e di funzionalità ecologica, oggi alla rete ecologica non si può non dare il ruolo di infrastruttura verde che produca servizi ecosistemici per la città.

Infatti oggi Il processo urbanistico di trasformazione della città di Roma, assorbita ormai l'istanza ecologica con il piano del 2003-2008, deve puntare alla ridefinizione degli obiettivi di uno sviluppo sostenibile che si declina ormai anche e soprattutto in chiave di adattamento ai cambiamenti climatici.

Per questo la preservazione e lo sviluppo della Rete Ecologica, così come già previsto in termini di misure e interventi di tutela attiva dalle NTA, oltre a connettere gli insediamenti con le aree a più marcata naturalità e incrementare tali connessioni, può prestare, specialmente alla scala di dettaglio, il fondamentale servizio eco-sistemico di riduzione dell'effetto isola di calore (UHI), fenomeno sempre più evidente e generatore di discomfort diffusamente percepito.



Un altro fondamentale servizio eco-sistemico, direttamente proporzionale alla penetrazione della Forestazione Urbana negli insediamenti è quello di regolazione e regimazione delle acque meteoriche che incontrando una più diffusa naturalità e conseguente migliore permeabilità dei suoli, sono convogliate correttamente in falda.

Le Natural Based Solution delle migliori pratiche di gestione urbana, dalla promozione della realizzazione di "tetti verdi" alla de-impermeabilizzazione della superficie urbana, alla creazione in città di "Isole di Naturalità", solo per parlare delle soluzioni che aumentino l'effetto

raffrescamento”, sono tutte naturali misure attive per la tutela e l’implementazione della Rete Ecologica di Roma che fornisce un quadro di riferimento solido e strutturato per le azioni e gli interventi attivi della Strategia del Piano di Azione per l’energia Sostenibile e il Clima di Roma.

E’ quindi il momento, per Roma Capitale, di affrontare la redazione del Regolamento della Rete Ecologica così come previsto dalle Norme Tecniche di Attuazione, volto sì alla preservazione, al ripristino e valorizzazione delle componenti naturali, ma anche proiettato al raggiungimento delle condizioni ambientali e urbanistiche per la migliore attuazione della Strategia Climatica.

La raccolta delle esperienze maturate in seguito agli interventi dei programmi implementazione della naturalità del sistema urbano, costituiscono fin da ora un elenco

Il Regolamento deve quindi articolarsi con l’obiettivo di creare sinergia tra l’istanza della Biodiversità e quella dell’Adattamento ai Cambiamenti Climatici (promuovendo decisamente la forestazione urbana, i progetti di attenuazione dell’effetto isola di calore e il ciclo naturale delle acque) rimodulando, rendendole più attuali, le definizioni degli interventi ambientali dell’art. 10 delle NTA del PRG e disciplinando la redazione e i criteri della Valutazione Ambientale Preliminare in chiave più aderente agli obiettivi del Piano di Azione per l’Energia Sostenibile e il Clima per rendere la Infrastruttura Verde, costituita dalla Rete Ecologica, la spina dorsale dei servizi ecosistemici della città di Roma.

2.3 SISTEMA COSTIERO

Sergio Cappucci, Gianmaria Sannino (ENEA⁴⁰), Filippo D'Ascola, Andrea Salmeri (ISPRA)



Il litorale della Regione Lazio si affaccia sul Mar Tirreno per una lunghezza complessiva di circa 360 km. A livello nazionale ISPRA da circa vent'anni si occupa della caratterizzazione e del monitoraggio della fascia costiera realizzando strati informativi completi e omogenei. Per il Lazio, l'Osservatorio Regionale dei Litorali si occupa di monitorare lo stato delle spiagge, le cause dei fenomeni erosivi, gli interventi di difesa e ripascimento che possono essere realizzati sia sfruttando i Depositi Sommersi Marini Relitti (DSMR), che i depositi di sabbia accumulati a ridosso di alcune infrastrutture costiere.

Il litorale di Roma si estende, lungo il settore Sud del delta del Fiume Tevere (dalla Foce fino alla Tenuta di Castel Porziano), per una lunghezza di circa 18km. La tendenza evolutiva generale ha subito un'inversione di tendenza intorno agli anni '60 del secolo scorso, soprattutto a seguito della forte riduzione del trasporto solido del Fiume Tevere. Negli ultimi vent'anni il litorale ha subito diffusi processi erosivi, che si manifestano con un arretramento della linea di riva estremamente variabile sia nel tempo che nella sua estensione spaziale.

Nel corso degli anni, per mitigare gli effetti dell'erosione, sono stati realizzati degli importanti interventi sia di protezione (con la realizzazione di opere rigide), sia di ricostruzione e manutenzione degli arenili attraverso ripascimenti di sabbia. Tali interventi hanno comportato una profonda modifica dell'assetto costiero. In Figura 1 sono visualizzati i limiti dell'Unità fisiografica di riferimento rispetto ai limiti amministrativi della Città Metropolitana di Roma e di Roma Capitale (AA.VV., 2006).

40 Per ENEA hanno collaborato: Dott. Roberto Iacono (SSPT MET CLIM); Dott. Lorenzo Moretti (SSPT MET DISPREV); Dott. Massimiliano Palma (SSPT MET CLIM); Dr.ssa Gaia Righini (SSPT MET).



Figura 1. Inquadramento areale delle pertinenze: Città Metropolitana (rosso) e Roma Capitale (blue).

Una prima analisi è stata effettuata su scala di Unità Fisiografica (UF), che per l'area oggetto di studio (Città Metropolitana di Roma Capitale) viene considerato il tratto di costa compreso tra le chiusure foce del Tevere a nord e Anzio a sud. L'analisi di dettaglio è stata fatta per il solo tratto di costa di pertinenza del comune di Roma Capitale. Il litorale di Roma Capitale è caratterizzato da 2 diverse macro-tipologie di utilizzo del suolo nella parte retrostante le spiagge (linea di retrospiaggia): partendo da nord-ovest, per circa 10Km, il litorale è occupato dal porto turistico di Ostia, seguito da stabilimenti balneari con un retroterra costituito dal grosso dell'abitato di Ostia e, oltre il Canale dei Pescatori, dalle aree urbanizzate tra la Pineta di Castel Fusano e la costa. Procedendo verso sud-est, per circa 8 km, il litorale della riserva di Castel Porziano presenta un sistema dunale e spiaggia libera (Figura 2). Il litorale di fronte l'abitato di Ostia è caratterizzato da una forte urbanizzazione e presenta una diffusa tendenza erosiva. La riserva di Castelporziano è caratterizzata da un sistema spiaggia-duna con dinamica più "naturale" che alterna tratti in erosione e tratti in avanzamento. I tratti di fascia costiera in erosione generalmente variano nel tempo. In Figura 3, sono riportate alcune immagini che visualizzano la variazione della linea di riva nel periodo 1950-2020 (con arretramenti di 80-100 m nella zona dell'abitato di Ostia).



Figura 2. Caratterizzazione della linea di retrospiaggia: infrastrutture (rosso) e naturale (verde).



Figura 3 A. Variazione delle linee di riva nell'abitato di Ostia.



Figura 3 B. *Variazione delle linee di riva a sud-est del Canale dei Pescatori.*



Figura 3 C. *Variazione delle linee di riva nell'area di Tor Paterno.*



Figura 3 D. *Variazione delle linee di riva nell'area di Castel Porziano.*

Dal rilievo ISPRA fatto per gli anni 2000, 2006 e 2020, sono stati valutati i km di costa naturale (costa bassa e sabbiosa) e di costa artificiale (strutture artificiali quali opere di difesa radenti/pennelli/chiusure portuali⁴¹ e strutture artificiali in genere che insistono sulla linea di costa). La valutazione è stata fatta sia a scala di Unità Fisiografica (Foce del Tevere – Capo D'Anzio; Fig 4 e 5), che per il solo tratto di costa di competenza di Roma Capitale (Fig 6). Per gli stessi anni, ed i medesimi tratti di costa, è stata effettuata l'analisi di dinamica costiera dalla quale si evince che a fronte di un aumento di costa artificiale e di tutti i ripascimenti effettuati, si osserva un aumento dei km di litorale interessati da erosione e diminuzione di tratti in avanzamento (Fig 7).

⁴¹ Sono state considerate in questo caso solo le opere radenti alla costa, escludendo i diversi Km di costa protetta da barriere soffolte di fronte a Ostia.

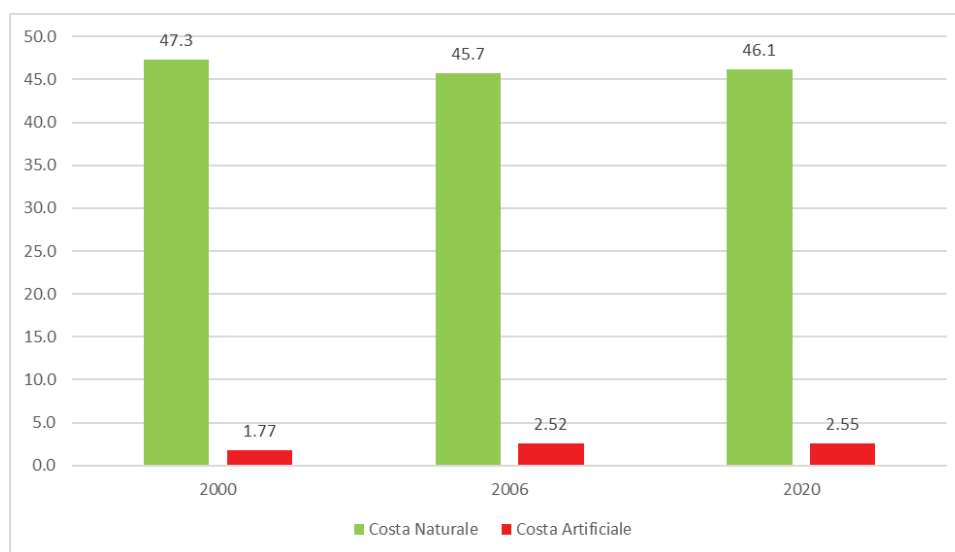


Figura 4. Valori in km di costa naturale e costa artificiale per l'Unità Fisiografica (2000-2020).

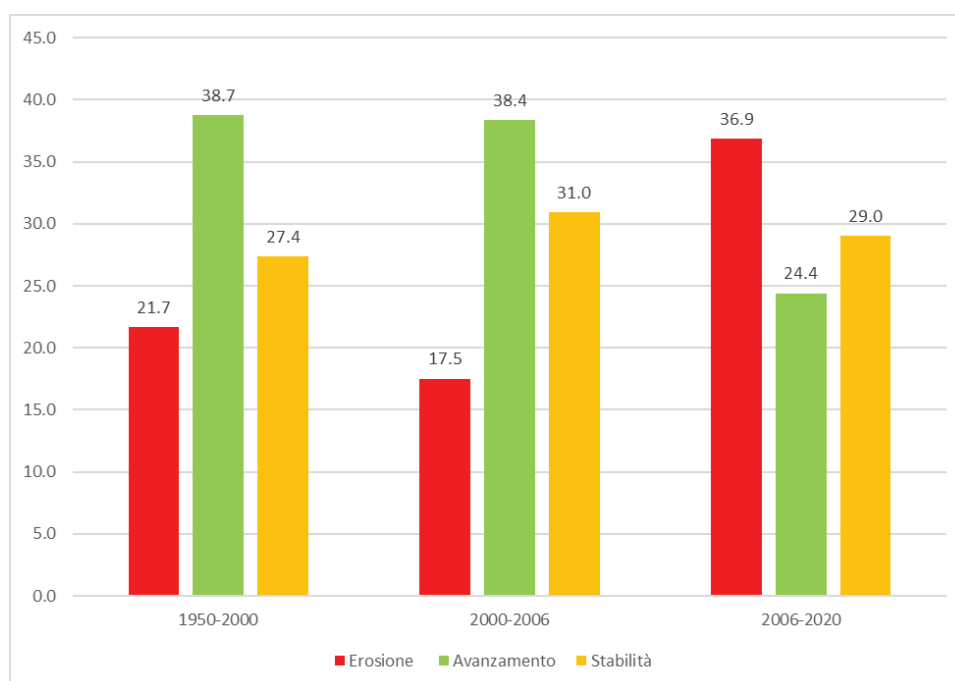


Figura 5. Caratterizzazione della dinamica costiera per Unità Fisiografica (km).

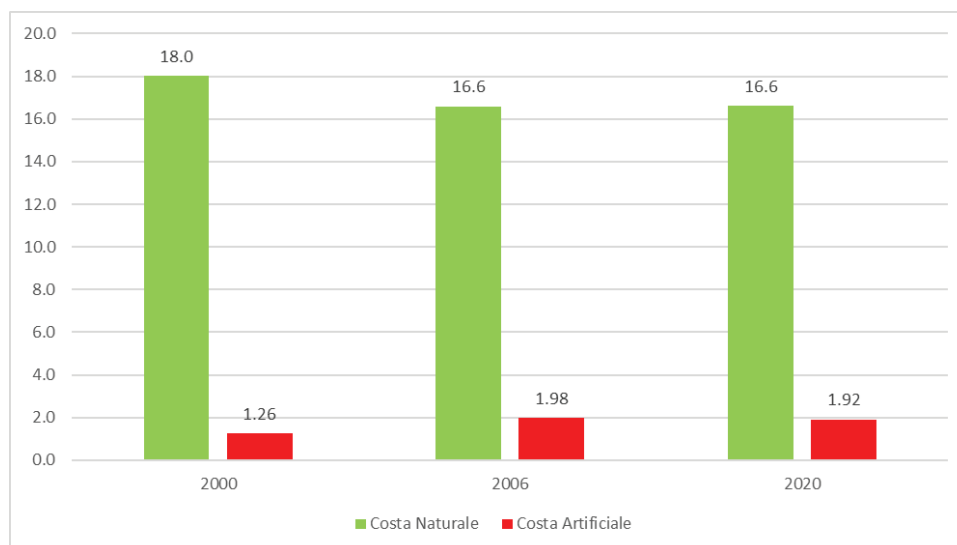


Figura 6. Valori in km di costa naturale e costa artificiale per il Comune di Roma negli anni

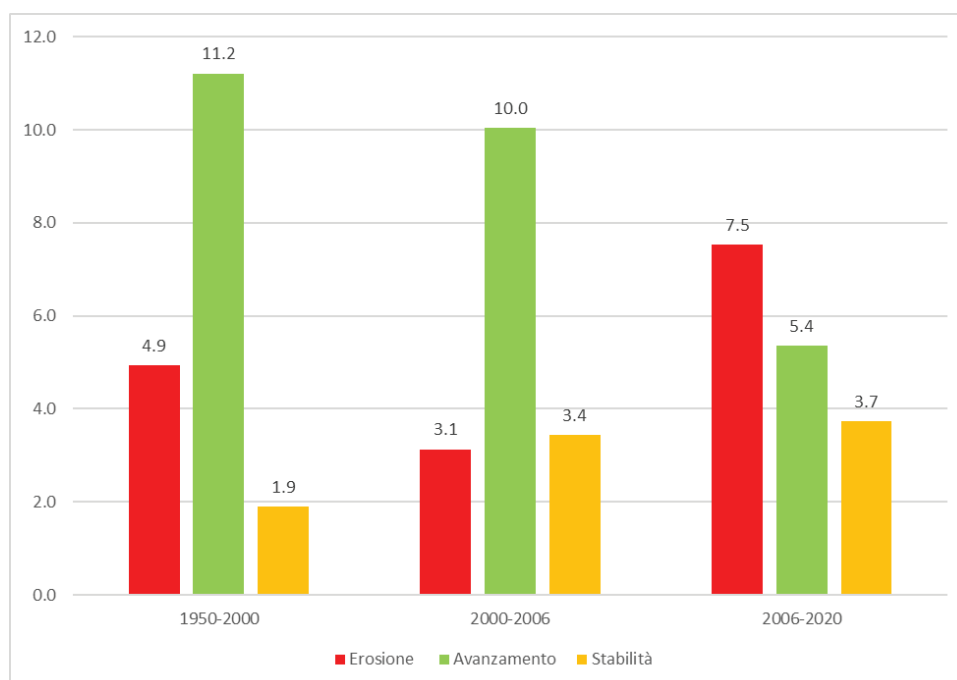


Figura 7. Analisi dinamica costiera di sola costa naturale Comune di Roma (km)

Per effetto dei processi erosivi e dell'occupazione delle aree di spiaggia e delle aree dunali che hanno interessato il litorale romano, la superficie di spiaggia emersa (compresa tra la linea di riva e la linea di retrospiaggia) è scesa da circa 159 km² del 2000 a 95 km² del 2020 (Fig 8). Questa tendenza alla perdita di superficie di spiaggia può considerarsi ad oggi ancora in atto. È altresì evidente che il massimo valore di superficie di spiaggia relativo all'anno 2006 (178 km²) è riconducibile agli interventi di difesa e ricostruzione del litorale effettuati tra il 1999 ed il 2003 quando furono sversati circa 2,5 milioni di m³ di sabbia estratta da DSMR (PAI dell'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio, 2012)

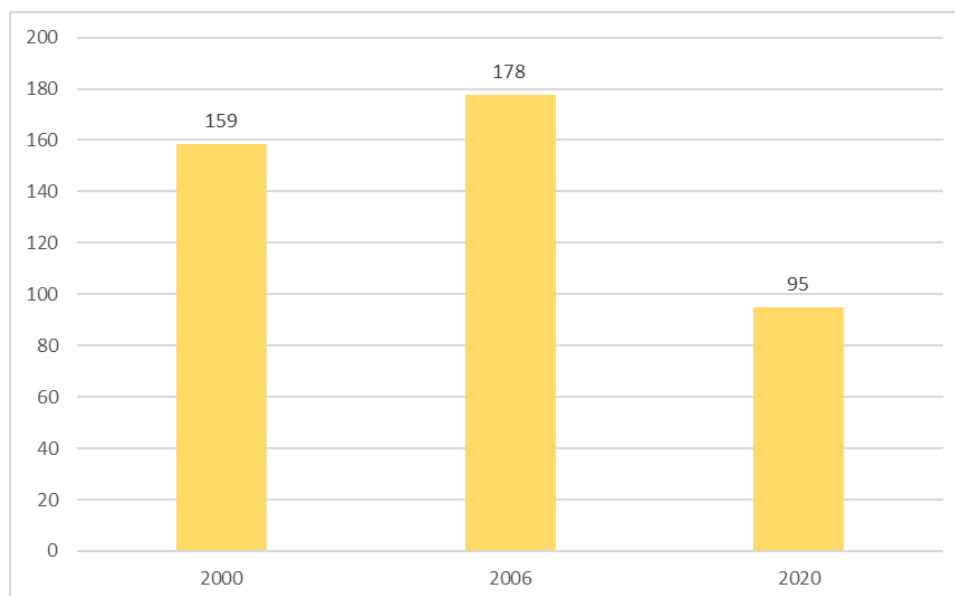


Figura 8. Variazione in km² della superficie di spiaggia emersa di Roma Capitale (2000-2020).

Impatto delle variazioni relative del livello del mare

Altro tema che merita di essere approfondito è l'impatto della variazione relativa del livello del mare. ENEA, ha realizzato delle mappe per individuare quelle aree costiere che, in futuro, potrebbero trovarsi ad una quota inferiore rispetto al livello medio mare. Per implementare tali scenari, sono stati utilizzati i un modello digitale della costa (DEM; sulla base di rilievi effettuati dal Ministero dell'ambiente nel 2010), gli scenari di previsione del MED 16 per stimare l'innalzamento del livello del mare (Sannino et al., 2022; Fig 9) ed il prodotto cartografico Ortho (L3), rilasciato dallo *European Ground Motion Service* (EGMS), disponibile solo per 5 anni (2016-2020), interpolato linearmente fino al 2100.

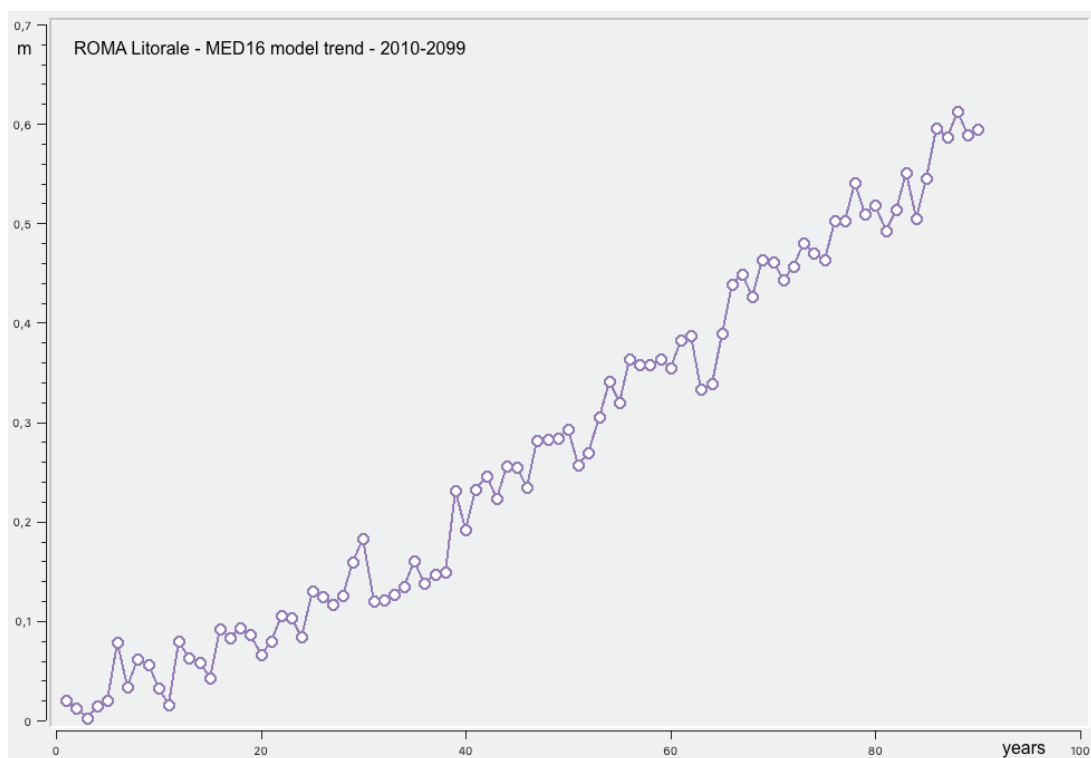


Figura 9. Innalzamento medio del livello medio del mare tra il 2010 ed il 2100.

In Fig 10, sono rappresentate con il colore blu le aree costiere del litorale di Roma maggiormente interessate dall'impatto dell'innalzamento relativo del livello del mare.

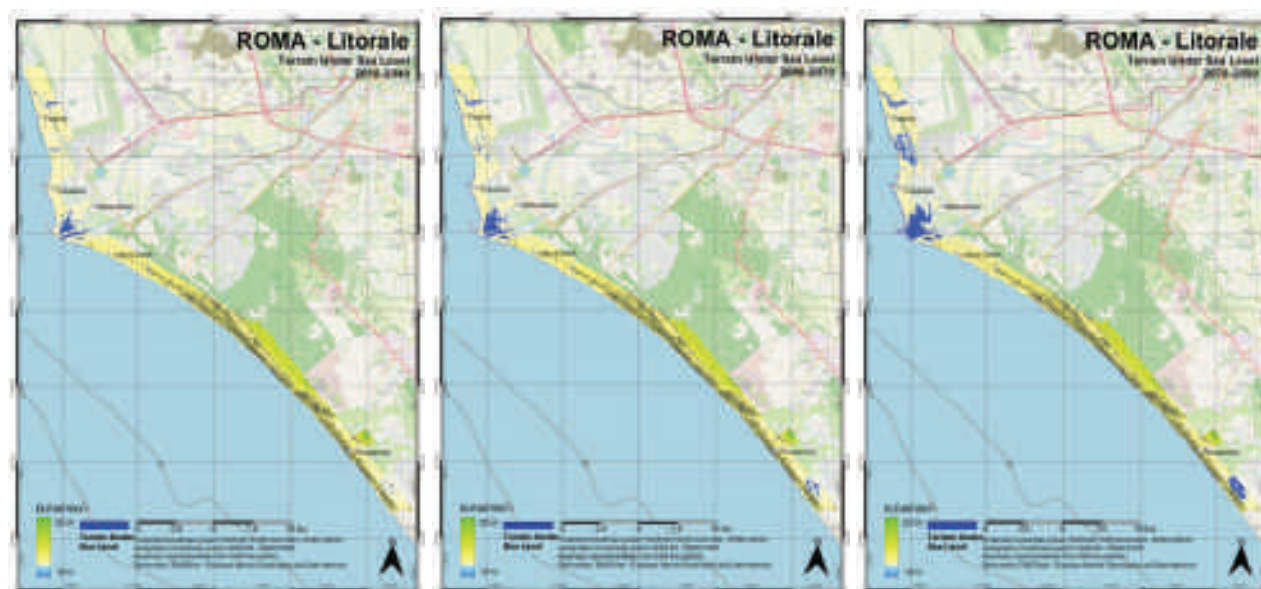


Figura 10. Aree del litorale che si troveranno ad una quota inferiore rispetto al Im1986 nel 2040, 2070 e 2099 (blue).

Gli scenari climatici futuri messi a disposizione dal CMCC riguardano principalmente variabili meteorologiche (consultabili sul portale dedicato sotto la voce “*visualize climate data*”). Tali parametri non hanno una particolare rilevanza per gli studi e gli approfondimenti che interessano la fascia costiera (dinamica della linea di riva o variazioni relative del livello del mare). Tuttavia, variazioni di temperatura e precipitazioni potrebbero influire anche sull’ecologia della fascia costiera. Di conseguenza, possibili disequilibri potrebbero interessare il sistema spiaggia-duna favorendo, ad esempio, variazioni dell’assetto vegetazionale che svolge un ruolo di stabilizzazione dei depositi eolici (retrospiaggia), riducendo il trasporto di sabbia dall’arenile verso l’entroterra e/o favorendo la conservazione ed accrescimento dell’Habitat dunale. Non si può escludere che eventuali variazioni climatiche possano innescare un diradamento della vegetazione dunale, favorendo l’insorgenza di *blow-out* (canali scavati dal vento soprattutto concentrati laddove la vegetazione dovesse divenire più rada), sui quali, in un secondo momento, le piogge dalla strada litoranea potrebbero innescare fenomeni di intenso ruscellamento ed eventuali dissesti della massicciata stradale (Pallottini e Cappucci, 2009; Valentini et al., 2020). La ricaduta di tali fenomeni potrebbe essere un crescente onere di manutenzione della strada litoranea e più frequenti fenomeni di allagamento delle aree più depresse.

Identificazione dei rischi e delle vulnerabilità (con relativa differenziazione spaziale)

In Fig 11 sono riportati i risultati di alcune elaborazioni che aiutano a comprendere lo sviluppo spaziale del fenomeno di arretramento della linea di riva nel periodo 2006-2020.



Figura 11A. *Dinamica costiera 2006-2020 (area di Castel Porziano)*



Figura 11B. *Dinamica costiera 2006-2020 (area di Tor Paterno)*



Figura 11C. *Dinamica costiera 2006-2020 (sud-est Canale dei Pescatori)*



Figura 11D. Dinamica costiera 2006-2020 (abitato di Ostia)

Per quanto riguarda invece le aree maggiormente vulnerabili per effetto dell'innalzamento relativo del livello del mare, queste ricadono in prossimità della foce del Fiume Tevere e alcune aree di retro duna a Sud dell'abitato di Torvaianica (Fig 12A). Sono riportati anche due ingrandimenti relativi alla Foce del Tevere (Fig 12B) ed il tratto compreso tra l'abitato di Ostia ed il Canale dei Navigatori (Fig 12C), che evidenziano le porzioni di territorio che potrebbero essere maggiormente esposte a processi di allagamento.



Figura 12A. Mappa delle aree che potrebbero trovarsi ad una quota inferiore rispetto al livello medio del mare entro la fine del secolo lungo la fascia Costiera del Comune di Roma Capitale (colore blue).



Figura 12B. Aree che potrebbero trovarsi ad una quota inferiore rispetto al livello medio del mare entro la fine del secolo nella zona di Foce del Fiume Tevere (blue).

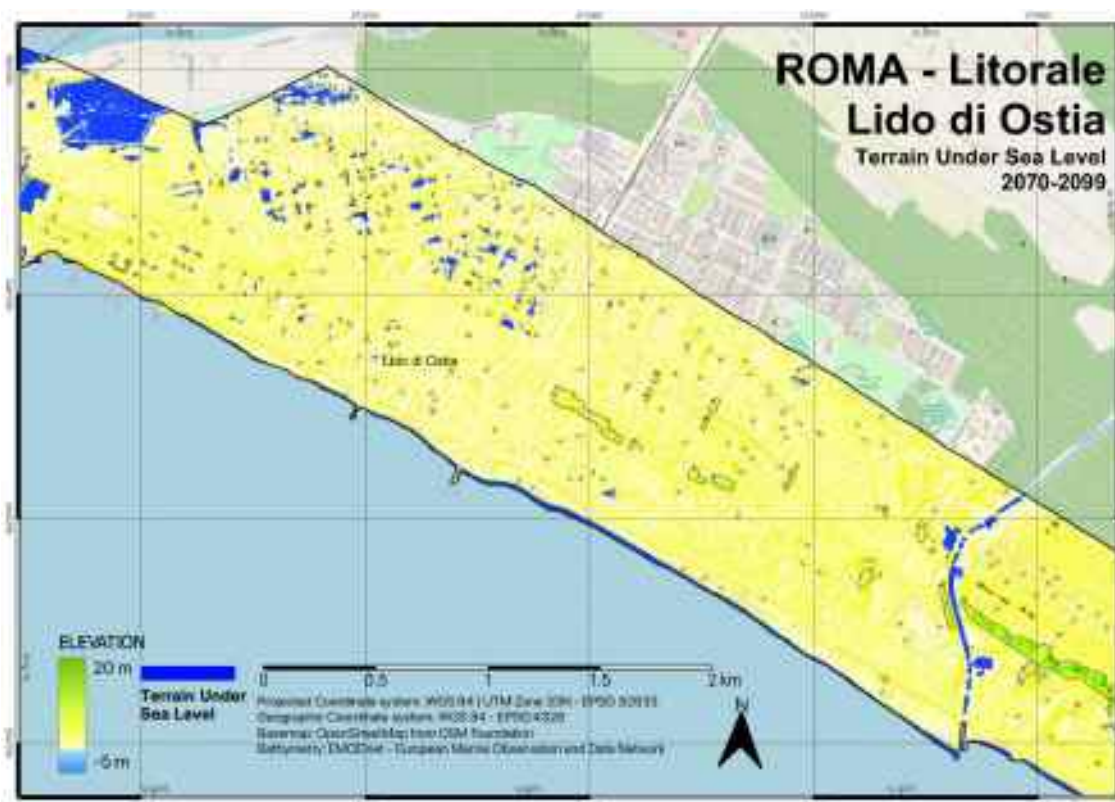


Figura 12C. Ingrandimento delle aree più vulnerabili all'innalzamento relativo del livello del mare (blue).

Per meglio comprendere quali saranno i beni del sistema costiero del Comune di Roma (Municipio di Ostia) maggiormente esposti al rischio costiero associato alla variazione relativa del livello medio del mare entro la fine del secolo, in Fig 13 si indicano le relative ripartizioni percentuali: (a) urbano (44,8%); (b) corpi idrici (24,5%); (c) zone umide (16,1%); (d) spazi aperti poco o non vegetati (11,2%); (e) boschi e foreste (3,4%).

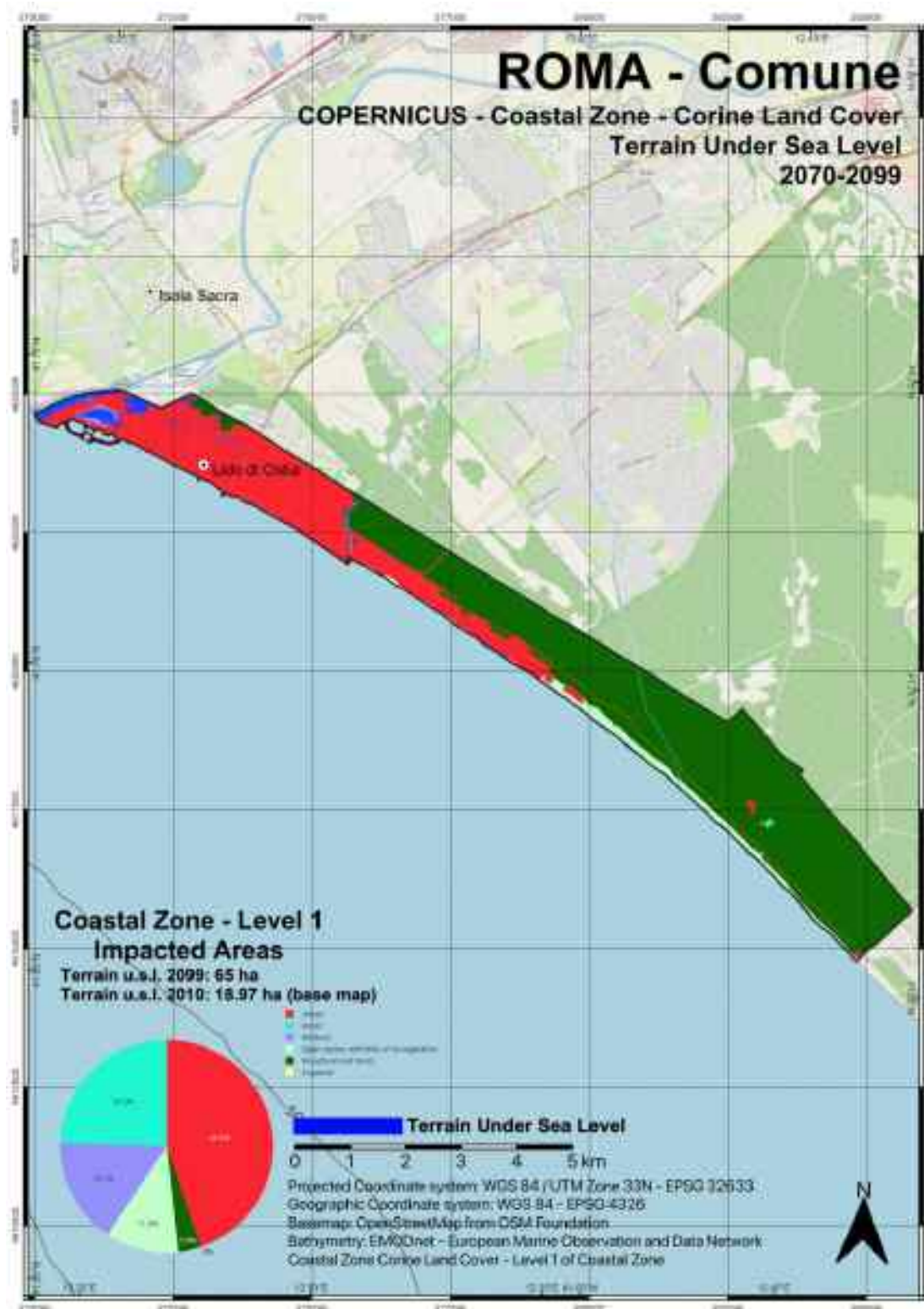


Figura 13. Classi di Corine Land Cover esposte a rischio di variazione relativa del livello del mare entro il 2100.

In linea generale è possibile affermare che l'erosione costiera è un processo dovuto ad un ridotto apporto solido del Fiume Tevere e che il Litorale del Comune di Roma, che si sviluppa a sud-est della



sua Foce principale per circa 18 km, presenta arretramenti della linea di riva più marcati a sud delle opere rigide aggettanti in mare come il canale dei Pescatori. Come già indicato, la superficie della spiaggia emersa è aumentata nel periodo 2000-2006 per effetto degli interventi di ripascimento, ma poi è diminuita nonostante la realizzazione delle opere di difesa sia continuata, a dimostrazione che tale strategia non fa che spostare il problema sottoflutto verso altri tratti di litorale più distanti rispetto alla Foce. Lo stesso fenomeno è stato studiato e documentato presso i Comuni di Fiumicino e Focene (che si trovano a pochi km a Nord della Foce del Fiume Tevere).

Per quanto riguarda le aree a maggior rischio costiero nei confronti dell'innalzamento relativo del livello del mare, queste si trovano in alcuni tratti di retrospiaggia dei Comuni di Focene e Fiumicino (Nord della foce), e Ostia e Torvaianica (Sud della Foce). Le aree del Comune di Roma Capitale maggiormente interessate sono proprio retrostanti il Lido di Ostia e in particolare nell'area urbana retrostante il Porto.

2.4.1 Insediamenti urbani e infrastrutture

Andrea Filpa, Simone Ombuen, Lorenzo Barbieri (Università Roma Tre), Francesca Giordano (Ispra)

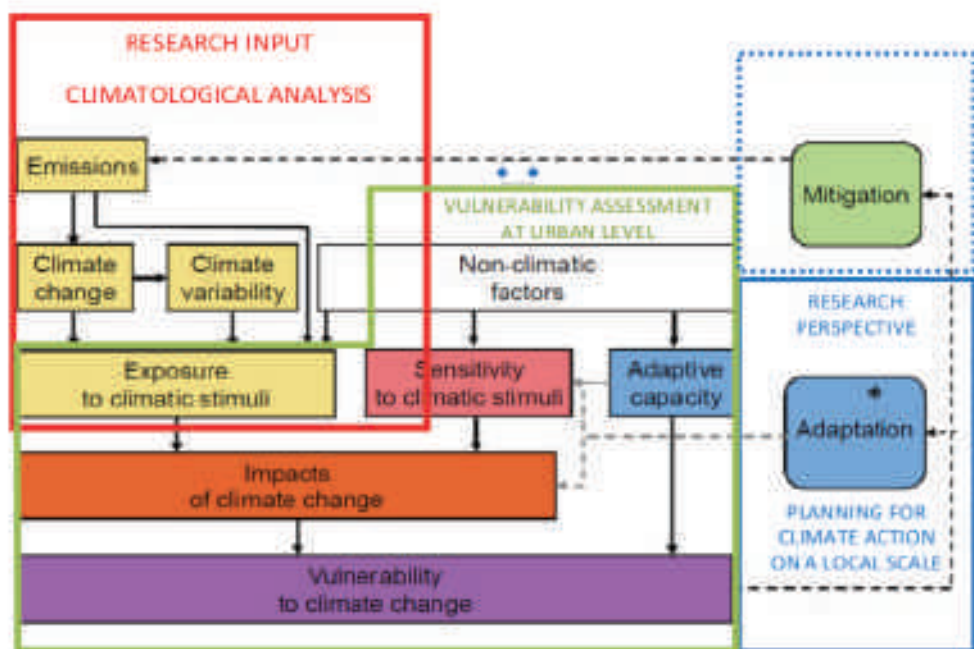


ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

1. Analisi dello stato di fatto e degli impatti attuali

1.1. Vulnerabilità degli insediamenti

Applicando un percorso metodologico messo a punto dal Progetto ESPON (Fig. 1), una ricerca condotta in collaborazione tra Dipartimento di Architettura della Università Roma Tre ed ENEA (2014) è pervenuta alla redazione di una cartografia espressiva dei differenti livelli di vulnerabilità climatica dell'insediamento residenziale romano.



Schema della ricerca con riferimento allo schema di ESPON

Fig.1: Schema metodologico della ricerca sulla vulnerabilità climatica di Roma condotta dal Dipartimento Architettura di Roma Tre ed ENEA (2014).

a) Le Unità di Analisi

Per poter apprezzare la variabilità spaziale della vulnerabilità climatica dell'insediamento sono state adottate *Unità di Analisi* (UdA) rappresentative delle articolazioni territoriali minime cui sono state riferite le informazioni territoriali e statistiche.

Al fine di assicurare la replicabilità in altri contesti nazionali dell'esperienza condotta su Roma, le UdA sono state individuate utilizzando fonti e data base cartografici generalmente disponibili sul territorio italiano, ed in particolare:

- la *Carta Tecnica Regionale* (CTR) in scala 1: 5000;
- la *Carta di Uso del Suolo* (CUS) con approfondimento corrispondente al IV livello di *Corine Land Cover*;
- le sezioni di censimento ISTAT e i relativi dati statistici riguardanti popolazione ed abitazioni;
- la banca dati stradale MultiNet - TeleAtlas.

Le UdA hanno dimensioni variabili, approssimativamente corrispondenti al quartiere o parte di esso, e identificano porzioni di città sostanzialmente omogenee in termini di funzioni, morfologia urbana, tipologia edilizia; si tratta dunque di ripartizioni che potranno essere utilizzate, in prospettiva, come ambiti omogenei per l'implementazione di politiche ed azioni di adattamento climatico. Sono state individuate circa 1900 UdA, di superficie variabile tra 0,5 ha e 266 ha. (Fig .2).

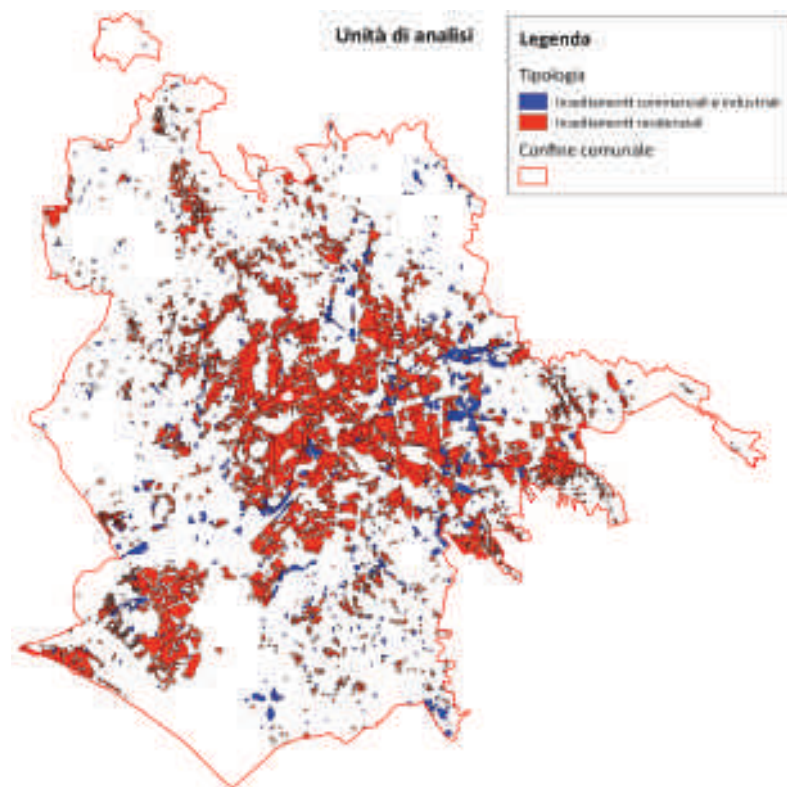


Fig.2: Le Unità di Analisi (UdA) utilizzate.

b) L'Analisi della Esposizione

Per quanto riguarda l'analisi dell'esposizione, sono stati considerati di maggiore rilevanza nel contesto studiato due fenomeni climatici: l'aumento delle temperature estive e dell'intensità delle precipitazioni. Di conseguenza è stata valutata l'esposizione di ciascuna UdA rispetto all'intensificazione delle ondate di calore, dal rischio di alluvioni e dal rischio di allagamento causato da eventi di pioggia intensa (Fig.3)

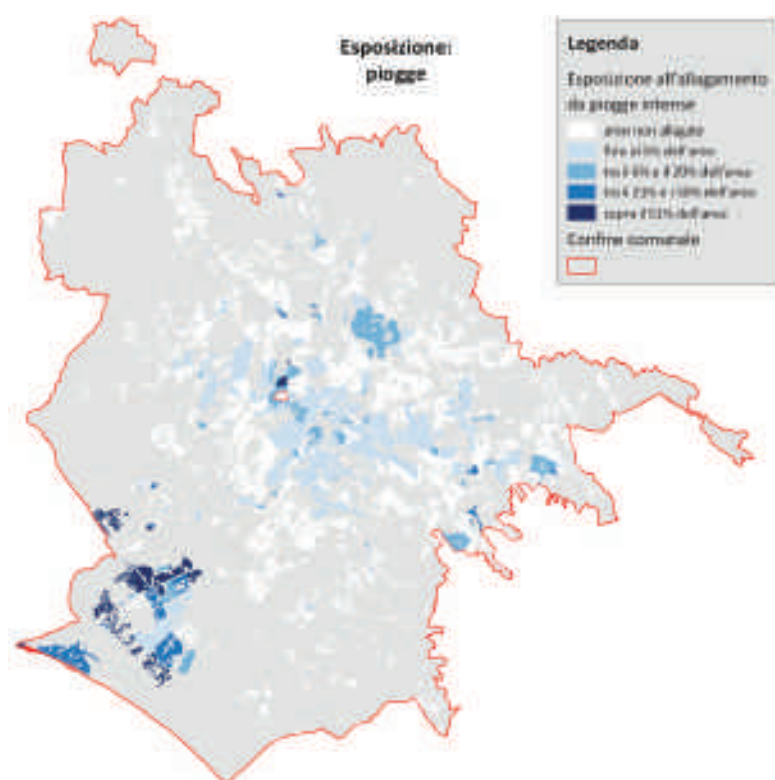


Fig.3: Mappa della Esposizione alla pioggia intensa

c) L'Analisi della Sensibilità

Le mappe inerenti il grado di sensibilità ai cambiamenti climatici di ciascuna UdA, valorizzando la letteratura disponibile, sono state elaborate selezionando variabili legate a caratteristiche urbane (funzione, continuità e densità del costruito) e demografiche (densità di popolazione e percentuale di popolazione anziana), pervenendo ad un indice di *Sensibilità Aggregata* (Fig. 4).

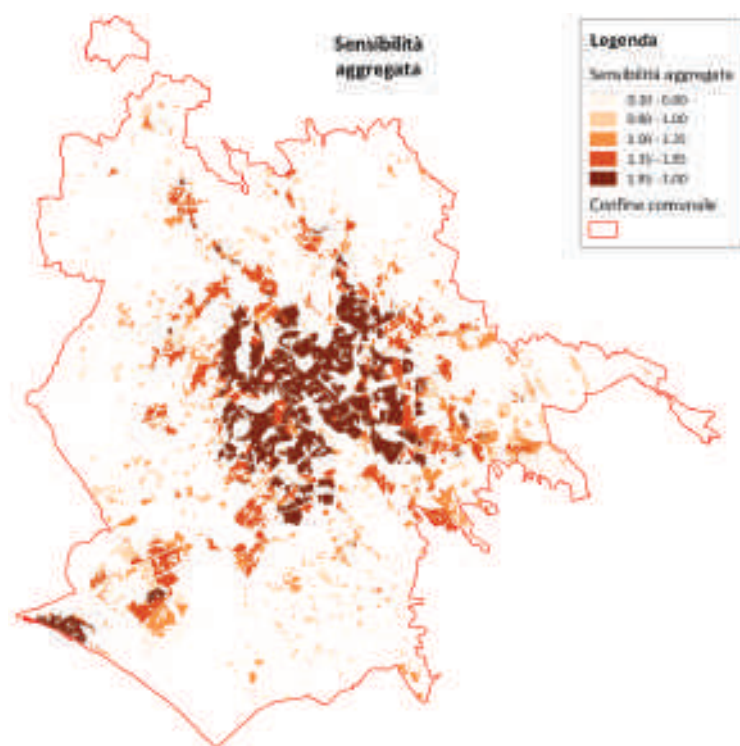


Fig. 4: *Mappa della Sensibilità Aggregata.*

d) *L'Analisi degli Impatti*

La combinazione tra fattori di esposizione e gradi di sensibilità ha condotto successivamente alla elaborazione della mappa degli impatti aggregati (Fig. 5), espressiva della maggiore o minore intensità – limitatamente ai tre fenomeni considerati: ondate di calore, allagamenti, alluvioni – dei potenziali impatti nelle differenti parti della città.

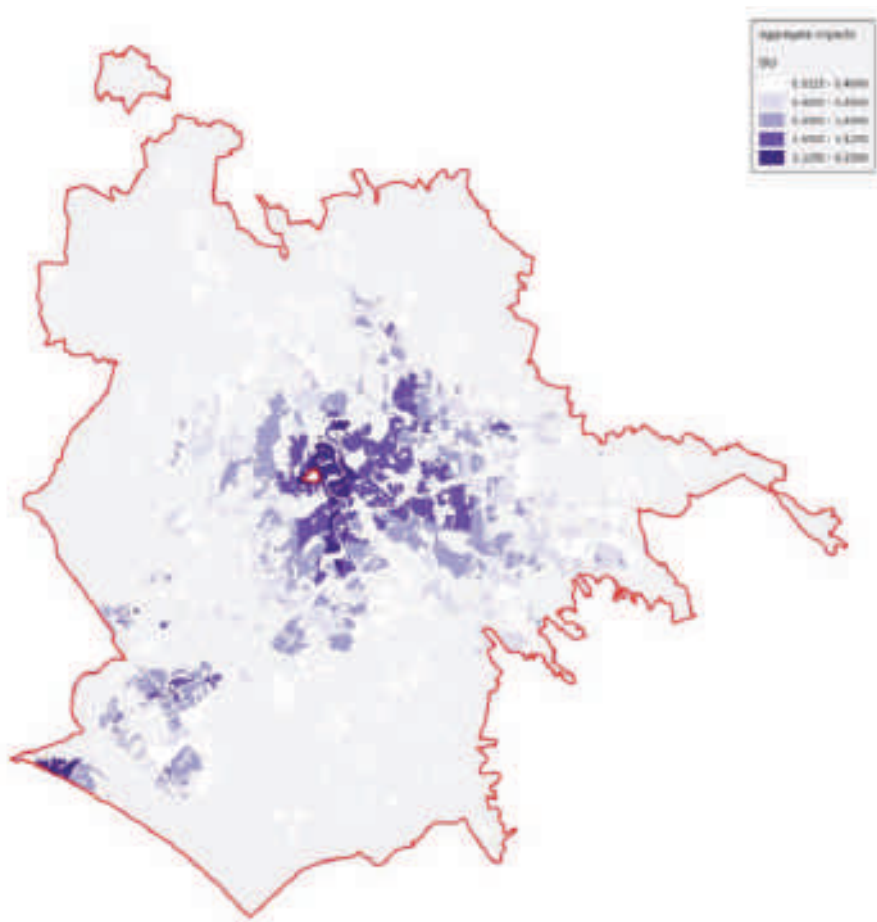


Fig. 5: *Mappa degli Impatti Aggregati*

e) *I Fattori di Resilienza*

Proseguendo nella applicazione della metodologia ESPON sono stati infine considerati tre *fattori di resilienza*, intesi come situazioni di contesto (di natura fisica) suscettibili di limitare oppure accentuare la severità degli impatti potenziali, considerando in particolare:

- la prossimità alle infrastrutture verdi, intesa come il grado di adiacenza di ciascuna UdA alle aree verdi urbane e ai boschi (Fig. 6);
- la presenza di vegetazione, stimata usando l'indice di vegetazione (NDVI, *Normalised Difference Vegetation Index*) derivato da immagini satellitari;
- la percentuale di suolo permeabile, calcolata come valore inverso dell'indice di *soil sealing* elaborato dall'EEA a livello europeo.

f) *La Carta della Vulnerabilità Climatica 1.0.*

L'ultimo passaggio della ricerca ha condotto alla redazione della Carta della Vulnerabilità Climatica di Roma, denominata CVCR 1.0. per sottolineare che i tematismi utilizzati – meno numerosi di quelli

utilizzati in altre città europee – avrebbero potuto nel tempo essere ampliati raffinando gli esiti del telaio metodologico utilizzato.

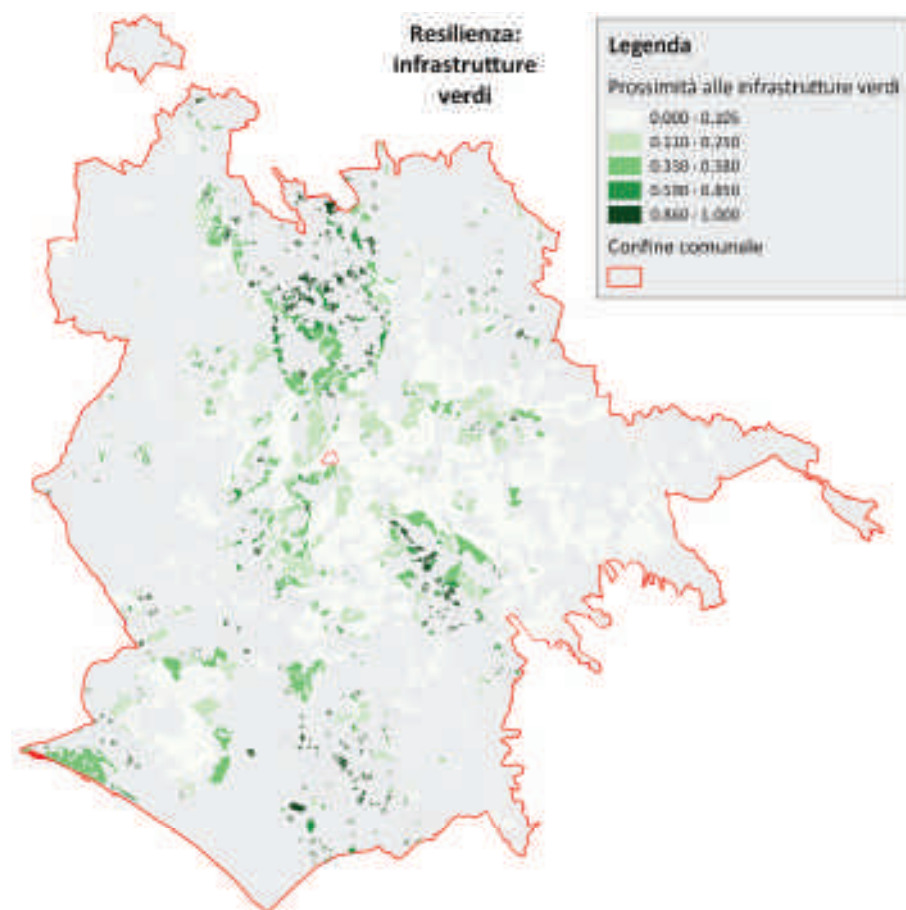


Fig. 6: *Mappa della Prossimità alle infrastrutture verdi*

La CVCR 1.0. (Fig. 7) mostra una situazione dell'insediamento romano spazialmente molto articolata, suggerendone una prima lettura basata su tre circonferenze concentriche; la più interna ripercorre il perimetro delle mura storiche della città, la seconda il sistema delle attuali tangenziali (che racchiudono approssimativamente il perimetro della città degli anni '50) e la più esterna il tracciato del GRA (Grande Raccordo Anulare).

Gli insediamenti collocati all'esterno del GRA appartengono in prevalenza alle classi di vulnerabilità meno elevate, presentando in genere densità abitative ed edilizie basse, un edificato caratterizzato da elevata frammentazione (e quindi meno soggetto al fenomeno della UHI), una incidenza più modesta della popolazione anziana.

L'area sud-ovest (Ostia, Acilia, Casal Palocco) presenta tuttavia caratteristiche molto differenti - ovvero di elevata vulnerabilità - essendo soggetta sia a rischi di esondazione sia a rischi di allagamento dovuti all'aver occupato con insediamenti urbani territori un tempo paludosi la cui struttura di bonifica idraulica risulta oggi insufficiente.

La corona ricompresa tra il GRA e il sistema delle tangenziali presenta vulnerabilità attestate sulle

classi medie, ma con significative differenze tra i quadranti nord-orientali, dove la presenza del Fiume Aniene comporta aree soggette a rischio idraulico (e quindi vulnerabilità medio/alta) e quelli sud-occidentali, che registrano vulnerabilità medio/basse.

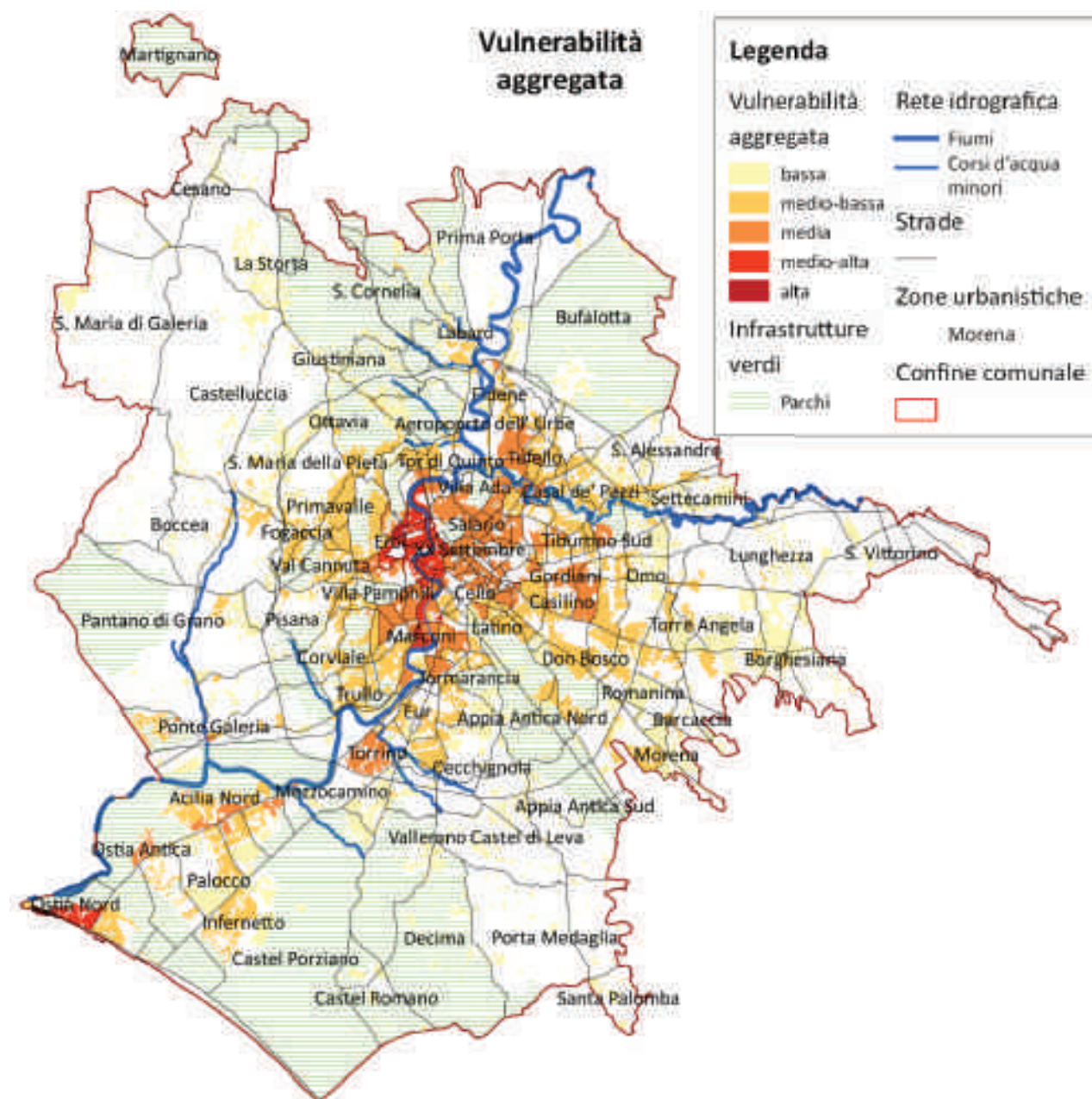


Fig.7: Carta della Vulnerabilità Climatica di Roma (CVCR 1.0.)⁴²

La corona ricompresa tra il sistema delle tangenziali e le mura storiche fa registrare vulnerabilità climatiche piuttosto variabili; mentre la porzione meridionale presenta una prevalenza di valori medi – è intuibile che l'incidenza del fenomeno dell'isola di calore è attenuata da una minore densità insediativa e da un'ampia dotazione di aree verdi - il resto della corona mostra vulnerabilità

42 Il Rapporto di sintesi della ricerca è scaricabile all'indirizzo:

https://drive.google.com/file/d/0B6Q2nzC4VOsAODkwQmdzT1dRXzA/view?usp=share_link&resourcekey=0-7wiMoGfupbi-5pMEtPhWkKg

da medio/alte ad alte, anche dovute al rischio idraulico.

La parte centrale dell'insediamento romano risulta quella connotata da maggiore vulnerabilità climatica, soprattutto nella parte nord-orientale; valori meno elevati si riscontrano di converso nelle porzioni nord-occidentali e meridionali.

Le indicazioni della CVCR 1.0 presentano analogie con situazioni riscontrate in altre grandi città europee; il nucleo centrale delle città è infatti quello dove maggiori sono gli impatti dei picchi di calore, dove più elevate sono le densità insediative, mediamente minori le dotazioni di verde e mediamente maggiore è la presenza di popolazione anziana. Nel caso specifico di Roma questo dato generale è ulteriormente accentuato dalla presenza del rischio idraulico.

Come si evince dalla Fig. 7, tuttavia, la interpretazione per fasce concentriche non illustra compiutamente la complessità della vulnerabilità climatica di Roma.

Per quanto concerne le aree con vulnerabilità meno accentuata, infatti, è possibile rilevare la presenza di due *cunei* in corrispondenza del Parco archeologico dell'Appia Antica (a sud-est) e del Parco archeologico di Veio (a nord), permanenze storiche che assumono oggi un inedito valore aggiunto di carattere climatico per gli insediamenti circostanti.

Un cuneo di significato inverso è rilevabile invece ad est, ed in particolare nelle aree ricomprese tra le vie Tiburtina e Casilina; in questo caso i livelli di vulnerabilità risultano medio-alti anche ben oltre il tracciato delle tangenziali a causa di un mix tra forte densità abitativa, alta percentuale di suolo impermeabilizzato, alta incidenza dell'isola di calore e presenza di rischi idraulici.

2.4.2 Tipi di città e clima urbano

Lucina Caravaggi, Cristina Imbroglini, Anna Lei (DiAP Sapienza Università di Roma)



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Diversi studi stanno indagando e monitorando il rapporto tra ambienti urbani e cambiamento climatico, valutando, da un lato, gli impatti del riscaldamento globale sulle città e sugli abitanti, dall'altro il contributo al cambiamento climatico, prodotto dalle città, responsabili del 75 % delle emissioni globali di CO₂.⁴³

Sono tuttavia ancora in fase di avvio le ricerche volte a indagare, secondo un approccio transcalare, impatti ed effetti subiti e prodotti da differenti tipi di insediamento urbano e dalle differenti parti della città (downscaling dei modelli climatici)⁴⁴. Nelle grandi conurbazioni, in particolar modo in Europa, dove città e territori sono esito di successive fasi di sviluppo e stratificazione storica, le differenze insediative appaiono particolarmente evidenti e significative nella valutazione della resilienza e della impronta ambientale e nella definizione di strategie di adattamento.

Roma è in questo senso una città paradigmatica. La diversità dei caratteri morfologici⁴⁵, ambientali e storico-evolutivi del territorio romano ha prodotto paesaggi urbani molto differenti, con specifici caratteri spaziali, funzionamenti, prestazioni climatiche, rischi e possibilità di miglioramento, di seguito sinteticamente delineati.

1. *Città storica*: parte di città caratterizzata da compattezza e stratificazione, costituita dalla parte centrale di Roma e da centri urbani minori; ⁴⁶ borgate storiche; ⁴⁷ abitati sorti lungo la viabilità e nei pressi delle stazioni ferroviarie, insediamenti balneari costieri, che rispetto ai processi di più recente urbanizzazione rappresentano in qualche modo dei nuclei originari (già presenti nelle carte degli anni Cinquanta anche oltre il GRA). Questo tipo di città ha nel complesso un

43 UNEP (2023) Annual report 2022, <https://www.unep.org/resources/annual-report-2022>

44 Cfr. Oke T.R., (2006) *Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Cities. Instruments and Observing Methods*, WHO No.81, Musco F., Zanchini E. (2013) *Le città cambiano il Clima*, Corila, Venezia; Bonafè G. (2006) *Microclima urbano: impatto dell'urbanizzazione sulle condizioni climatiche locali e fattori di mitigazione*, ARPA Emilia-Romagna.

45 Cfr. Calzolari V. (1999) *Storia e natura come sistema: un progetto per il territorio libero dell'area romana*, Argos, Roma p. 105. cfr. Imbroglini C. (2019) *Non chiamatela periferia*, in L.Caravaggi, O.Carpignano, *Roma in movimento. Pontili per collegare territori sconnessi*, Quodlibet, Macerata.

46 Città storica e centri urbani minori sono caratterizzati da tipologie edilizie tradizionali (schiera, pseudoschiera, corte, blocco ecc.) e da un'elevata densità (sup. coperta su sup. totale >80%). I centri minori situati nella prima corona sono cresciuti fino agli anni Novanta sia in termini di popolazione residente che di estensione, attraverso espansioni a media e alta densità in adiacenza al centro e lungo le strade di accesso o di collegamento con le stazioni ferroviarie.

47 Le borgate "ufficiali" realizzate durante il periodo fascista sono insediamenti ad alta densità (tranne Acilia hanno tutti una superficie coperta >80%) con un impianto planimetrico e tipologie edilizie molto semplici (prima casette rustiche poi case plurifamiliari di 2/3 piani e solo negli ultimi interventi piccoli palazzi di 4/5 piani).

elevata impronta climatica ed una bassissima resilienza. La densità degli edifici, la presenza di ampie superfici impermeabili che rallentano i naturali fenomeni di evapotraspirazione del suolo e di materiali come l'asfalto, pessimi conduttori, amplificano l'effetto di isola di calore⁴⁸. Impermeabilizzazione e obsolescenza dei sistemi di drenaggio e raccolta delle acque rendono la città storica particolarmente vulnerabile agli eventi meteorologici estremi, con allagamenti sempre più frequenti. L'innalzamento delle temperature, in particolare nel periodo estivo rende inoltre questo tipo di città particolarmente energivora, a bassissima efficienza. La siccità rappresenta inoltre un fattore di rischio per il patrimonio di spazi verdi storici. Sebbene la vicinanza i servizi e la disponibilità di sistemi di trasporto collettivo e spazi per la pedonalità (ZTL, etc) riducano la necessità di spostamento con mezzi privati, queste aree non sono esenti da traffico di attraversamento con effetti sulla qualità dell'aria e sul patrimonio monumentale (inquinamento da traffico).

2. *Città consolidata*: parte di città contraddistinta dal carattere di continuità urbana (si tratta di espansioni di fine 800- primi del 900 contigue alla città storica) e continuità edilizia. La tipologia edilizia prevalente è quella dell'isolato. Dal punto di vista climatico questo tipo di città presenta prestazioni e rischi analoghi a quelli della città storica, aggravati proprio dalla presenza della strada corridoio che rappresenta il cosiddetto *canyon urbano* per eccellenza- spazi attraversati da traffico veicolare sostenuto o intenso, delimitate da quinte continue di edifici alti che rallentano maggiormente la velocità dei venti ostacolando la circolazione delle correnti d'aria e la dispersione degli inquinanti, intrappolando inoltre la radiazione riemessa dagli edifici, impedendo il raffreddamento notturno e l'asportazione del calore per convezione. La città consolidata è anche poco resiliente: la presenza di corti, cortili e spazi aperti interni all'edificio, gli edifici lungo strada e l'uso del piano terra rappresentano elementi di rischio in caso di eventi meteorologici estremi.⁴⁹ La scarsa dotazione di spazi verdi pubblici acuisce l'effetto isola di calore rispetto a parti meno dense della città. Come per la città storica l'accessibilità attraverso sistemi di mobilità collettiva e sostenibile a beni, servizi, attività riduce il traffico locale, ma funziona al tempo stesso da attrattore per altre parti della città sprovviste o carenti di servizi.
3. *Città moderna*: è la città realizzata nel dopoguerra, attraverso quartieri tendenzialmente autosufficienti caratterizzati da un impianto urbanistico che applica i principi della zonizzazione (separazione funzionale) e gli standard (quantità minime e inderogabili). Fanno parte della città moderna anche i PEEP /Piani di zona /167. Dal punto di vista climatico questa città è potenzialmente più efficiente di quella storica e consolidata: l'impianto urbanistico, con ampi spazi aperti e permeabili (verde a standard e connettivo), la lontananza degli edifici dal fronte stradale e tipologie edilizie isolate, contribuiscono a ridurre l'impronta climatica e ad aumentare la resilienza complessiva, sebbene le prestazioni dei singoli edifici siano spesso basse, con

48 <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma36-quanto-fa-caldo-nei-quartieri-di-roma/>

49 Cfr. Progetto di ricerca "METROPOLIS - Metodologie e Tecnologie integrate e sostenibili per l'adattamento e la sicurezza dei sistemi urbani", finanziato nell'ambito del PONREC 2007-2013 vedi: D'Ambrosio, V. (2018) *Vulnerabilità climatica, scenari di impatto e strategie di adattamento per la città resiliente*, TECHNE Journal of Technology for Architecture and Environment, 15.

necessità di adeguamenti ed efficientamenti.⁵⁰ La dotazione di servizi interni al quartiere, vicino alle residenze, riduce la necessità di alcuni spostamenti sistematici, e quindi del traffico locale.

4. *Città contemporanea*: è la città della dispersione, che pone fine alla fine distinzione tra città e campagna, realizzata dagli anni 70 ad oggi, per progressive aggiunte di isole insediative più che quartieri, caratterizzata da eterogeneità dimensionale e funzionale. I tipi di insediamento che costituiscono la città contemporanea sono:

- *Insedimenti a bassa densità*: insediamenti costituiti da tipologie edilizie differenti (case mono e plurifamiliari, villette, case a schiera) caratterizzati da densità variabili (sup. coperta su sup. totale compresa tra il 10% e il 50%).⁵¹
- *Insedimenti a media densità*: insediamenti costituiti prevalentemente da palazzine, con densità variabili (sup. coperta tra il 30% e l'80%).
- *Grandi interventi unitari*: più recenti espansioni urbane a cavallo e fuori dal GRA sono state realizzate attraverso interventi unitari - insediamenti a carattere intensivo con densità edilizie medio-alte (sup. coperta tra il 50 e l'80%). Le tipologie edilizie prevalenti sono la palazzina plurifamiliare, le case in linea (nelle variazioni a stecca, a *crescent*, a corte ecc.) e più raramente le case torre o a schiera.
- *Gated communities*: aree residenziali recintate, sorvegliate, insediamenti a bassa densità (sup. coperta tra il 10 e il 30%), con ampi spazi verdi privati e collettivi, spesso dotati di propri impianti sportivi (golf club o tennis, piscina) e una rete viaria privata
- *Case sparse*: insediamenti a carattere discontinuo a bassissima densità (sup. coperta <10%) costituiti prevalentemente da case isolate e ville, realizzate in differenti fasi di crescita del territorio urbanizzato metropolitano e in contesti morfologici e ambientali profondamente diversi.

Dal punto di vista climatico questi differenti tipi di insediamenti presentano alcuni problemi comuni: la scarsa accessibilità che si traduce in una dipendenza dal mezzo privato con elevati livelli di traffico e inquinamento e la scarsa resilienza rispetto ad eventi climatici estremi. Gli abitanti dei territori urbanizzati contemporanei di Roma dipendono dal mezzo privato sia per spostamenti urbani e sistematici (casa-lavoro) che per spostamenti locali. Questa condizione non è dovuta solo alle carenze del sistema della mobilità ma anche da specifici caratteri spaziali degli insediamenti che non favoriscono in alcun modo gli spostamenti sostenibili, incidendo pesantemente sul bilancio urbano in termini di qualità ambientale e impatto climatico. La città contemporanea è infatti carente di quei caratteri che rendono uno spazio urbano a misura di pedone, capace cioè di favorire e incoraggiare spostamenti a piedi, non solo per motivi ricreativi o occasionali. Questi fattori sono: la connettività, intesa come capacità della rete stradale di garantire percorsi multipli e alternativi per raggiungere una

50 Le caratteristiche energetiche degli edifici, in particolare quelle dell'edilizia residenziale pubblica realizzata con i primi PEEP, sono generalmente molto basse, sia per l'età degli edifici, che per la qualità e lo stato di manutenzione.

51 Le densità più elevate invece (sup. coperta tra il 30% e il 50%) caratterizzano gli insediamenti di origine abusiva e quelli realizzati per attuazione diretta (senza piani attuativi),

stessa destinazione; la densità residenziale e la mixité, presenza di attività commerciali, direzionali ecc., che garantiscono la presenza di pedoni lungo la strada e occasioni di presidio sociale; la sicurezza dei percorsi pedonali e ciclabili intesa sia come protezione dal traffico veicolare, sia come visibilità; la piacevolezza dell'esperienza in termini di benessere, comfort ambientale, percezione estetica del paesaggio circostante, capacità di orientamento, strettamente connessa anche alla presenza di spazi verdi; la difficoltà di parcheggio (minori possibilità di trovare parcheggio per il mezzo privato incoraggiano ad uscire di casa a piedi); presenza di spazi di interazione sociale aperti e costruiti .⁵²

La città contemporanea è una città complessivamente poco sicura e resiliente in caso di eventi meteorologici estremi. Gli insediamenti unitari, i grandi interventi di edilizia sociale, i recinti produttivi e commerciali sono caratterizzati dalla presenza di spazi aperti impermeabilizzati (strade, parcheggi, piazzali), spesso sovradimensionati, che limitano l'infiltrazione delle acque nel suolo e determinano un aumento della portata e della velocità del contributo idrico dovuto al deflusso superficiale con aumento dei rischi di allagamenti. Negli insediamenti a bassa e media densità realizzati attraverso processi di aggiunte progressive, prive di reti di drenaggio e smaltimento delle acque meteoriche, piogge molto intense o eccezionali portano al sovraccarico dei sistemi di drenaggio esistenti, spesso appena sufficienti a gestire carichi ordinari. La sicurezza dei territori urbanizzati contemporanei, in caso di eventi meteorici eccezionali è ridotta anche per la carenza di alternative all'uso del mezzo privato. Manca cioè quella ricchezza di connessioni che consentirebbe ai nuovi cittadini metropolitani di essere resilienti, spostarsi comunque quando una strada risulti impraticabile per avverse condizioni meteo senza sentirsi prigionieri urbani. Negli insediamenti abusivi la mancanza di sicurezza è un fattore congenito dal momento che si tratta per lo più di localizzazioni illegali in aree fragili o a rischio (sponde fluviali, coste, aree di vincolo idrogeologico, aree golenali e piane allagabili, versanti ad elevata pendenza ecc.) La presenza di vasti spazi aperti, molti dei quali non utilizzati, non presidiati e non mantenuti, anche se di proprietà pubblica, è un altro fattore di rischio: se da un lato garantisce infatti una quota significativa di suolo permeabile tra gli insediamenti, dall'altro rappresenta una sorta di mina vagante, per la proliferazione di usi impropri e impattanti (prime tra tutte le discariche abusive) e il rischio di incendi (in particolare nei tratti adiacenti le strade).

Gli interventi volti a aumentare resilienza e capacità di adattamento e mitigazione climatica devono quindi essere differenziati e declinati rispetto alla diversità di ambienti e comportamenti degli abitanti, tenendo conto anche della diversità di strumenti di pianificazione e progettazione, nonché delle misure di finanziamento e delle diverse possibilità di coinvolgimento e partecipazione della collettività.

52 La connettività è un carattere carente nei territori dell'urbanizzazione contemporanea. Molti insediamenti unitari, PEEP e insediamenti a bassa e media densità hanno una sola strada di accesso che rappresenta anche l'unica connessione tra la zona residenziale, i servizi (scuole, commercio, sport ecc.), le reti di trasporto urbano (in particolare su ferro). È il caso della Nomentana bis per i quartieri di Fonte Nuova e Marco Simone; della Collatina per Ponte di Nona, del via - dotto Gronchi per Bufalotta. Che si tratti di strade di scorrimento o di strade a sezione ridotta questi tratti stradali, che rappresentano l'unico collegamento tra quartieri monofunzionali e città, sono di fatto spazi invivibili, congestionati dal traffico nelle ore di punta, poco sicuri e di fatto inaccessibili a pedoni e ciclisti. L'alternativa è attraversare, senza alcuna condizione di sicurezza e piacevolezza, gli ampi spazi aperti che separano un insediamento dall'altro: aree incolte, abbandonate, sottoutilizzate in cui proliferano percorsi spontanei.

2.4.3 Il fenomeno isole di calore urbana a Roma

Francesco Asdrubali (Università degli studi Roma Tre, Dipartimento di Ingegneria Industriale, Elettronica e Meccanica)



Per isola di calore urbana (Urban Heat Island, UHI) si intende la formazione di microclimi all'interno delle aree urbane caratterizzati da un aumento della temperatura rispetto alle zone rurali limitrofe, principalmente nelle ore notturne. L'incremento è tanto maggiore quanto più densa è l'edificazione (edifici multipiano a ridotte distanze gli uni dagli altri) e l'antropizzazione (cementificazione del suolo e perdita di terreno vegetale); il fenomeno è pertanto molto più marcato nelle aree metropolitane.

Le cause del fenomeno sono da ricercare nella scarsa attenzione verso le tematiche ambientali nella progettazione urbanistica delle città e nella riduzione delle aree verdi, fondamentali per la regolazione del microclima e la riduzione dell'inquinamento atmosferico. Infatti, tra le principali cause dell'aumento delle temperature in ambito urbano, vi è la preponderanza delle aree cementificate, caratterizzate da ampie superfici impermeabili che rallentano i naturali fenomeni di evapotraspirazione del suolo. Alcuni materiali, come l'asfalto delle strade e le coperture degli edifici, assorbono notevolmente la radiazione solare a causa delle colorazioni scure e delle relative proprietà termofisiche. Inoltre, le geometrie dei tessuti urbani densamente edificati incidono in modo significativo sull'intensità del fenomeno: gli edifici alti rallentano maggiormente la velocità dei venti e, dunque, ostacolano la circolazione delle correnti d'aria. I cosiddetti "canyon" urbani intrappolano la radiazione riemessa dagli edifici, impedendo il raffreddamento notturno e l'asportazione del calore per convezione. Devono poi essere considerati anche gli effetti legati al traffico veicolare, al calore prodotto dagli insediamenti produttivi e all'intenso utilizzo dei condizionatori nella stagione estiva, i quali, a loro volta, riversano aria calda nell'ambiente esterno.

L'insieme di tutte queste diverse cause fa sì che la temperatura dell'aria nelle aree metropolitane più densamente edificate sia, soprattutto nella stagione estiva, anche di 5 gradi superiore rispetto alle zone rurali limitrofe, con conseguente notevole aggravio dei consumi degli impianti di condizionamento e condizioni ambientali che possono risultare di discomfort e anche pericolose per la salute umana.

La quantificazione delle isole di calore urbano è fondamentale per comprendere la gravità del fenomeno, mettere in atto azioni di mitigazione, anche al fine di migliorare il comfort delle persone, e progettare adeguatamente gli impianti degli edifici.

Alcuni ricercatori dell'Università Roma Tre, in un recente lavoro, hanno studiato le caratteristiche dell'isola di calore urbana di Roma, utilizzando i dati orari acquisiti da 35 centraline microclimatiche, afferenti alle reti osservative ASTI-Network e del Centro Funzionale Regionale. La rete ASTI-Network è stata sviluppata nell'ambito del progetto europeo LIFE-ASTI dai ricercatori dell'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (CNR-ISAC) di Roma, e comprende 32 stazioni meteorologiche installate su tetto, di cui 26 fanno parte della rete osservativa amatoriale Meteo Lazio. Nello studio è stato calcolato l'indicatore di intensità dell'isola di calore urbana (noto come UHI, *Urban Heat Island Intensity*), che misura la differenza tra le temperature medie, massime o minime registrate dalle centraline microclimatiche interne alla città rispetto a quelle della centralina rurale di riferimento. Quest'ultima è stata individuata nella stazione meteorologica aeroportuale di Fiumicino, convenzionalmente utilizzata anche da tecnici e specialisti del settore e inclusa nel file climatico dei principali codici di calcolo per la simulazione energetica degli edifici. In particolare, per quantificare il fenomeno UHI è stata utilizzata l'intensità UHI diurna e notturna, calcolata secondo le seguenti espressioni:

$$UHI_{diurna} = T_{max_{area\ urbana}} - T_{max_{area\ rurale}} \quad (1)$$

$$UHI_{notturna} = T_{min_{area\ urbana}} - T_{min_{area\ rurale}} \quad (2)$$

dove UHI_{diurna} e $UHI_{notturna}$ sono gli indici di intensità del fenomeno UHI, rispettivamente diurno e notturno, $T_{max_{area\ urbana}}$ e $T_{min_{area\ urbana}}$ sono le temperature massime mensili registrate di giorno e le temperature minime mensili registrate di notte dalla stazione di Roma prescelta, mentre $T_{max_{area\ rurale}}$ e $T_{min_{area\ rurale}}$ sono le temperature massime mensili registrate di giorno e le minime mensili registrate di notte dalla stazione rurale (Fiumicino).

L'analisi è stata condotta a livello annuale, stagionale (considerando i valori medi dei mesi estivi e invernali) e mensile.

Lo studio⁵³ è stato svolto nell'ambito di #mappaparoma, un progetto nato nel febbraio 2016, pensato per unire il rigore scientifico con un linguaggio accessibile a tutti, proponendo dati facilmente fruibili sui quartieri romani e rappresentandoli in forma cartografica, per evidenziare le forti differenze socioeconomiche che caratterizzano il territorio di Roma.

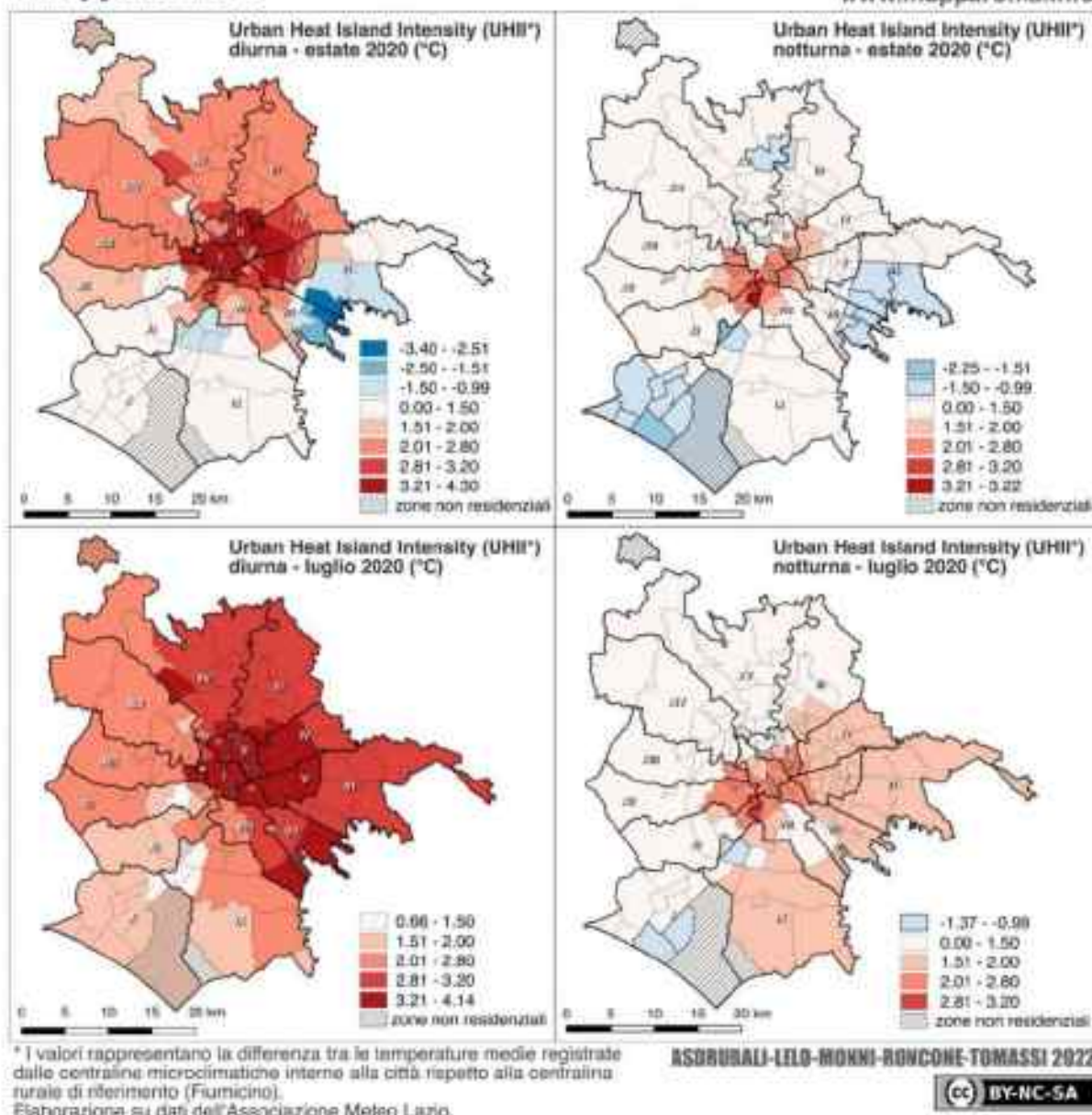
A partire dai calcoli effettuati, sono state sviluppate delle mappe per una visualizzazione più immediata del fenomeno, ed in particolare le mappe diurna e notturna della stagione estiva del 2020 e quelle del mese di luglio 2020, in quanto maggiormente rappresentative dell'intensità del fenomeno. Per l'indicatore di intensità UHI diurno nella stagione estiva si registrano variazioni delle temperature comprese tra $-3,3^{\circ}\text{C}$ (zone rurali fuori dal Grande Raccordo Anulare) e $+4,3^{\circ}\text{C}$ (zone densamente antropizzate) mentre in quello relativo al mese di luglio si assiste a una variazione delle temperature

⁵³ Si ringraziano Salvatore Monni, Ketil Lelo e Federico Tomassi, artefici del progetto #mappaparoma, e il gruppo di Fisica tecnica dell'Università Roma Tre, i cui studi hanno contribuito a delineare il fenomeno dell'isola di calore a Roma descritto nel presente documento, ed in particolare: Roberto de Lieto Vollaro, Luca Evangelisti, Claudia Guattari, Emanuele de Lieto Vollaro, Gabriele Battista, Marta Roncone, Dante Maria Gandola. Si ringraziano inoltre il CNR-ISAC di Roma e Meteo Lazio, che ha messo a disposizione i dati della rete ASTI-Network, e il progetto EU LIFE-ASTI (implementation of a forecasting System for urban heat Island effect for the development of urban adaptation strategy; LIFE17 CCA/GR/000108), che ha finanziato parte delle stazioni utilizzate.

tra $+0,7^{\circ}\text{C}$ e $+4,1^{\circ}\text{C}$. In entrambi i casi, seppure con intensità differenti, si può notare che il fenomeno dell'isola urbana di calore è più marcato nei quartieri centrali della città e nella periferia storica del quadrante est, in gran parte dei municipi I, II, IV e V e più limitatamente nel XIII. Nella stagione estiva le zone urbanistiche con le variazioni maggiori sono Centro Storico e Aurelio nord (le uniche sopra i 4°C), e poi Aurelio sud, Prati, Eroi, Trastevere, Trieste, Sacco Pastore, Celio ed Esquilino (tutte sopra $3,5^{\circ}\text{C}$). Nel mese di luglio a queste zone sopra $3,5^{\circ}\text{C}$ si aggiungono – tra quelle residenziali – anche XX Settembre, San Lorenzo, Salaria e Nomentano.

Per l'indicatore notturno nella stagione estiva si registrano variazioni delle temperature comprese tra $-2,2^{\circ}\text{C}$ e $+3,2^{\circ}\text{C}$, mentre in quello relativo al mese di luglio sono comprese tra $-1,4^{\circ}\text{C}$ e $+3,2^{\circ}\text{C}$. Anche in questo caso il fenomeno è più marcato in corrispondenza dei quartieri centrali, ma con un baricentro spostato verso sud e ovest, nel I municipio e in parte del II, VII, VIII, XI, XII e XIII. Nella stagione estiva le zone urbanistiche con le variazioni maggiori non sono quelle del centro ma della periferia storica a sud-ovest: Valco San Paolo, Marconi, Ostiense e Garbatella (sopra $2,7^{\circ}\text{C}$), e poi Tuscolano nord, Gianicolense, Colli Portuensi, Testaccio, San Lorenzo, Portuense e Pian Due Torri (sopra $2,3^{\circ}\text{C}$). Nel mese di luglio a queste zone sopra $2,3^{\circ}\text{C}$ si aggiungono – tra quelle residenziali – anche Celio, Appio, Esquilino e Torpignattara.

A dimostrazione dell'influenza della densità del costruito e della cementificazione urbana sul fenomeno dell'isola di calore, infine, confrontando queste mappe con quelle di precedenti studi come la densità di popolazione e il consumo di suolo, si nota una perfetta corrispondenza tra le zone della città maggiormente affette dalle isole di calore e quelle con maggiore densità abitativa e impermeabilizzazione del suolo.



Un ulteriore recente studio, condotto da ricercatori dell'Università Roma Tor Vergata e del CNR-ISAC di Roma, sfruttando la medesima rete di centraline, ha caratterizzato l'isola di calore urbana estiva a Roma per le estati 2019 e 2020, confermando la presenza di un significativo fenomeno di isola urbana di calore, con risultati simili a quelli dello studio di #mapparoma. In questo studio, sono stati messi in relazione la temperatura dell'aria e il grado di urbanizzazione, quantificato dalla variabile imperviousness (IMP) misurata da satellite, che indica in percentuale la presenza di superfici artificiali. Si è perciò potuta stimare l'intensità dell'isola di calore con elevata accuratezza come la differenza tra le aree con IMP 100% (densamente urbanizzate) e quelle con lo 0% (totalmente rurali). I risultati mostrano un ciclo diurna della UHI con picco medio di 3.4°C a mezzanotte, e valore minimo di 0.1°C alle ore 10:00, in maniera simile a quanto ottenuto nello studio di #mapparoma [8]. Risulta notevole

il valore puntuale più alto osservato nel corso delle due estati, pari a 6.2°C.

Sempre grazie alla rete di centraline ASTI-Network, è stato possibile analizzare i dati relativi agli anni 2021 e 2022, al fine di verificare il trend del fenomeno nelle ultime due estati. Il numero di centraline i cui dati sono stati resi disponibili è minore di quello degli studi precedenti, ma comunque rappresentativo di diversi contenti urbani e densità di edificazione.

Per brevità, sono presentati solamente i dati relativi al fenomeno dell'isola di calore urbana relative alla stagione estiva e al mese di luglio 2021-2022. Questi mesi sono stati scelti poiché sono maggiormente rappresentativi dell'intensità del fenomeno.

Zona	Sigla centralina meteo (Weather Station)
Fiumicino	FCO
Ciampino	CIA
Roma_Appia_antica	WS-01
Roma_Liceo_Keplero_Centrale	WS-02
Roma_Liceo_Keplero_Succursale	WS-03
Roma_Liceo_Farnesina	WS-04
Roma_EUR	WS-05
Roma_Bravetta	WS-08
Roma_Cipro	WS-09
Roma_Casalotti_Piazza_Ormea	WS-11
Roma_Ottavia	WS-12
Roma_Trieste	WS-13
Roma_Batteria_Nomentana	WS-14
Roma_Pigneto	WS-17
Ciampino	WS-20

UHI 2021-2022 - diurno estate

Stazioni

Anno	WS-01	WS-02	WS-03	WS-04	WS-05	WS-08	WS-09	WS-11	WS-12	WS-13	WS-14	WS-17	WS-20
2021	0,99	1,10	0,45	1,31	0,74	-0,16	1,32	0,53	0,41	1,34	1,47	1,55	2,38
2022	1,13	1,00	0,71	1,28	0,55	0,24	1,54	0,48	0,66	1,31	1,23	1,44	1,96

UHI 2021-2022 notturno estate

Stazioni

Anno	WS-01	WS-02	WS-03	WS-04	WS-05	WS-08	WS-09	WS-11	WS-12	WS-13	WS-14	WS-17	WS-20
2021	1,58		2,71	1,06	2,99	2,63	2,74	1,96	1,63	1,56	2,74	2,52	1,98
2022	1,52		2,32	2,04	2,70	2,31	2,86	1,72	1,68	2,26	2,60	2,49	2,09

UHII 2021- 2022 diurno luglio

Stazioni

Anno	WS-01	WS-02	WS-03	WS-04	WS-05	WS-08	WS-09	WS-11	WS-12	WS-13	WS-14	WS-17	WS-20
2021	0,69	0,65	0,04	0,43	0,21	-0,57	0,88	-0,23	-0,65	0,88	0,67	1,26	2,21
2022	2,66	2,47	2,00	2,97	1,79	1,81	3,61	2,31	2,81	3,37	2,92	3,13	3,48

UHII 2021 - 2022 notturno luglio

Stazioni

Anno	WS-01	WS-02	WS-03	WS-04	WS-05	WS-08	WS-09	WS-11	WS-12	WS-13	WS-14	WS-17	WS-20
2021	1,26		2,43	0,87	2,46	2,44	2,78	1,28	0,89	1,94	2,06	2,22	2,17
2022	1,02		1,95	1,61	2,44	1,94	2,69	1,28	1,30	1,61	1,68	1,96	1,67

I valori calcolati confermano l'entità del fenomeno. Ad esempio, per quanto concerne l'analisi relativa al mese di luglio (mese più caldo dell'anno in entrambi gli anni di analisi), si ottengono variazioni diurne della temperatura superiori a + 3,5 °C a Cipro e Trieste, e variazioni notturne pari o superiori a +2,0°C in diverse zone.

Diversi studi hanno quantificato l'impatto che il fenomeno dell'isola urbana di calore ha sui consumi energetici degli edifici. Se da un lato è vero che il fenomeno contribuisce a ridurre il fabbisogno energetico nella stagione invernale, dall'altro i consumi estivi sono significativamente incrementati. Una ricerca condotta da studiosi dell'Università Roma Tre, ad esempio, ha evidenziato che, per un edificio storico a Roma, la diminuzione per il riscaldamento invernale può raggiungere il 33 % ma l'incremento del fabbisogno energetico per il raffrescamento può raggiungere il 93%.

Il fenomeno dell'isola urbana di calore comporta pertanto significative conseguenze ai fini della progettazione energetica degli edifici: i file climatici contenuti nei codici di calcolo comunemente usati per la simulazione energetica dinamica degli edifici sono spesso relativi a stazioni meteo dell'aeronautica, quindi situate in contesti extraurbani che non risentono del fenomeno. Ne consegue che un edificio progettato dal punto di vista termico in una zona centrale di una città metropolitana avrà impianti sovradimensionati per il riscaldamento invernale e sottodimensionati per il raffrescamento estivo.

Le soluzioni volte a ridurre il fenomeno dell'isola urbana di calore più efficaci sono ovviamente quelle adottate grazie a un approccio progettuale ed urbanistico consapevole e attento al microclima urbano. In caso di nuove edificazioni, andrebbe svolto sempre uno studio microclimatico dell'area, con l'intenzione di favorire la ventilazione naturale, valutare le migliori forme e dimensioni degli edifici, le ombre e le altezze dei volumi e l'inserimento di aree verdi.

La mitigazione più efficace per ridurre il fenomeno in contesti urbani già antropizzati è rappresentata dall'inserimento di aree verdi a livello del suolo ma anche in quota, quali ad esempio i tetti verdi. Sono efficaci anche i cosiddetti "Cool Roof", tetti freddi caratterizzati da materiali chiari con un basso

fattore di assorbimento solare e un'elevata emissività.

Anche le pavimentazioni, in cemento o in asfalto, di strade e piazze peggiorano l'effetto isola di calore, e anche in questo caso si possono realizzare pavimentazioni con colorazioni chiare e alto indice di riflettanza che mantengono una temperatura inferiore.

2.5 PATRIMONIO CULTURALE

Alessandra Bonazza, Alessandro Sardella (Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Consiglio Nazionale delle Ricerche)



L'analisi degli impatti e dei rischi per il patrimonio culturale è fornita sia in merito agli effetti delle variazioni graduali dei parametri climatici (temperatura, precipitazione, umidità relativa, ecc.) sia relativamente ai possibili danni causati da eventi idrometeorologici estremi (alluvioni, piogge intense, prolungati periodi siccitosi). Per entrambe le analisi è stata utilizzata la conoscenza e gli strumenti attualmente disponibili.

In particolare per la valutazione degli effetti delle variazioni graduali sul patrimonio costruito sono state usate le proiezioni di danno del vicino e lontano futuro (2010-2039, 2070-2099) messe a punto nell'ambito del progetto Europeo **Noah's Ark** (2004 -2007) coordinato dal CNR-ISAC (Bonazza et al., 2009a,b; Sabbioni et al., 2010). Tali proiezioni sono già state utilizzate per le analisi degli impatti e dell vulnerabilità settoriali nel Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/PNACC_AllegatoIII_impatti_vulnerabilita_settoriali.pdf) e nella precedente strategia (SNAC).

Per le valutazioni dei potenziali rischi causati da eventi climatici estremi è stato applicato il "Risk mapping tool for Cultural Heritage Protection" strumento Web GIS per la mappatura del rischio e supporto alla gestione del patrimonio culturale liberamente fruibile (<https://www.protecht2save-wgt.eu/>) e messo a punto nell'ambito dei Progetti Interreg Central Europe **ProteCHt2save** (2017 – 2020, <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/ProteCHt2save.html>) e **STRENCH** (2020 – 2022, <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/STRENCH.html>), coordinati dal CNR-ISAC (Sardella et al., 2020; Bonazza et al., 2022; Bonazza e Sardella, 2023).

Questo strumento è dedicato al supporto di policy-decision makers nell'individuazione delle aree a rischio per il patrimonio culturale in Europa e nel Bacino del Mediterraneo. Lo studio degli impatti degli eventi idro-meteo sul patrimonio culturale e naturale è di più recente sviluppo ed ha visto l'utilizzo delle più aggiornate metodiche e degli output della modellistica climatica con la risoluzione spaziale più elevata disponibile. Lo strumento "Risk Mapping Tool for Cultural Heritage Protection" infatti permette la visualizzazione di mappe ad elevata risoluzione spaziale (fino a 12x12 Km) delle variazioni delle principali variabili climatiche (temperatura e precipitazione) e di specifici indici di estremi climatici selezionati ed elaborati appositamente per valutare i potenziali impatti sul patrimonio

costruito e paesaggio. Gli indici climatici utilizzati sono stati selezionati da una serie di indici standard utilizzati per la stima di eventi estremi quali: piogge intense, siccità, inondazioni e ondate di calore e definiti dal team di esperti denominato Expert Team on Climate Change Detection Indices (ETCCDI). Tali indici sono consultabili sia sul sito web dell'ETCCDI (<http://etccdi.pacificclimate.org/indices.shtml>) sia sul sito web del progetto Climdex (<https://www.climdex.org/learn/indices>).

Per le valutazioni è stata anche consultata la piattaforma DATACLIME sviluppata dal CMCC (<https://cmccwebremhi.it/customer>).

2.5.1 Impatti causati dalle variazioni graduali

Gli scenari disponibili in merito agli impatti sul patrimonio culturale causati dalle variazioni graduali di parametri climatici e di inquinamento sono a scala Europea e per la loro produzione sono stati utilizzati gli output del modello Generale e Regionale prodotti dall'Hadley Center (HadCM3 e HadRM3) riferiti agli scenari emissivi A2 (IPCC 2001) con griglia di risoluzione 295X278 km e 50X50 km rispettivamente. Le proiezioni sono state prodotte per tre periodi temporali: periodo di riferimento (1961-1990), prossimo futuro (2010-2039), lontano futuro (2070-2099).

Gli impatti principali previsti sul patrimonio costruito della Città metropolitana di Roma per il periodo 2070 – 2099 sono i seguenti:

- aumento della recessione superficiale con valori massimi raggiungibili di 30-35 $\mu\text{m}/\text{anno}$ per monumenti e siti archeologici in marmo e calcari a bassa porosità in particolare se soggetti a diretto dilavamento dalla pioggia, in condizioni di umidità relativa e concentrazione di inquinanti gassosi e particolato elevate.
- potenziale aumento di decoesione e disgregazione in seguito a stress termico (termoclastismo) per il patrimonio costruito in marmo se direttamente esposto alla radiazione solare. Tale impatto è da ricondursi al raggiungimento e possibile superamento di una media all'anno di 250-300 eventi di tensione interna del materiale superiori a 20 MPa.
- modifiche nei processi di biodegrado (accumulo di biomassa, variazione del numero e delle tipologie di specie biologiche) dovute al previsto aumento della temperatura media (+ 1.6 – 2.1 °C nel periodo 2036-2065 rispetto 1981-2010 come ricavabile dalla piattaforma DATACLIME del CMCC) ed alle possibili variazioni stagionali delle precipitazioni e delle concentrazione degli inquinanti in atmosfera.
- possibile lieve aumento di decoesione per cristallizzazione/dissoluzione di sali solubili nei materiali da costruzione porosi quali arenarie, malte e mattoni. L'impatto è da ricondursi all'aumento della frequenza del numero dei cicli all'anno di umidità relativa intorno a 75.5% nel periodo 2070 -2099, che è previsto raggiungere valori superiori a 35 per l'area ricoperta dalla Città metropolitana di Roma. Si precisa che il numero di cicli l'anno di umidità relativa intorno a 75,5%, valore in cui si passa dalla dissoluzione ($UR > 75,5\%$) alla cristallizzazione ($UR < 75,5\%$) del cloruro di sodio, è stato assunto come indicatore quantitativo degli eventi di cristallizzazione di Sali (Camuffo 2019; Bonazza 2022).

2.5.2 Impatti causati da eventi estremi

Le mappe climatiche usate per la valutazione degli impatti sul patrimonio costruito derivano da simulazioni Euro-CORDEX (<http://www.euro-cordex.net>) con risoluzione spaziale di 0.11° (<https://www.euro-cordex.net/imperia/md/content/csc/cordex/20180130-eurocordex-simulations.pdf>) e 12 differenti combinazioni di modelli climatici globali e regionali GCM e RCM (Sardella et al. 2020). Le variazioni sono valutabili relativamente a due scenari climatici a scala globale (RCP - Representative Concentration Pathways, RCP4.5 e RCP8.5), per due trentenni futuri (2021-2050 e 2071-2100) rispetto alla climatologia storica di riferimento (1976-2005).

In particolare, sono state utilizzate le proiezioni ricavate dagli ensembles che rappresentano le medie dei minimi, medie, e massimi di tutti i 12 modelli utilizzati.

L'analisi degli impatti causati da eventi estremi sul patrimonio culturale della Città Metropolitana di Roma si è basata sulla valutazione statistica di cinque indici climatici di eventi estremi di temperatura e precipitazione appositamente selezionati (Figura 1). Gli indici scelti permettono di fare le valutazioni in merito ai seguenti eventi idrometeorologici estremi: piogge intense, allagamenti, alluvioni, periodi siccitosi. Tali sono gli eventi identificati come prioritari nell'impattare il territorio della Capitale (Dati report Legambiente dell'Osservatorio Città Clima 2023; <https://cittaclima.it/>).

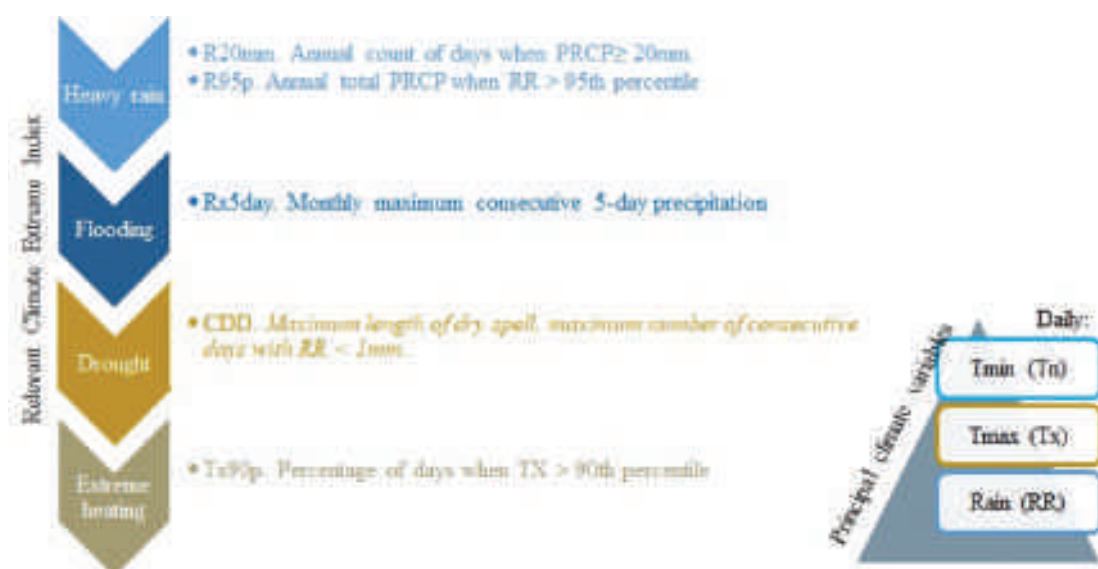


Fig. 1 - Rappresentazione schematica delle principali variabili climatiche e degli indici climatici di rischio selezionati tra quelli definiti dall'Expert Team on Climate Change Detection Indices.

Gli eventi di pioggia intensa per esempio sono stati valutati attraverso l'osservazione della variazione degli indici R20mm ed R95p. Il primo dà indicazione di giorni con precipitazioni straordinariamente intense mentre il secondo indica precipitazioni intense dovute a giorni estremamente umidi. Eventi di alluvioni sono rappresentati dall'indice climatico Rx5day che rappresenta i cinque giorni consecutivi con la più abbondante precipitazione. Riferendosi invece ai periodi di prolungata siccità e alle onde

di calore gli indici estremi selezionati sono rispettivamente il CDD, massimo numero di giorni secchi consecutivi e il Tx90p, legato alla temperatura massima giornaliera e che indica la persistenza di giorni caldi nel tempo. Le variabili climatiche principali selezionate fanno riferimento alla temperatura minima, temperatura massima e precipitazioni (solo pioggia) su base giornaliera.

In particolare l'analisi ha previsto l'utilizzo delle proiezioni degli indici climatici estremi elencati in Tabella 1:

Tabella 1. Indici climatici estremi selezionati per l'analisi degli impatti sul patrimonio culturale della Città metropolitana di Roma.

ID	Descrizione breve	Descrizione	Unità di Misura
CDD	Numero massimo di giorni secchi consecutivi <i>(Maximum number of consecutive dry days)</i>	Durata massima di un periodo di siccità in un anno, ovvero il numero massimo in un anno di giorni secchi consecutivi con precipitazioni giornaliere inferiori a 1 mm/giorno	giorni
Tx90p	Giorni estremamente calde <i>(Extremely warm days)</i>	Percentuale di giorni in un anno in cui la temperatura massima giornaliera è superiore al 90° percentile. Una soglia basata sul 90° percentile seleziona solo il 10% dei giorni più caldi su un periodo di riferimento di 30 anni	%
R20mm	Giorni con precipitazioni molto abbondanti <i>(Very heavy precipitation days)</i>	Numero di giorni in un anno con precipitazioni maggiori o uguali a 20 mm/giorno	giorni
R95p-TOT	Precipitazioni dovute a giornate estremamente umide <i>(Precipitation due to extremely wet days)</i>	Le precipitazioni totali in un anno cumulate su tutti i giorni in cui le precipitazioni giornaliere sono superiori al 95° percentile delle precipitazioni giornaliere nei giorni piovosi. Un giorno piovoso è definito come avente precipitazioni giornaliere ≥ 1 mm/giorno. Una soglia basata sul 95° percentile seleziona solo il 5% dei giorni di pioggia più estrema su un periodo di riferimento di 30 anni.	mm
Rx5day	Massima quantità di precipitazioni su 5 giorni <i>(Highest 5-day precipitation amount).</i>	Massimo annuo di precipitazioni cumulate su periodi di 5 giorni consecutivi	mm

Al fine di supportare l'adozione di strategie di prevenzione e preparazione il più efficaci possibili, la valutazione di seguito riportata ha preso in considerazione le proiezioni corrispondenti agli "ensemble max", ossia alle medie dei valori massimi di variazione degli indici, in termini di aumento/diminuzione. Sono stati quindi considerati le variazioni risultanti nel vicino e nel lontano futuro, rispettivamente 2021-2050 e 2071-2100 nei due scenari di riferimento scelti (RCP 4.5, RCP8.5) (Tabella 2).

Tabella 2. Variazioni degli indici di estremi climatici previste nei periodi 2021-2050 e 2071-2100 nel territorio della Città Metropolitana di Roma con potenziali impatti sul patrimonio culturale (i dati si riferiscono alle proiezioni corrispondenti agli "ensemble max").

Index	Extreme Event	Near Future - RCP 4.5	Near Future - RCP 8.5	Far Future - RCP 4.5	Far Future - RCP 8.5
CDD (days)	Drought	+ 13-14	+ 12-13	+12-13	+18-20
Tx90p (%)	Extreme Heating	+ 18-20	+ 20-22	+ 30-32	+ 55-60
R20mm (days)	Heavy Rain	+ 3-4	+ 2-3	+ 3-4	+ 4-5
R95pTOT (mm)	Heavy Rain	+ 70-75	+ 70-75	+ 90-95	+100-105
Rx5day (mm)	Flooding	+ 10-12	+ 13-15	+ 18-20	+ 23-25

L'analisi mette in evidenza un aumento di tutti gli indici presi in considerazione con conseguente possibile aumento della frequenza ed intensità per gli eventi idrometeorologici analizzati, in particolare per il periodo 2071-2100 nello scenario RCP8.5.

A titolo di esempio, le immagini di seguito riportate (Fig. 2 e 3) sono rappresentative della variazione dell'indice R20mm nel vicino (Fig. 2) e lontano (Fig. 3) futuro nei rispettivi scenari RCP 4.5 e 8.5 riferite all'area geografica del centro Italia. Vengono in questo caso riportate le variazioni dei minimi, medie e massimi degli ensemble dei modelli utilizzati.

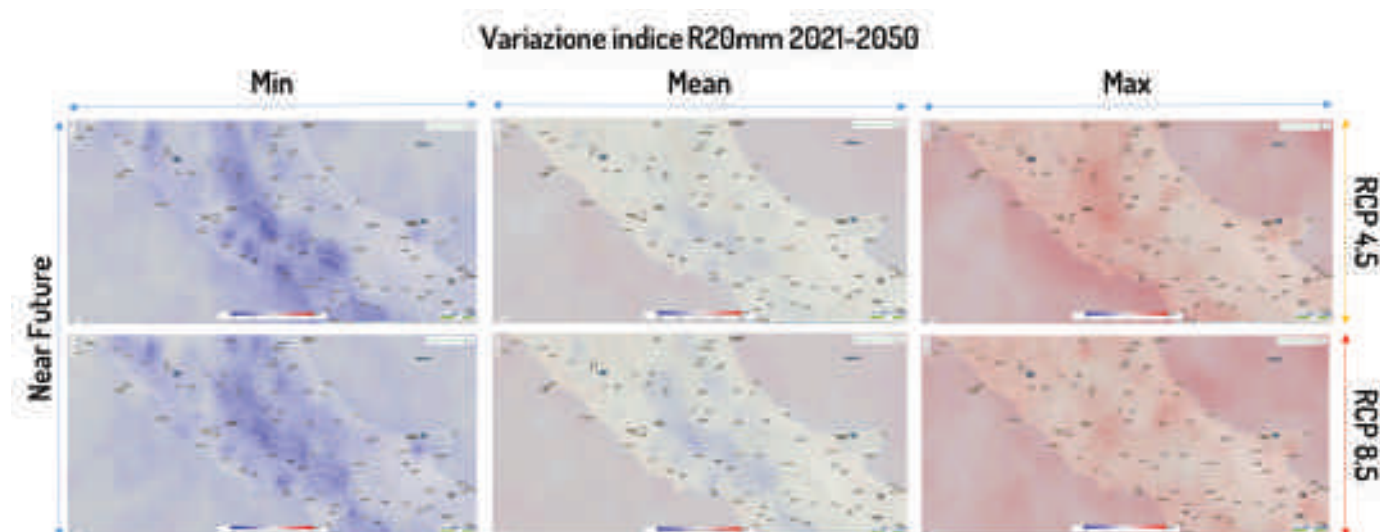


Fig. 2. R20mm. Numero di giorni in un anno con precipitazioni maggiori o uguali a 20 mm/giorno, scenari RCP 4.5 e RCP 8.5. Proiezioni climatiche delle variazioni previste dagli ensemble min, mean e max per il periodo 2021-2050 rispetto al periodo di riferimento 1976-2005.

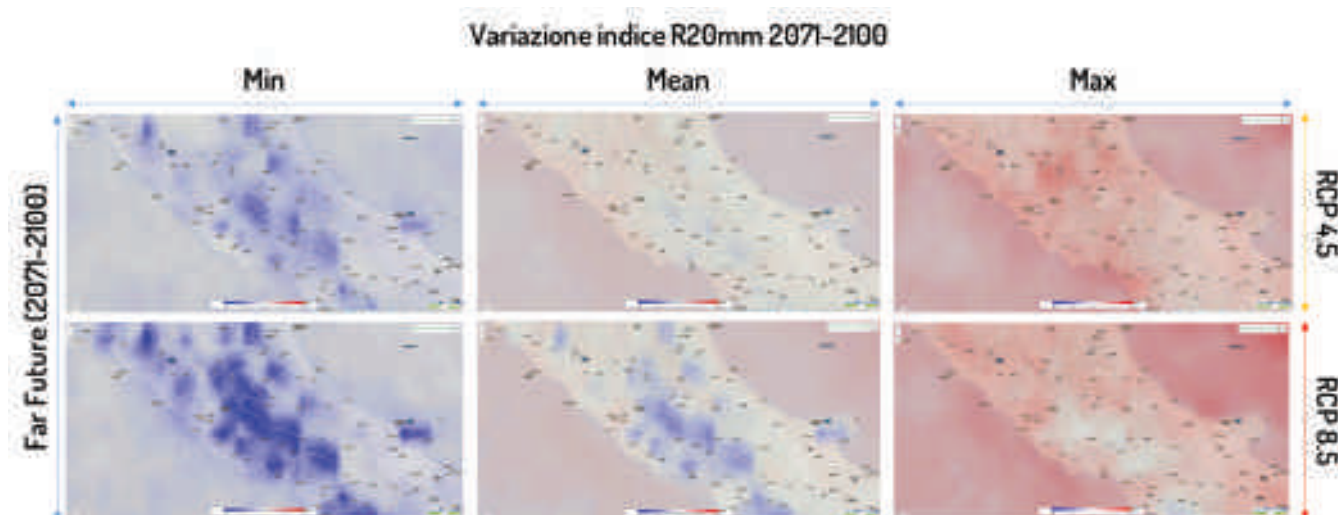


Fig. 3. R20mm. Numero di giorni in un anno con precipitazioni maggiori o uguali a 20 mm/giorno, scenari RCP 4.5 e RCP 8.5. Proiezioni climatiche delle variazioni previste dagli ensemble min, mean e max per il periodo 2071-2100 rispetto al periodo di riferimento 1976-2005.

Queste variazioni previste mostrano come il patrimonio culturale della Città metropolitana di Roma sarà soggetto in futuro ad un rischio progressivo in seguito a:

- erosione e danni strutturali alle facciate di monumenti ed edifici storici in materiale a prevalente composizione carbonatica in particolare se esposte a diretto dilavamento. Tale effetto è da ricondursi all'aumento della intensità e frequenza di eventi di piogge intense.
- intensificazione degli effetti del degrado biologico, cristallizzazione/dissoluzione di sali e presenza di umidità nelle murature a causa di allagamenti. Tali effetti potranno essere significativi sia per i materiali da costruzione porosi di monumenti, edifici storici e siti archeologici, che per gli oggetti conservati negli interni di musei, chiese ed archivi.
- aumento dell'annerimento e "soiling" delle facciate di monumenti ed edifici storici in seguito ad esposizione e deposizione di particolato emesso da incendi boschivi (FWI - Fire Weather index previsto aumentare nel 2036-2065 come dai dati consultabili nella piattaforma DATACLIME del CMCC e dalle analisi del servizio Climate Change di Copernicus, <https://climate.copernicus.eu/fire-weather-index>).

Studi specifici sulla vulnerabilità ed esposizione dei singoli beni culturali esposti sono necessari per valutazioni di dettaglio e locali del rischio a breve e lungo termine.

2.6 SISTEMA AGRICOLO E ZOOTECNICO

Massimo Iannetta (Enea), Michele Munafò (Ispra), Nicola Colonna (Enea), Valentina Tolaini (Enea), Alice Cavalli (Ispra), Ines Marinosci (Ispra)



La fotografia del sistema agricolo dell'area di Roma Capitale

Roma Capitale ha una superficie agricola rilevante, pari, secondo l'ultimo censimento disponibile (ISTAT, 2010), a circa 57.900 ettari che coprono il 45% della superficie totale comunale, configurandosi come uno dei comuni agricoli più grandi d'Europa. Secondo uno studio condotto dal Consorzio Universitario per la Ricerca Socioeconomica e per l'Ambiente (CURSA) e dalla Città metropolitana di Roma Capitale riportato nell'Atlante del cibo (Marino et al., 2022), tenendo conto dei dati ISTAT per la superficie territoriale e dei dati dal Corine Land Cover 2018 per le superfici agricole, il Comune di Roma registra una estensione agricola tra il 50% ed il 70% della superficie territoriale, quindi sensibilmente maggiore rispetto a quella calcolata utilizzando solo i dati ISTAT.

Nell'analisi di tale sistema occorre dunque adottare una visione integrata del complesso rapporto città-campagna in termini di relazioni ecologiche, socio-economiche e politiche, e tener conto della competizione tra zone urbane e aree agricole per le risorse essenziali (acqua e suolo).

Nel territorio comunale di Roma Capitale il sistema agricolo si basa prevalentemente su un'agricoltura di tipo estensivo e sulla zootecnia (Figura 1).

Si veda in Appendice per approfondimenti, tabelle e grafici di integrazione al testo (contributo 2.6 Sistema agricolo e zootecnico)

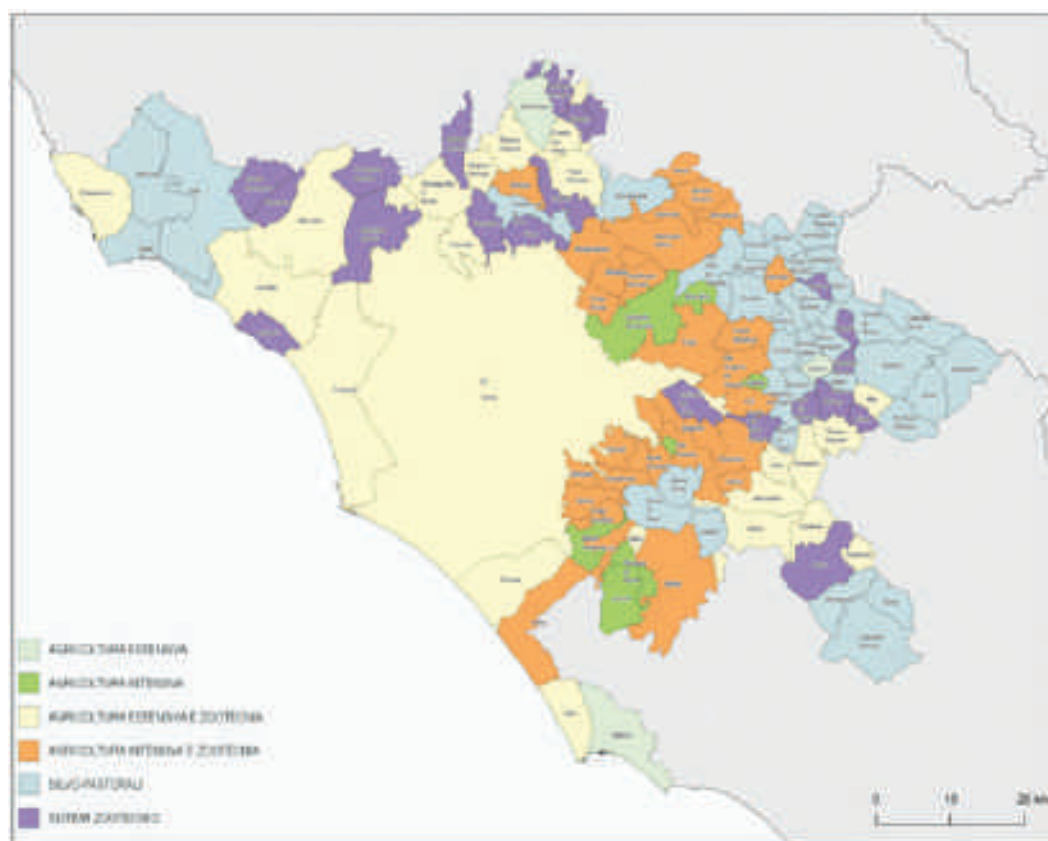


Figura 1. Specializzazione dei comuni della Città Metropolitana di Roma Capitale per orientamento produttivo. 2020. Fonte: elaborazioni grafiche CURSA riportate nell'Atlante del cibo.

In base all'analisi del sistema agroalimentare di Roma riportata nel Piano strategico agricolo e alimentare di Roma Capitale (AA.VV., 2021), la superficie agricola utilizzata (SAU) è pari al 75% della superficie agricola totale. I dati relativi agli ultimi censimenti ISTAT evidenziano un incremento delle aree coltivate del 12% dal 2000 al 2010, ed i comparti principali in termini di superficie sono la cerealicoltura (39%), la zootecnia (18%) e l'orticoltura (25%).

Sul territorio comunale sono presenti oltre 2600 aziende agricole della dimensione media di circa 16 ettari. Nel dettaglio, il 24% delle aziende romane si caratterizza per avere una superficie totale inferiore a 1 ha, il 45% tra 1 e 10 ha, il 21% tra 10 e 50 ha, circa il 4% tra 50 e 100 ha e circa il 4% superiore a 100 ha.

Circa l'80% della SAU è destinata alla coltivazione di seminativi, principalmente foraggiere avvicendate (48,3%) e cereali per la produzione di granella (34,8%), circa il 13% a prati permanenti e pascoli, il 7,4% a coltivazioni legnose agrarie (soprattutto olivo, vite, fruttiferi) e lo 0,1% a orti familiari.

La filiera dei cereali riveste particolare importanza considerando il ruolo fondamentale dei prodotti di trasformazione (pasta e pane in primis) nella dieta mediterranea, ma anche per la formulazione di mangimi.

Circa la metà (1505) delle unità locali coinvolte nella filiera sono impegnate nella produzione di frumento duro.

Le aziende coinvolte nella coltivazione dell'olivo nel territorio romano risultano essere 25 nel 2019. Le principali realtà produttive risultano comunque dislocate nel territorio della Città Metropolitana, in particolare nella bassa Sabina, nella zona dei Castelli Romani, nell'area collinare della via Tiburtina e della via Flaminia. La superficie complessiva occupata da oliveti nel territorio comunale è pari a circa 1700 ettari.

Nella coltivazione della vite risultano coinvolte nel 2019 351 unità locali. Per le caratteristiche della coltura, il comparto è caratterizzato da bassa opportunità di diversificazione e tempi di riconversione lunghi. La superficie vitata è di circa 900 ha, suddivisi tra aziende di piccole dimensioni.

Le aziende del settore frutticolo risultano concentrate nella zona dei Monti Prenestini e nel territorio collinare preappenninico. Il settore orticolo risulta caratterizzato da aziende di piccole o piccolissime dimensioni. Per quanto riguarda la zootecnia, nel 2019 risultano 122 aziende di allevamento per produzione di latte (ovino, caprino, vaccino e bufalino) e 692 aziende per produzione di carne (bovina, ovina e suina).

La pratica irrigua è diffusa nei municipi serviti dalla rete del CBLN che ha una estesa rete di distribuzione che interessa l'area nord ovest per un totale di 2880 ettari (Tabella 1 in Appendice). In altre aree del territorio comunale vi sono imprese agricole dotate di propri sistemi di captazione in falda o autorizzazione al prelievo da acque superficiali il cui dato però è difficile stimare.

L'evoluzione recente del sistema agricolo e le transizioni di uso del suolo

a) Le transizioni dell'uso del suolo tra perdita e rinaturalizzazione delle superfici agricole

Uso del suolo

Nel 2016 l'uso del suolo del comune di Roma Capitale (Figura 2) era così distribuito: le classi agricole coprivano 64.950 ettari (pari al 50% della superficie comunale), le classi urbane 44.177 ettari (34% della superficie), e le classi naturali e le acque 19.423 ettari (15% dell'area comunale).

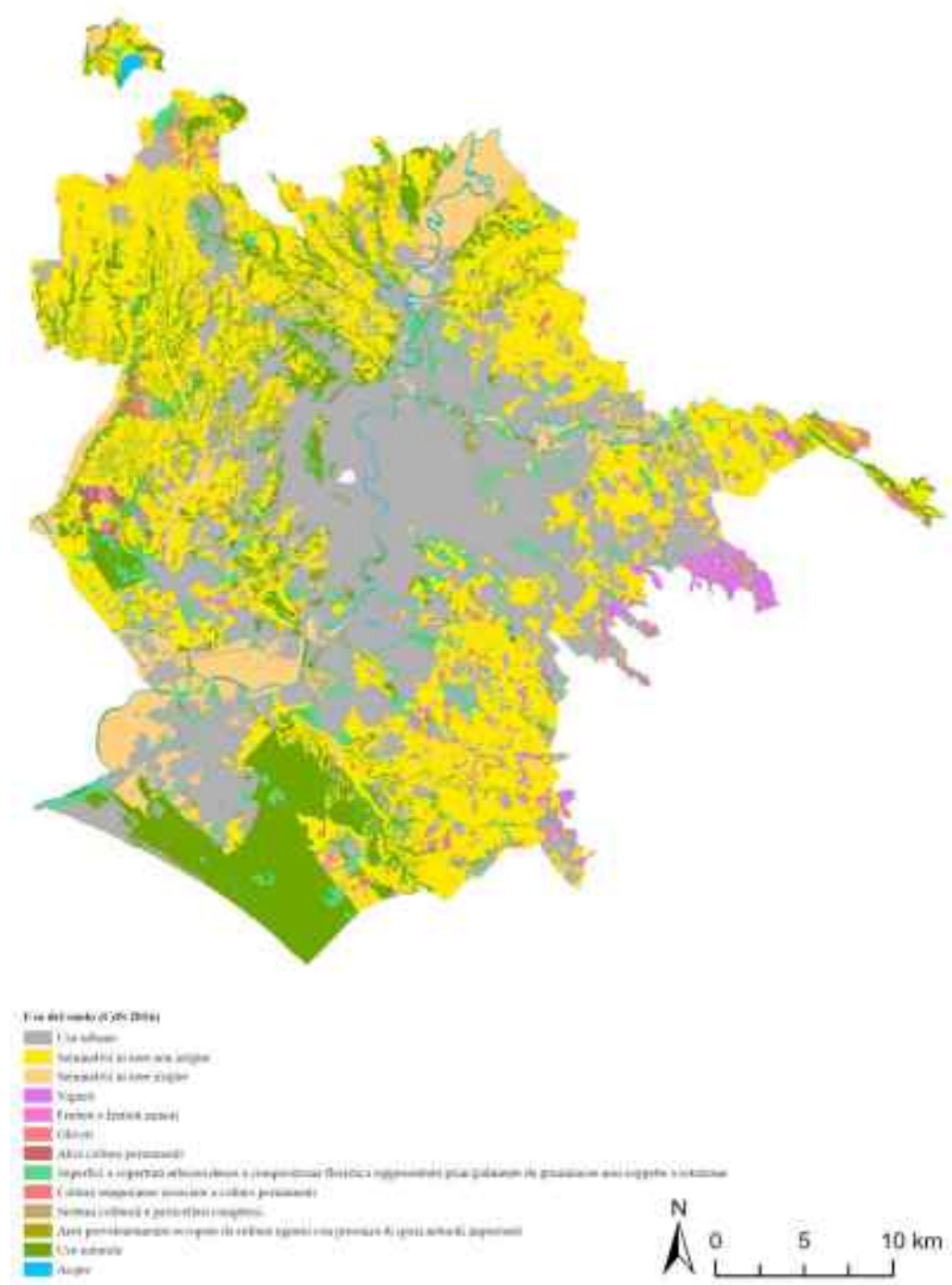


Figura 2 Uso del suolo del comune di Roma Capitale (2016), con dettaglio delle aree agricole. Fonte: Carta di uso del suolo della Regione Lazio.

La Tabella 2 contiene il dettaglio al terzo livello di classificazione della distribuzione della superficie delle classi di uso del suolo agricolo nel comune di Roma Capitale, derivanti dalla carta di uso del suolo della Regione Lazio (2016): i seminativi in aree non irrigue coprivano 46.181 ettari (36% del totale), i seminativi in aree irrigue 7.831 ettari (6% del totale), i vigneti 1.716 ettari e gli oliveti 1.339 ettari (circa l'1%).

Flussi di cambiamento 2000-2016

I cambiamenti di uso del suolo tra il 2000 e il 2016 (Tabella 3) hanno riguardato soprattutto la variazione da uso agricolo a uso urbano (4.854 ettari), seguita dalla variazione di uso urbano a uso agricolo (686 ettari) e dalla variazione da uso naturale a uso urbano (355 ettari).

Tabella 3 Variazioni di uso del suolo tra il 2000 e il 2016, espressi in ettari. Fonte: Carta di uso del suolo della Regione Lazio.

2016	Uso urbano	Uso agricolo	Uso naturale	Totale complessivo
2000				
Uso urbano	38.974	686	60	39.720
Uso agricolo	4.854	64.260	3	69.116
Uso naturale	355	3	19.356	19.714
Totale complessivo	44.183	64.949	19.419	128.550

*in giallo le superfici invariate, in verde le transizioni

La Tabella 4 mostra i flussi di cambiamento di uso del suolo al terzo livello di classificazione riferiti ai cambiamenti maggiori di 5 ettari avvenuti sulle classi di uso agricolo.

Consumo di suolo nelle aree agricole

Il consumo di suolo tra il 2006 e il 2021 nelle aree agricole (Tabella 5) è stato prevalentemente concentrato sui seminativi in aree non irrigue (817 ettari, 67% del consumo totale in area agricola) e su seminativi in aree irrigue (94 ettari, 7% del consumo totale in area agricola). Il consumo è stato intenso anche sulle aree a copertura erbacea (251 ettari, 20% del consumo in area agricola). Le rinaturalizzazioni sono avvenute perlopiù su seminativi non irrigui (85% del totale) e sulle aree a copertura erbacea (14%).

Erosione e degrado del suolo

La carta di suscettibilità al rischio di erosione (su base RUSLE, riferita al 2018) (Figura 3) in aree agricole è stata elaborata nell'ambito di una convenzione tra ISPRA, ARSIAL, AGEA ed UniMol, ed è

attualmente in fase di revisione e aggiornamento metodologico che dovrebbe concludersi nel 2023 e pertanto, il risultato qui riportato è da considerarsi un dato preliminare.

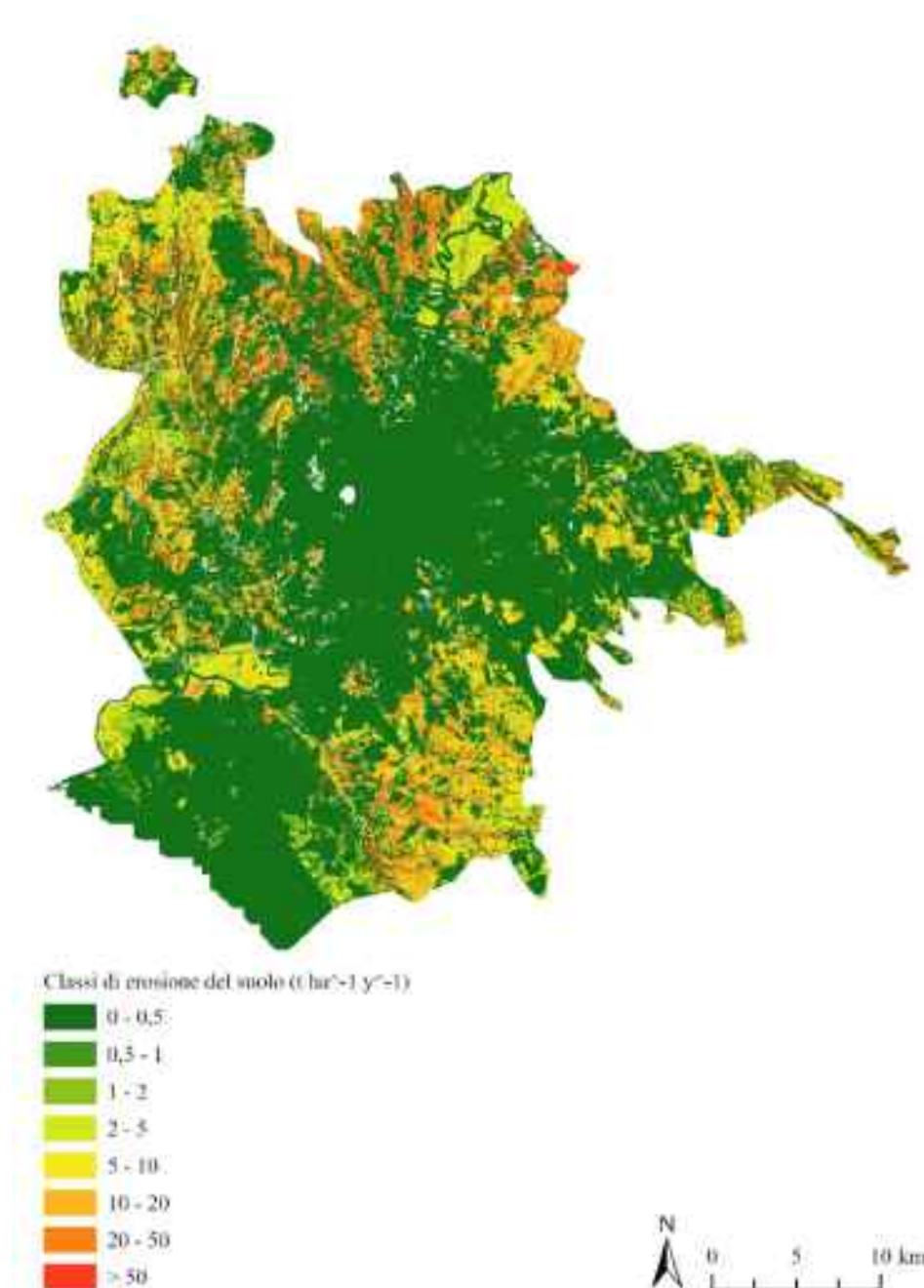


Figura 3 Carta dell'erosione del suolo nell'area di Roma Capitale. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati ISPRA, AGEA, Arsial, UniMol (2023)

Nel comune di Roma Capitale poco più del 16% del territorio supera le $10\ t\ ha^{-1}\ yr^{-1}$ (Tabella 6). L'USDA fissa il valore di $11,2\ t\ ha^{-1}\ yr^{-1}$ il limite in cui l'erosione è ritenuta tollerabile per suoli profondi e a substrato rinnovabile.

Degrado del territorio

Considerando la superficie comunale di Roma e la valutazione dei suoli degradati effettuata secondo metodologia UNCCD per l'SDG 15.3.1 (proporzione di terreno degradato rispetto alla superficie totale), si ottiene il valore del 38,3% di suolo degradato nel periodo di rilevazione che arriva al 2019 (Figura 4), escludendo dal territorio comunale la superficie riferita ai corpi idrici stimata dalla carta delle coperture di ISPRA. Le aree in rosso e in verde, rispettivamente in degrado e in miglioramento, derivano principalmente dal contributo relativo all'indice di produttività che, insieme al cambiamento di *land cover* e all'evoluzione della sostanza organica nel tempo, è uno dei tre sub-indicatori adottati nella metodologia UNCCD per stimare la *land degradation*.

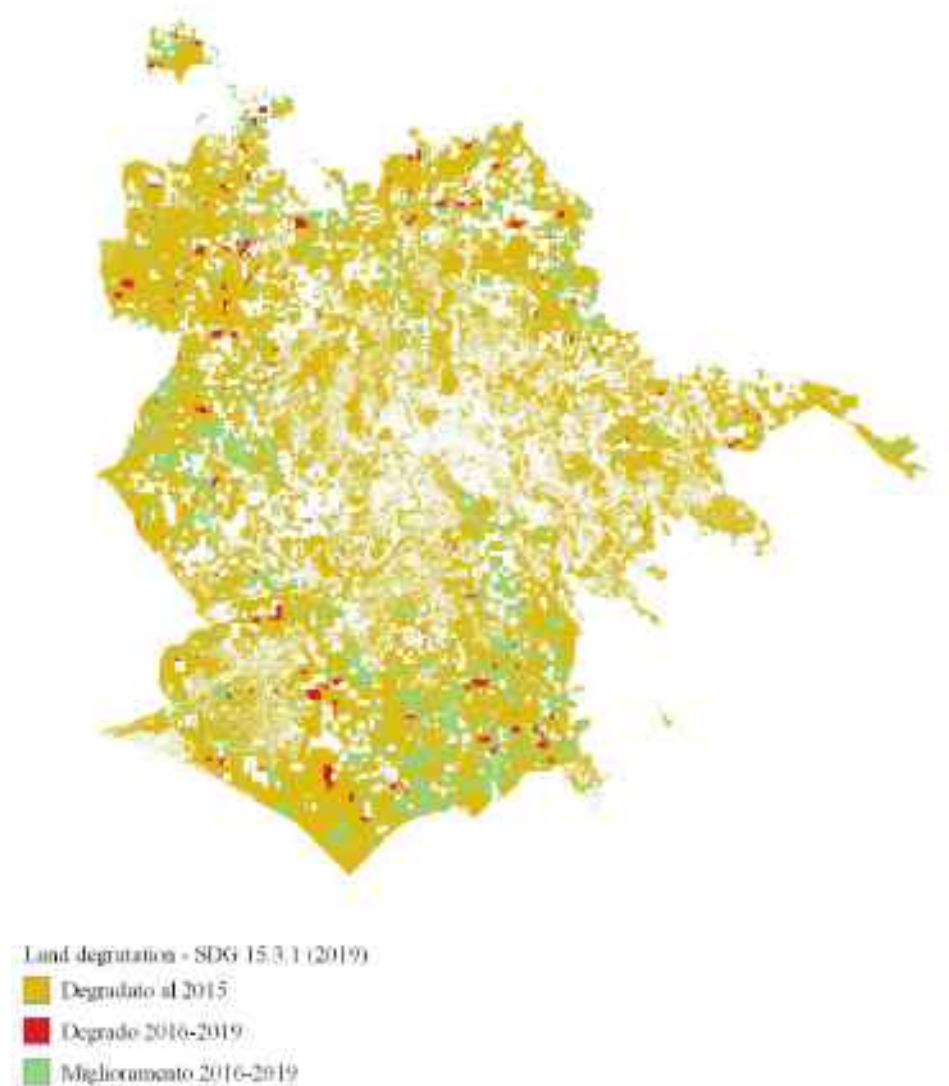


Figura 4 Aree degradate durante i periodi di baseline (2000-2015) e periodo di reporting (2016-2019) secondo la metodologia di calcolo SDG 15.3.1. Fonte: Munafò (2022)

b) Le dinamiche socio economiche delle imprese agricole

Saranno a breve disponibili i dati del VII censimento dell'agricoltura riferito al 2020 e questo consentirà di disporre di un quadro per quanto parziale delle dinamiche delle aziende agricole di Roma Capitale nel decennio intercorso dal Censimento 2010.

Rischi e vulnerabilità in relazione all'evoluzione climatica

Tra i potenziali rischi per il sistema agro-zootecnico romano appaiono rilevanti il prolungamento dei periodi di temperature massime superiori alla media nel periodo estivo, la modifica del pattern di precipitazioni sia con prolungate fasi di assenza di pioggia che con fenomeni estesi di elevata intensità di pioggia, tali da provocare problemi di scolo delle acque superficiali con conseguenti allagamenti. Questi elementi di rischio climatico devono necessariamente essere messi in relazione alle caratteristiche del territorio e dei sistemi agricoli locali. In generale si possono prevedere:

- Diminuzione di produttività delle colture estivo autunnali (sia per seme che per foraggio) e/o sostituzione con colture meno idroesigenti (es. sostituzione mais con sorgo);
- Danni commerciali ai frutteti specializzati per "scottature" della frutta;
- Minore disponibilità di foraggi per il sostentamento della filiera zootecnica con maggior ricorso ad approvvigionamento esterno e/o diminuzione significativa della produzione di latte e derivati;
- Maggior ricorso a sistemi di ventilazione forzata nel settore zootecnico per assicurare il benessere animale e conseguente aumento dei consumi energetici;
- Danni da prolungato eccesso idrico nelle aree con terreni bassi ed argillosi e ove la rete scolante non sia in grado di evitare i ristagni;
- Spostamento/ampliamento delle superfici investite a colture attualmente non presenti in seguito all'incremento nella durata della stagione di crescita, della fenologia colturale e delle condizioni climatiche.

Altre e più precise valutazioni potranno essere fornite sulla base di scenari puntuali sui fenomeni attesi e sulla spazializzazione dei fenomeni.

Uso del suolo agricolo in aree a pericolosità idraulica

Le aree agricole che ricadono su aree identificate a pericolosità idraulica sono perlopiù seminativi in aree irrigue (62% in P1, 53% in P2 e 43% in P3), seminativi in aree non irrigue (7% in P1, 4% in P2 e 3% in P3), le aree a copertura erbacea densa (17% in P1, 11% in P2 e 8% in P3) e i frutteti (10% in P1, 6% in P2, 5% in P3). Per le altre classi questa superficie è inferiore al 2% (Tabella 7).

Impatti avvenuti: danni causati dal rischio climatico tra il 2003 e il 2012

Secondo i dati emersi da una ricerca sulla vulnerabilità delle aree a rischio climatico in Italia, condotta dal CREA, tra il 2003 e il 2012, l'agricoltura biologica ha subito danni per 14 miliardi di euro (circa 1,4 miliardi l'anno) pari a 111 euro l'anno per ogni ettaro. Il 77% dei danni è relativo alle produzioni, di questi il 62% è causato dalla siccità, mentre il 20% è legato a eventi estremi di pioggia alluvionale che, per contro, causa il 90% dei danni alle infrastrutture (in particolare sistemi di irrigazione e

reti). Bisogna però qui ricordare come le colture da agricoltura biologica, seppur molto sensibili alle mutazioni climatiche, possono risultare, paradossalmente, più resilienti proprio perché orientate a sviluppare, negli anni, tecniche agronomiche non artificiali che favoriscono l'adattamento delle piante. La presenza e la diffusione di colture coltivate con metodi biologici rappresenta, potenzialmente uno dei punti di forza del territorio. Con riferimento alle colture ed alle superfici certificate, il 6° censimento agricoltura fornisce dati su base provinciale per le aziende, con superfici certificate.

Perdita di produzione agricola tra il 2012 e il 2021 a causa del consumo di suolo

La perdita di produzione agricola dovuta al consumo di suolo è stata valutata per gli anni tra il 2012 e il 2021. A causa del consumo di suolo si stima che tra il 2012 e il 2021 siano stati persi quasi 44.000 quintali di prodotti agricoli (seminativi, vigneti, oliveti, foraggere e frutteti). Considerando la perdita di produzione delle singole classi, nei 9 anni considerati il 52,52% delle perdite (circa 23 mila q) ha riguardato i seminativi, il 45,61% le foraggere, mentre meno dell'1% dei cambiamenti ha riguardato le aree coltivate a frutteto, oliveto e vigneto, la cui perdita è compresa tra 170 q e 370 q (Tabella 8).

Al consumo di suolo corrisponde una perdita economica annuale di 1.476.122 € e una perdita di 37.323.104 € per l'agricoltura convenzionale e di 500.194.313 € per l'agricoltura biologica (valori di partenza - Margine Lordo, fonte: Banca dati RICA). La perdita nelle singole classi a causa del consumo di suolo tra il 2012 e il 2021 (Tabella 9) ha registrato il 97% della perdita potenziale (riferita alla produzione che potenzialmente sarebbe potuta avvenire in assenza del consumo di suolo) nell'agricoltura biologica nella classe dei seminativi (460 milioni di € circa), l'1,75% nella classe delle foraggere (circa 8 milioni di euro), lo 0,83% nella classe degli oliveti (circa 4 milioni di euro) e lo 0,12-0,14% nelle classi dei vigneti e dei frutteti (circa 500-600 mila euro). I valori di perdita dell'agricoltura convenzionale si concentrano invece per il 73,41% nella classe dei seminativi (30 milioni e 900 mila € circa), per il 16,81% nella classe delle foraggere (6 milioni di euro), per il 5,03% negli oliveti (2 milioni di €) e per circa il 2% per i frutteti e i vigneti (900 mila €).

SISTEMA SOCIO-ECONOMICO

2.7 CAMBIAMENTI CLIMATICI, AMBIENTE URBANO, SALUTE

Chiara Badaloni*, Francesca de'Donato*, Raffaella Uccelli**, Claudia Dalmastri**, Manuela De Sario*, Paola Michelozzi*.

* Dipartimento di Epidemiologia SSR Lazio, ASL Roma 1 (DEP Lazio)

** Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Laboratorio Salute e Ambiente, ENEA Casaccia, Roma



Il cambiamento climatico sta già avendo molteplici impatti sulla salute, causando un aumento dei decessi e malattie associate ad eventi meteorologici estremi (come ondate di calore, inondazioni), aumento delle zoonosi, delle malattie trasmesse da vettori ed effetti sulla salute mentale (WHO-WMO [ClimaHealth platform](#)). Le differenze nella suscettibilità all'esposizione a condizioni climatiche estreme sono in parte legate alle specifiche condizioni meteo-climatiche, demografiche e socioeconomiche del luogo, ma anche alla differente risposta fisiologica degli individui allo stress termico (Tobias et al. 2021; Zhao et al. 2021; Masselot et al. 2023). Inoltre, il cambiamento climatico influenza molti determinanti sociali della salute, aumentando le disuguaglianze di accesso all'assistenza sanitaria e sociale. I rischi per la salute hanno un effetto maggiore sui sottogruppi di popolazione più vulnerabili e svantaggiati, tra cui donne, bambini, minoranze etniche ed immigrati, popolazioni anziane e persone con condizioni di salute compromesse (WHO-WMO [ClimaHealth platform](#)).

Il progressivo invecchiamento della popolazione in Europa, e particolarmente in Italia, potrebbe ovviamente esacerbare ulteriormente l'impatto sanitario delle temperature estreme (European Commission, 2020).

Anche l'incremento dell'urbanizzazione, con il ben noto fenomeno "isola di calore urbano", rende le aree cittadine e metropolitane molto più calde e a rischio rispetto alle circostanti aree rurali (European Commission, 2020). Gli effetti negativi sulla salute causati delle temperature estreme possono essere aggravati dalla concomitante presenza di elevati livelli di inquinanti dell'aria a causa dell'impatto sinergico esercitato sugli stessi organi bersaglio (Chen et al., 2020; Vandyck et al. 2022).

Le grandi aree urbane sono quindi in prima linea ad affrontare le urgenti sfide ambientali e sanitarie, e la pianificazione urbana avrà un ruolo cruciale per la prevenzione delle malattie mettendo al centro l'azione per il clima: interventi di contrasto all'effetto isola di calore urbano, potenziamento di aree verdi accessibili, adozione di modelli di mobilità sostenibile, sono esempi di interventi che hanno un forte impatto sulle esposizioni ambientali e, congiuntamente, sugli stili di vita e sono associati a *co-benefici di salute*.

Sintesi degli effetti del caldo sulla salute

Tra gli effetti attesi a causa del cambiamento climatico, l'impatto sulla salute associato a variazioni di temperatura e all'esposizione della popolazione ad eventi estremi (ondate di calore) è fra quelli meglio documentati (Lancet Countdown 2022, IPCC WG2 2022). Come evidenziato nel recente lavoro di Ballester et al. (2023), le temperature record dell'estate 2022 hanno avuto un impatto rilevante sulla mortalità in Europa, simile a quello registrato nel 2003 con l'effetto maggiore nei paesi del sud Europa, tra cui l'Italia.

Nella città di Roma, così come nel resto del Paese, le ondate di calore sono in aumento a causa dei cambiamenti climatici (Raffa 2023). Tali condizioni possono essere associate, entro pochi giorni dall'esposizione, ad incrementi della mortalità, dei ricoveri ospedalieri, degli accessi in pronto soccorso. Inoltre, studi epidemiologici suggeriscono un effetto del caldo sugli infortuni sul lavoro, sulle nascite pretermine e sui ricoveri pediatrici per cause respiratorie, renali o gastrointestinali (WHO 2021).

Oltre 20 anni di studi epidemiologici sul caldo e sulle ondate di calore che hanno coinvolto la città di Roma, forniscono evidenze sempre più solide sugli impatti sulla mortalità e sui ricoveri ospedalieri per cause respiratorie e cardiovascolari (Michelozzi 2005, Baccini 2011, Michelozzi 2009, D'Ippoliti 2010, Gasparrini 2015, Guo 2018) e in specifici sottogruppi di popolazione vulnerabili come gli anziani (Stafoggia 2006, Schifano 2009, D'Ippoliti 2010), le persone con patologie croniche quali broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO), disturbi psichici, diabete, malattie neurologiche, malattie cerebrovascolari, aritmie (Stafoggia 2006, Schifano 2009, Åström 2015). Studi più recenti hanno evidenziato anche effetti del caldo sulla salute materno-infantile in termini di aumento dei parti pretermine (Asta 2019) ed un aumento del rischio di infortuni nei lavoratori (Marinaccio 2019).

Utilizzando i dati della coorte longitudinale Romana della popolazione residente (RoLS, circa 1.3 milioni di abitanti) è stato stimato un incremento del rischio di mortalità cardiovascolare del +33% (IC95% 23, 40%) e della mortalità per cause respiratorie del +40% (IC95% 18, 66%) per incrementi della temperatura tra il 75°-99° percentile della distribuzione (Stafoggia 2021).

Durante gli episodi di ondate di calore si osservano effetti anche maggiori con incrementi nella mortalità giornaliera pari a +27% nella popolazione di 65+ anni (IC95% 23.4, 30.4), che raddoppia durante le ondate più intense e prolungate (D'Ippoliti 2010).

Per quantificare gli impatti in termini di rischio attribuibile, ad esempio a Roma, incrementi nella temperatura media giornaliera (incremento dal 75° al 99° percentile) sono stati associati ad una quota di decessi attribuibili dell'1.9% (de'Donato 2018a). Un recente studio condotto dall'ENEA sull'intero range di temperature stima una frazione di mortalità attribuibile alle temperature estive pari all'1.6% per Roma, che raggiunge il 2.3% nella popolazione 85+ anni (Michetti 2022).

È documentato inoltre un *effetto sinergico della temperatura e dell'inquinamento atmosferico nel breve termine*, quando si verificano ondate di calore associate a picchi di inquinamento per condizioni atmosferiche stagnanti o a causa di incendi in prossimità dell'area urbana. In uno studio su 25 città italiane, tra cui Roma, si è evidenziato un significativo incremento degli effetti del caldo all'aumentare dei livelli di PM₁₀ e di ozono (Scortichini 2018). Pertanto, è opportuno implementare misure di adattamento e mitigazione che tengano conto degli effetti combinati sulla salute di temperatura e inquinamento potenziando gli interventi nelle aree della città a maggior rischio e nei sottogruppi di popolazione più vulnerabili.

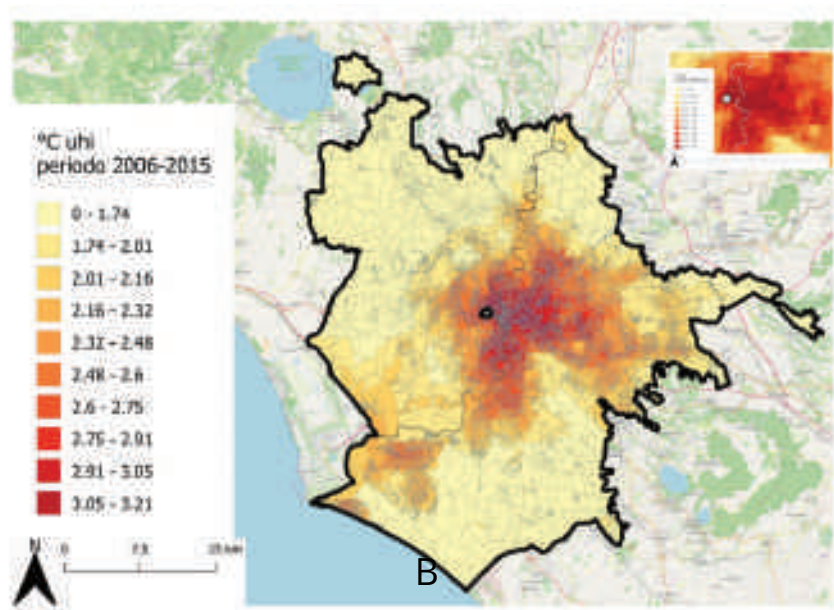
Isola di calore urbano ed effetti sulla mortalità

La città di Roma è caratterizzata da un'esposizione a condizioni di elevate temperature e ondate di calore durante la stagione estiva. L'impatto del caldo varia, anche in funzione del livello di esposizione, in particolare impatti maggiori si rilevano nelle aree della città dove è maggiore il fenomeno *isola di calore urbano (UHI)*, attribuibile alla presenza di superfici asfaltate e densamente costruite che tendono ad accumulare calore durante il giorno ed emetterlo di notte, determinando un riscaldamento rispetto alle circostanti zone rurali.

Per descrivere l'esposizione al caldo e all'UHI nella città, sulla base di dati satellitari di land surface temperature (LST) integrati da osservazioni di temperatura delle reti di monitoraggio e da variabili di uso del territorio, è stata stimata la temperatura dell'aria giornaliera ad una risoluzione di (1x1) km (de'Donato 2018b). La mappa dell'UHI media estiva (**Figura 1**) evidenzia l'intensità media della UHI e le aree più calde della città.

Uno studio condotto a Roma ha evidenziato come il fenomeno UHI sia associato a maggiori effetti del caldo sulla mortalità della popolazione di 65+ anni, con un rischio di mortalità maggiore nelle aree ad intensa UHI rispetto alle aree più fresche, anche tenendo conto di altri importanti condizioni di vulnerabilità come il livello socio-economico della popolazione (de'Donato 2018b).

Figura 1. Intensità dell'UHI per sezione di censimento a Roma, anni 2006-2015 (maggio-settembre), con ingrandimento sul centro città.



Indicatore di vulnerabilità ambientale e climatica nel comune di Roma

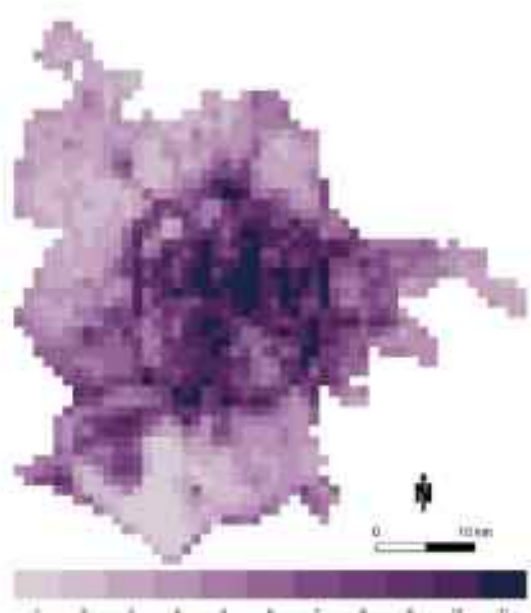
Per tenere conto delle molteplici esposizioni ambientali associate ai cambiamenti climatici nella città di Roma che determinano una maggiore vulnerabilità della popolazione, è stato definito un *indicatore*

composito di vulnerabilità ambientale e climatica che sintetizza a livello di celle di 1x1 km le diverse dimensioni ambientali rilevanti⁵⁴(Badaloni 2023).

Questa risoluzione spaziale consente di avere una visione dettagliata della vulnerabilità ambientale e climatica. I risultati mostrano un maggiore rischio nelle aree del centro della città, dove si riscontra anche una maggiore intensità del fenomeno isola di calore urbano (Figura 1), e dove si osserva la mancanza di grandi aree verdi, un maggior inquinamento atmosferico e acustico e una maggiore copertura del suolo con materiali impermeabilizzanti, come ad esempio cemento e asfalto.

La mappa (**Figura 2**) mostra un livello di vulnerabilità ambientale maggiore nel centro città, con un gradiente decrescente verso la periferia (Categorie dell'indicatore da basso rosa chiaro a molto alto 11-viola scuro).

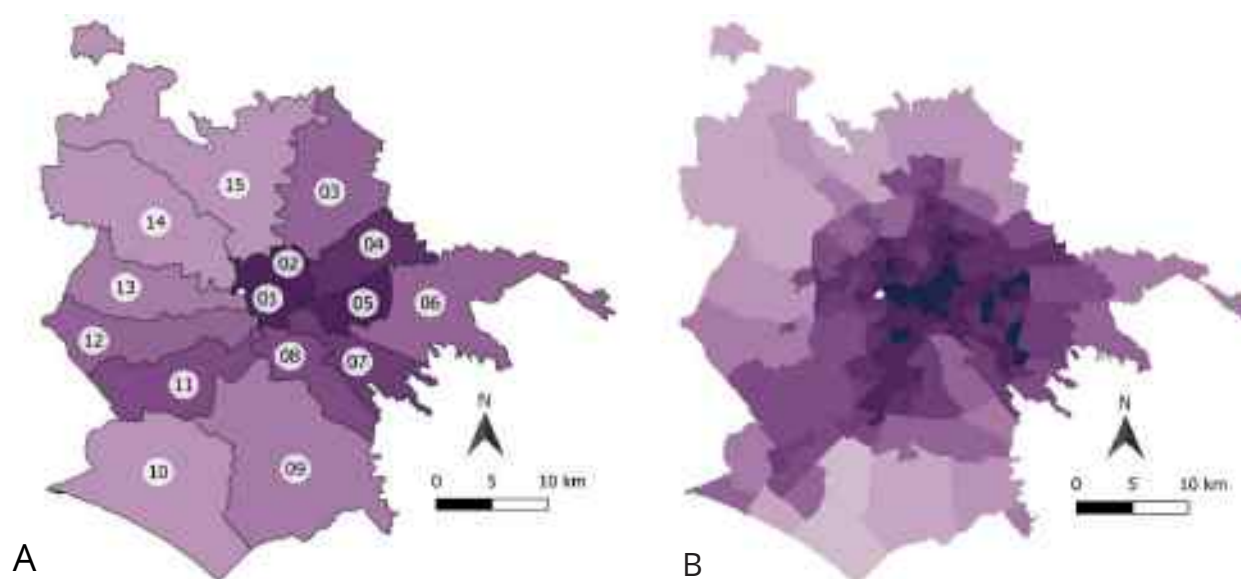
Figura 2. Mappa dell'indicatore di vulnerabilità ambientale e climatica a Roma



Nella parte occidentale della città, in prossimità della discarica di Malagrotta e nella parte orientale, in particolare nel corridoio industriale tra la via Tiburtina e la via Casilina, si rilevano dei cluster di maggior vulnerabilità ambientale e climatica che insistono su aree già riconosciute come aree altamente inquinate e correlate a un più alto rischio di mortalità. I municipi mediamente più vulnerabili risultano i municipi del centro (Municipio I e II) ed il Municipio V (**Figura 3**).

⁵⁴ Inquinamento atmosferico (PM2.5, PM10, NO2, SO2, benzene), isola di calore urbano, densità di strade e intensità di inquinamento acustico da traffico, copertura ed uso del suolo, verde (indica di vegetazione (NDVI), indice di area fogliare (LAI), aree di verde urbano), permeabilità del suolo

Figura 3. Mappatura dei valori medi di vulnerabilità ambientale e climatica per distretto sanitario (A) e per zona urbanistica (B).



Le zone urbanistiche ad alta vulnerabilità sono soprattutto le zone di Prati, XX settembre, Esquilino, Celio e Centro storico (distretto 1), Nomentano, Università, Verano, S.Lorenzo e Flaminio (distretto 2) e le zone urbanistiche di Centocelle, Tor Sapienza e La Rustica (distretto 5). Negli altri distretti sanitari si riscontra una situazione più eterogenea dal punto di vista ambientale e climatico e per questo non emergono particolari cluster di vulnerabilità (**Figure 3A- classificazione vulnerabilità per municipi e 3B per zone urbanistiche**)

È noto come le esposizioni ambientali abbiano effetti negativi sulla popolazione residente, in particolare la mancanza di spazi verdi ha un effetto avverso sulle malattie croniche e sulla salute mentale e più in generale gli impatti sulla salute sono maggiori tra i gruppi di popolazione più vulnerabili, come bambini e anziani o coloro che vivono in aree più svantaggiate. Il 26% della popolazione anziana (65+ anni) residente nel comune di Roma vive in aree caratterizzate da un livello molto alto di vulnerabilità ambientale (*livello 11*) (**Tabella 1**).

Un importante determinante dello stato di salute della popolazione è inoltre il livello socio-economico ed esiste una complessa interazione tra fattori ambientali e socioeconomici che rappresentano un fattore di rischio chiave per la salute nelle aree urbane e influenzano la capacità della popolazione di adattarsi ai cambiamenti del contesto in cui vive.

Per la città di Roma è stato definito un indice di deprivazione a partire da diverse informazioni censuarie del 2011 (es. livello di istruzione, stato di disoccupazione, affollamento delle abitazioni misurate a livello di sezione di censimento, Rosano et al. 2020). Il 19% della popolazione di Roma è residente in una sezione di censimento caratterizzata da un alto indice di deprivazione. L'indice di deprivazione sembra essere complementare all'indicatore di vulnerabilità ambientale e climatica, la deprivazione sociale è infatti più forte nelle zone periferiche della capitale, tendenza opposta a quella

della vulnerabilità ambientale.

Nella **Figura 4** vengono mostrati i due rischi contemporaneamente incrociando i valori degli indicatori (vulnerabilità ambientale e stato socioeconomico) in un unico gradiente: *le aree della città più disagiate sono rappresentate in rosso scuro, mentre le aree più vulnerabili sono in viola scuro*. La mappa illustra la relazione tra i due rischi fornendo una base conoscitiva per orientare e pianificare politiche ambientali e sociali che affrontino l'ingiustizia ambientale e sociale.

Mentre il livello di vulnerabilità ambientale identifica a Roma un'ampia fascia di popolazione di livello molto elevato (23% della popolazione, **Tabella 1**), l'incrocio con il basso livello socioeconomico identifica che *il 9% della popolazione residente vive in aree ad elevata vulnerabilità ambientale e basso stato socioeconomico* (**Figura 4**) Tali aree, indicate dal colore viola scuro nella mappa si trovano nelle zone urbanistiche di Tiburtino sud, Tor Sapienza e La Rustica e dovrebbero essere prioritariamente oggetto degli interventi di adattamento da mettere in atto nel Comune di Roma.

Figura 4. Relazione spaziale tra l'indicatore di vulnerabilità ambientale e climatica e l'indice di deprivazione

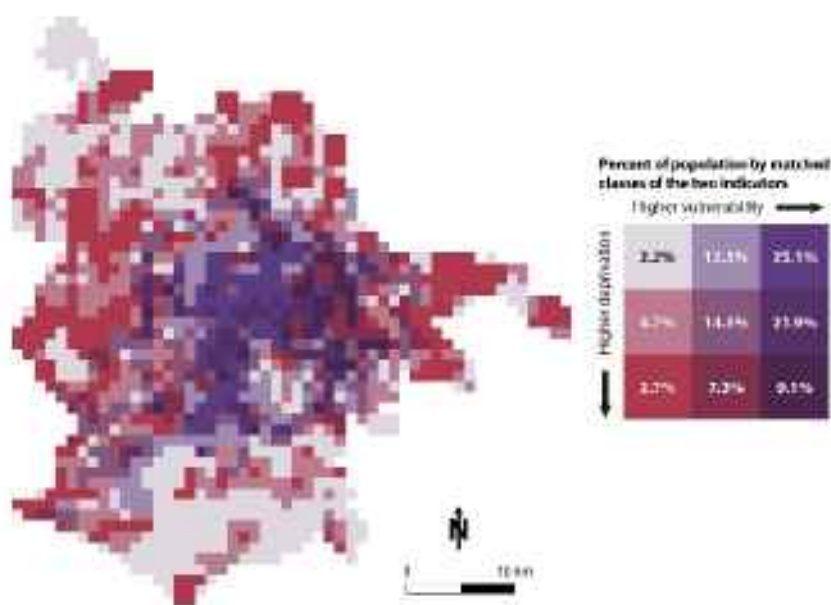


Tabella 1. Distribuzione percentuale di popolazione totale e popolazione con più di 65 anni per livello di vulnerabilità ambientale.

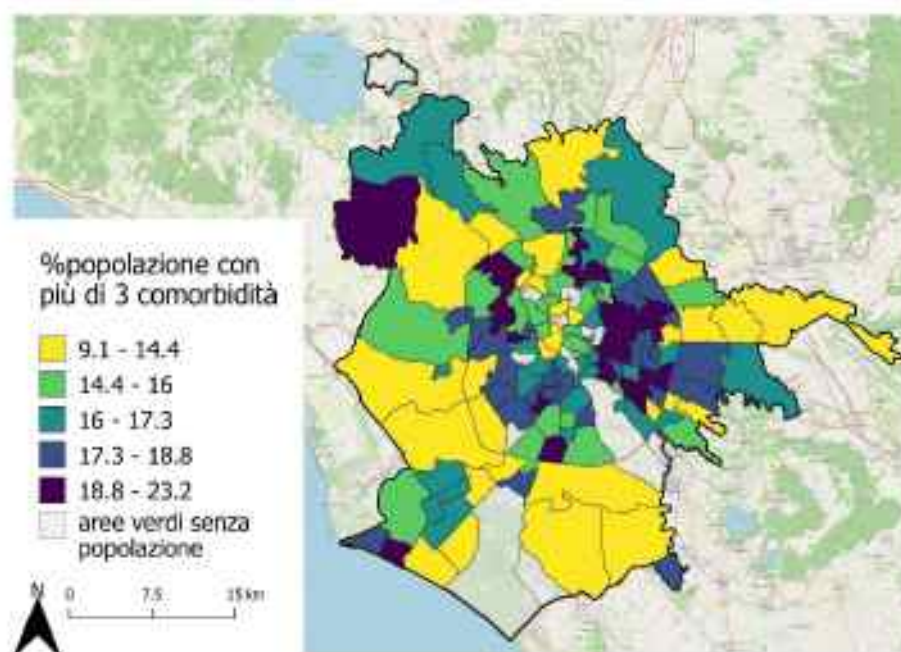
Indicatore di vulnerabilità ambientale	% di popolazione totale	% di popolazione con più di 65 anni
Molto bassa (Livello 1-6)	10%	7%
Bassa (Livello 7)	8%	7%
Medio bassa (Livello 8)	12%	11%
Medio alta (Livello 9)	14%	13%
Alta (Livello 10)	33%	36%
Molto alta (Livello 11)	23%	26%
	100%	100%

Lo stato di salute della popolazione

Infine, all'interno di queste aree è possibile identificare sottogruppi di residenti a maggior rischio per condizioni di salute, nell'esempio è riportata la prevalenza di malattie croniche. Nella **Figura 5** si osserva la distribuzione spaziale della percentuale di popolazione con 3 o più patologie croniche (comorbidità). Nel quadrante est della città all'interno del G.R.A. si osserva una elevata prevalenza di popolazione con 3+ malattie croniche, che in alcune aree è circa un quinto (18-23%) della popolazione residente adulta.

All'interno delle aree ad elevato rischio ambientale e sociale (vedi paragrafo precedente) è possibile anche identificare la frazione di popolazione a rischio a causa delle peggiori condizioni di salute

Figura 5. Mappa della percentuale di popolazione con 3 o più comorbidità.



Interventi di adattamento e co-benefici di salute

Roma è stata tra le prime città in Europa a dotarsi di un sistema di allarme per la prevenzione degli effetti del caldo sulla salute, denominato Heat Health Watch Warning System. Questi sistemi, come raccomandato dal [WHO](#), rappresentano un importante strumento per la prevenzione se integrati con interventi efficaci rivolti alla popolazione a maggior rischio.

Il Sistema di allarme della città di Roma è parte del Piano Operativo Nazionale del Ministero della Salute (www.salute.gov.it/caldo) e del [Piano Operativo regionale](#) di intervento per la prevenzione degli effetti sulla salute delle ondate di calore. Il Piano caldo del Lazio è mirato alla popolazione anziana suscettibile e prevede insieme all'allerta un intervento di sorveglianza attiva da parte dei medici di base, integrato con le attività dei servizi di cure primarie delle aziende ASL. È da sottolineare che a Roma si è osservata una riduzione nei decessi attribuibili al caldo del 30% nel periodo successivo all'introduzione del Piano caldo, suggerendo un impatto delle misure di adattamento (de'Donato 2018c).

Il potenziamento del **verde urbano** nei contesti urbani è in grado di mitigare il fenomeno isola di

calore urbano e di attenuare gli impatti dell'inquinamento da traffico grazie ad un'azione filtro che contribuisce a migliorare la qualità dell'aria.

Gli spazi verdi forniscono inoltre benefici diretti ed indiretti sulla salute. I possibili meccanismi di associazione tra verde urbano e salute, sarebbero legati alla riduzione dello stress, a maggiori livelli di attività fisica e all'aumento dei contatti sociali (**Figura 6**). Studi condotti a Roma hanno evidenziato che vivere in prossimità di aree verdi riduce la mortalità per cause naturali, per cause cardiovascolare e cerebrovascolare e, tra gli esiti di salute si è osservata una riduzione dell'incidenza di ictus nella popolazione adulta (Orioli 2019). Inoltre sempre a Roma uno studio ha evidenziato effetti positivi sullo sviluppo cognitivo dei bambini (Asta 2021). Studi internazionali confermano possibili benefici sulla salute mentale e cognitiva, riduzione degli eventi cardiovascolari, del rischio di obesità e di diabete di tipo 2, di esiti avversi della gravidanza e riduzione della mortalità totale (Braubach 2017). Tuttavia, è importante menzionare possibili effetti avversi come l'esposizione a pollini nella popolazione allergica, per questo è importante una gestione integrata del verde urbano che includa gli aspetti di salute insieme a quelli ambientali.

Figura 6. Meccanismi di associazione tra verde urbano e benefici per la salute



Fonte: Matthias Braubach WHD-UfM Joint Webinar on Urban Nature - Green Spaces and Health, 21 March 2022 (modificata)

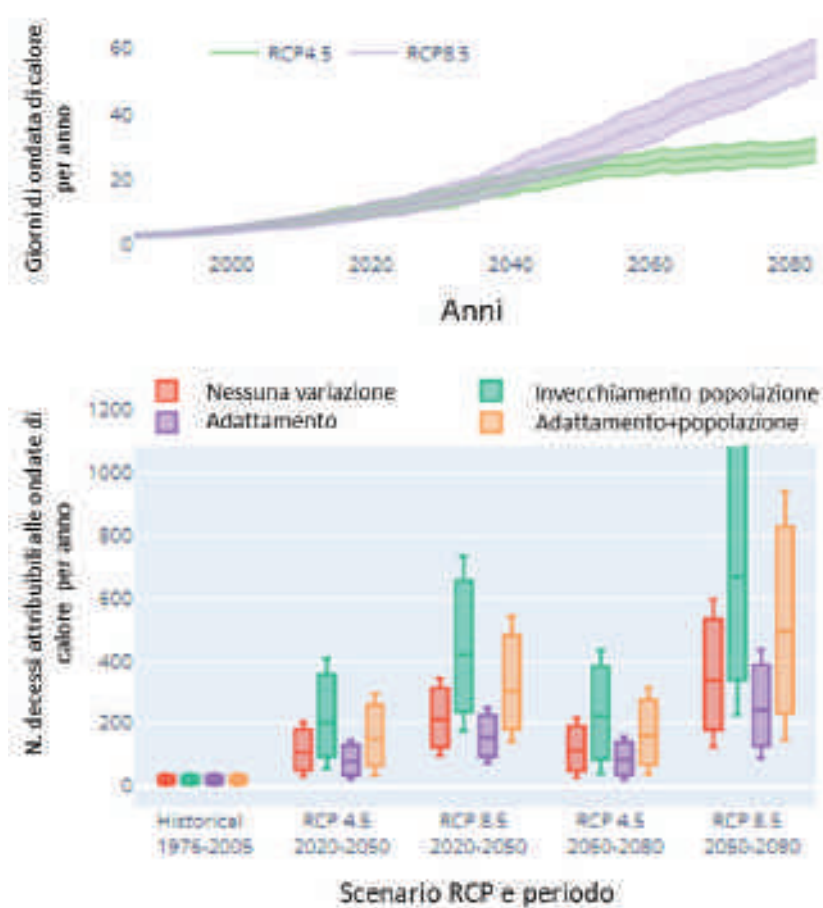
Scenari futuri di cambiamento climatico ed effetti sulla salute

L'area del Mediterraneo inclusa l'Italia è una delle aree più vulnerabili ai cambiamenti climatici dove secondo gli scenari futuri sono previsti gli incrementi più elevati in termini di mortalità associata alle elevate temperature (IPCC WG2 2022, Gasparrini 2017). Uno studio condotto dall'ENEA su due città italiane conferma incrementi nella mortalità attribuibile alle elevate temperature, secondo due scenari di cambiamento climatico (Michetti 2022).

Il DEPLAZIO e il CMCC hanno condotto uno studio su 21 città italiane per stimare l'impatto delle

ondate di calore future sulla mortalità sulla base di scenari di cambiamento climatici RCP4.5 e RCP8.5 (de'Donato 2019). I modelli climatici stimano un incremento dei giorni di ondata di calore annui compreso tra +5.5 giorni e +8.2 giorni nel periodo 2021-2050 secondo lo scenario RCP4.5, fino a +6 e +8.4 giorni secondo lo scenario RCP8.5. In parallelo, le stime complessive per le 21 città, per il trentennio 2021-2050 evidenziano un raddoppio nei decessi attribuibili alle ondate di calore (+100%) tenendo conto degli scenari di incremento dei giorni di ondata di calore e dell'invecchiamento della popolazione (de'Donato 2019). L'analisi per Roma è disponibile anche sulla piattaforma CDS Copernicus in cui si osserva un costante incremento ancora più marcato dei giorni di ondata di calore considerando lo scenario RCP8.5, corrisposto da un maggiore numero di decessi attribuibili alle ondate di calore per il trentennio 2050-2080 rispettivamente di 492 decessi medi annui considerando sia l'invecchiamento della popolazione che l'adattamento (barra arancione) (**Figura 7**).

Figura 7. Numero di giorni di ondata di calore e decessi attribuibili medi annui a Roma secondo gli scenari RCP4.5. e RCP8.5.



Un recente studio dell'ENEA ha indagato l'effetto dei cambiamenti climatici sulla salute delle popolazioni residenti a Roma e Milano, in termini di incremento della mortalità associata sia alle temperature (T) medie giornaliere che all'inquinamento atmosferico con scenari previsionali al 2050 (Michetti et al., 2022a; Michetti et al., 2022b).

Gli incrementi di mortalità città specifici associati al caldo stimati mediante l'analisi dei dati del periodo 2004-2015, che rispecchiano anche le caratteristiche meteo-climatiche, socio-economiche, demografiche e di suscettibilità delle popolazioni esposte, sono stati utilizzati per calcolare i decessi attribuibili attesi al 2050 sulla base di due diversi scenari climatici RCP (Representative Concentration Pathways) caratterizzati da differenti livelli di emissioni climalteranti, RCP 2.6 e RCP 8.5, rispettivamente il più stringente e il meno stringente per il contenimento delle emissioni.

Le proiezioni relative alle alte temperature hanno evidenziato, soprattutto nello scenario peggiore RCP8.5, un aumento della frazione di decessi attribuibili al caldo rispetto al periodo storico considerato (2.4 vs 1.6%), pari ad un incremento complessivo dell'8%. Andamenti simili, ma più accentuati, sono previsti per gli over 85 (3.3 vs 2.3%).

Diversi studi condotti nell'ambito del network internazionale MCC hanno evidenziato il trend in aumento dell'eccesso di mortalità associato al caldo e la progressiva riduzione della mortalità associata al freddo, con l'effetto maggiore osservato nel sud Europa (e in Italia) e nel sud-est asiatico (Gasparrini et al. 2017).

Da quanto emerso risulta evidente l'urgenza dell'adozione di politiche rigorose e integrate in materia di contrasto al cambiamento climatico e di tutela della qualità dell'aria, con l'obiettivo del contenimento dell'incremento della temperatura media globale entro 1,5 °C come previsto dalle direttive internazionali.

2.8 IMPATTI SUI SISTEMI SOCIO-ECONOMICI-PRODUTTIVI

Daniela De Leo



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Per definire impatti ed effetti del cambiamento climatico sul profilo socio-economico-produttivo della città si sono presi in considerazione, innanzitutto, i dati relativi alla localizzazione degli eventi climatici estremi nel comune di Roma (CittàClima) dal 2010 a oggi.

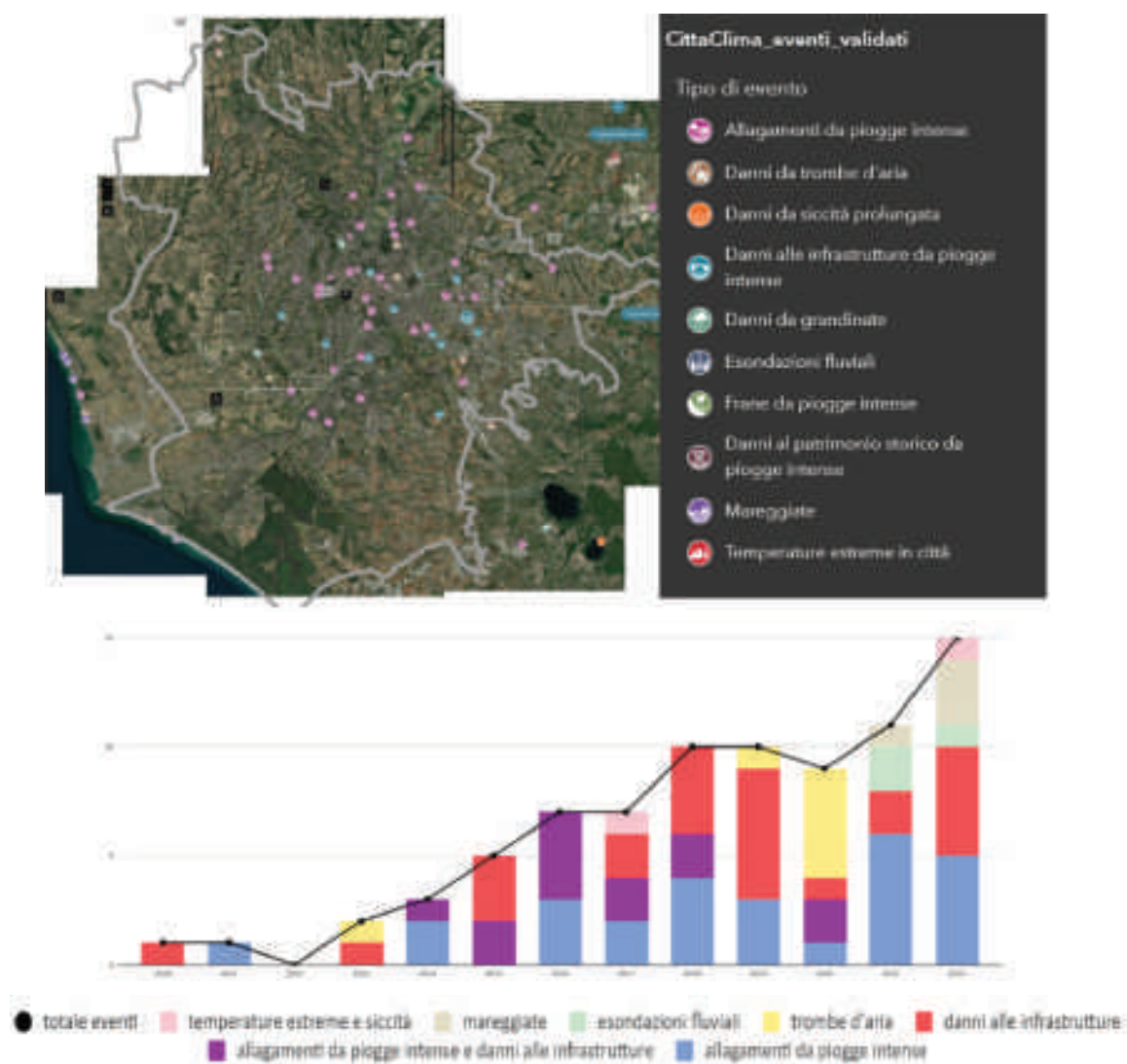


Fig.1 – Localizzazione e sintesi eventi nel periodo 2010-22 (Elaborazioni proprie su Fonte CittàClima Legambiente)

L'elaborazione mostra chiaramente: a) **la crescita costante nel tempo degli eventi estremi**, in particolare dal 2016 e con importante picco nel 2022; b) **le maggiori occorrenze** degli ultimi dodici anni, ossia le **precipitazioni estreme (piogge intense e trombe d'aria), siccità, isole di calore e temperature elevate**. Tra i segmenti più colpiti vi sono i *trasporti pubblici* e, quindi, metropolitana e ferrovie (locali e non) e, ovviamente, la *viabilità*, con effetti localizzati e diffusi, che impattano su numerose attività produttive e diversi tipi di popolazione, alcune maggiormente in grado di fronteggiare le avversità, altre più fragili proprio dal punto di vista socio-economico. I settori urbani maggiormente colpiti appaiono i *settori est e nord*, relativamente, più colpiti di altre zone, specie nelle aree maggiormente periferiche, oltre alla *zona costiera e le zone a rischio idrogeologico* (dal PRG, ISPRA, Autorità di bacino).

Ciò ha suggerito di tenere conto delle peculiarità morfologiche e strutturali delle aree maggiormente colpite in sovrapposizione con le geografie socio-economiche e produttive della città per: 1. individuare le aree maggiormente esposte al cambiamento climatico; 2. orientare le politiche pubbliche che devono essere assunte per intervenire prioritariamente sulle aree più esposte e con attenzione ai soggetti più fragili.



Fig. 2 Copertura di suolo CORINE (in viola zone industriali e commerciali) e sovrapposizione con eventi CittàClima e Copertura di suolo CORINE (Elaborazioni proprie su Fonte CittàClima Legambiente e Geoportale Città Metropolitana)

In alcuni Municipi di Roma emerge una condizione di maggiore fragilità ai cambiamenti climatici per la sovrapposizione di luoghi, popolazioni e attività più sensibili agli impatti come nel caso dei Municipi V, VI, VII, X, XII, XIV. Il settore est con i Municipi IV, V e VI presenta fragilità molto diffuse dal punto di vista dei luoghi e delle popolazioni insediate, oltre ad avere vaste aree a destinazione produttiva che richiederanno interventi mirati.

È significativo, inoltre, che si tratti del settore urbano che, per caratteristiche fisiche e di uso del suolo, è soggetto a maggiori rischi – sia in caso di precipitazioni sia in caso di temperature estreme – vista anche la *densità edilizia per la parte più centrale e la carenza di aree verdi in tutto il settore urbano* (specie se confrontato con altre zone di Roma).

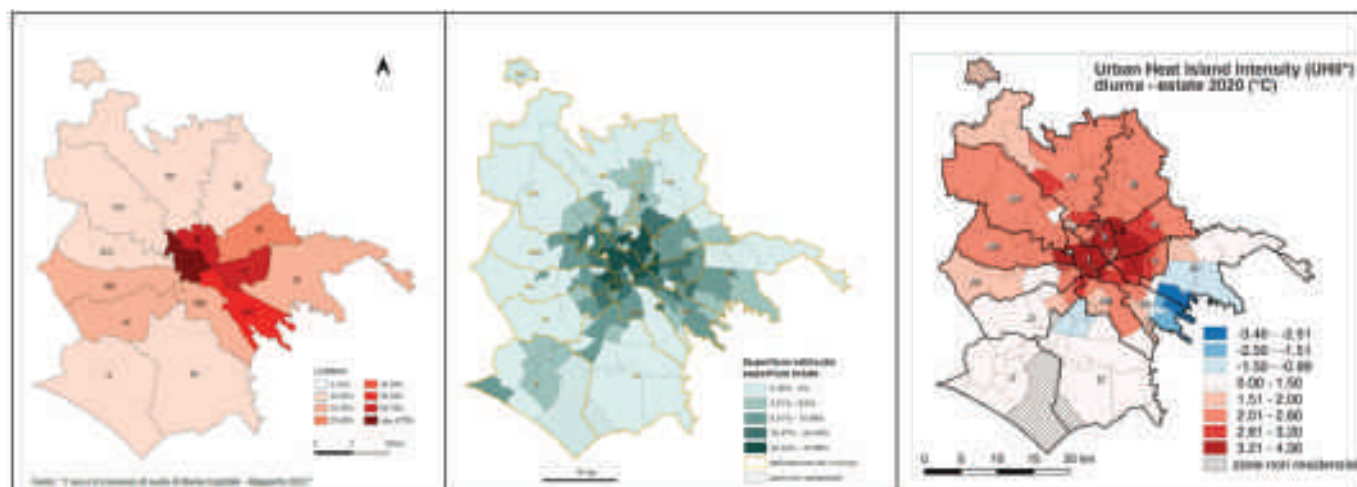


Fig.3 - Suolo consumato (%) per Municipio anno 2021; Superficie edificata/superficie totale; Intensità isole di calore, estate 2020 (Fonte MappaRoma)

Considerando sia le precipitazioni sia le temperature estreme, **i Municipi con minor quantità di spazi verdi appaiono più fragili e quindi più esposti ai rischi, anche perché frequentemente accolgono popolazioni più deboli dal punto di vista socio-economico.** Allo stesso tempo, la forte incidenza di effetti avversi nel settore nord di Roma appare collegata per lo più alle condizioni di fragilità caratteristiche di questa parte del bacino del Tevere. Entro questa cornice e con riferimento ai dati riportati, è stato poi proposto un possibile quadro di sintesi che mette in relazione alcune caratteristiche considerate significative ai fini del CC e relativi Municipi.

Consumo di suolo 2021	I, II, V, VII
	Municipi con maggior % su superficie amministrativa (>50%)
Consumo di suolo in aree protette	I, II, IV, VII
	Municipi con maggior Percentuale di suolo consumato rispetto all'estensione di aree protette
Consumo di suolo 150m da corpi idrici	I, II, IV, VII, VIII
	Municipi con maggior Percentuale di suolo consumato entro 150m dai corpi idrici, sulla superficie totale della fascia
Estensione e tipologie delle aree verdi	III, V, VI, XI, XII, XIV
	Municipi con minor mq per abitante
Densità edilizia	I, II, parte del V, parte del VII, piccole parti (centrali di VIII e XI)
	% superficie edificata su superficie totale, indicata per aree con forte consumo da una parte all'altra dei municipi
Abbandono edifici	XIV, VI, IX, X, parte del XV (XI, XII e XIII hanno prospettiva opposta alla, ma con abbandono diffuso rispetto ad altri municipi in cui le aree abusive sono quasi 4.000)

Tab.1 – Consumo di suolo per Municipio (elaborazione propria dati da Roma Capitale Annuario Statistico 2022 e Munafò, Cesetti, 2021)

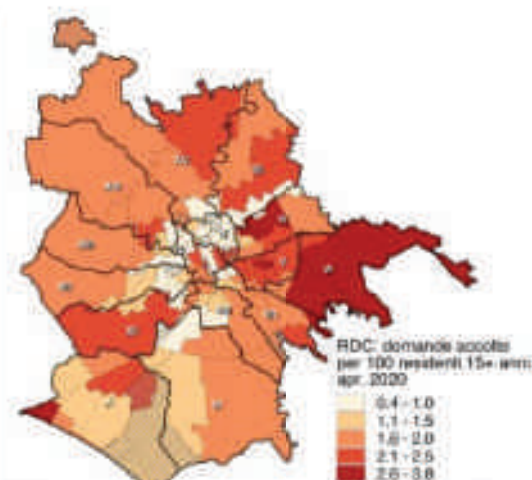
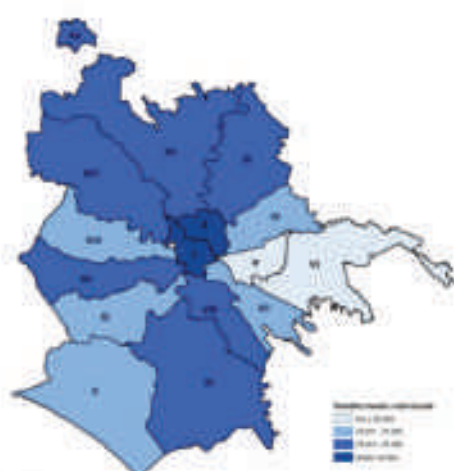


FIG.6 - REDDITO MEDIO E DOMANDE ACCOLTE DEL RDC (FONTE ANNUARIO STATISTICO E MAPPAROMA)

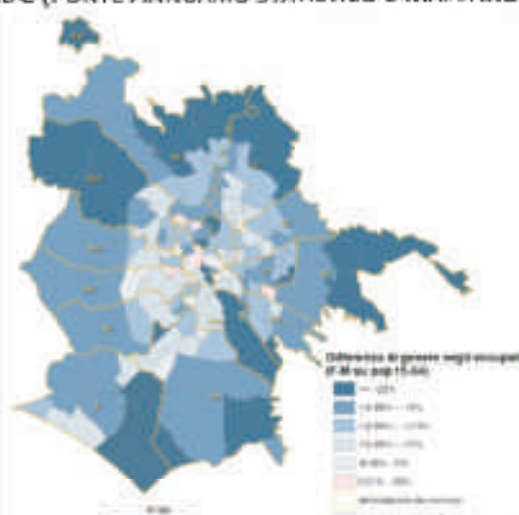
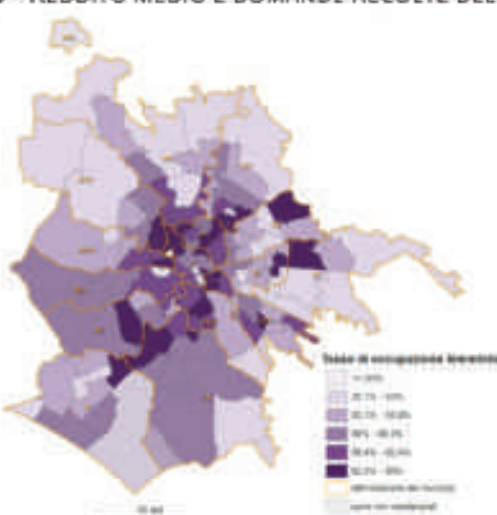


FIG.7 - TASSO DI OCCUPAZIONE FEMMINILE E DIFFERENZE DI GENERE NEGLI OCCUPATI (FONTE MAPPAROMA)

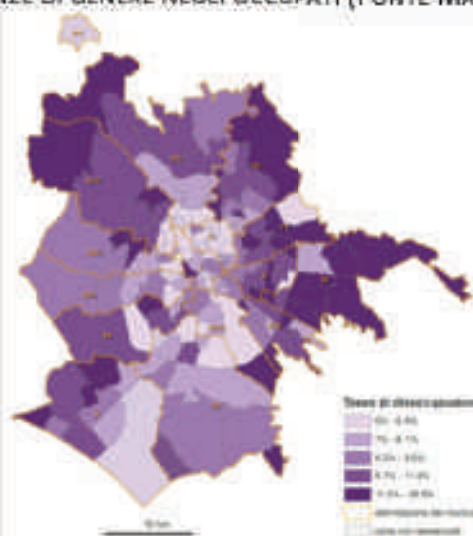
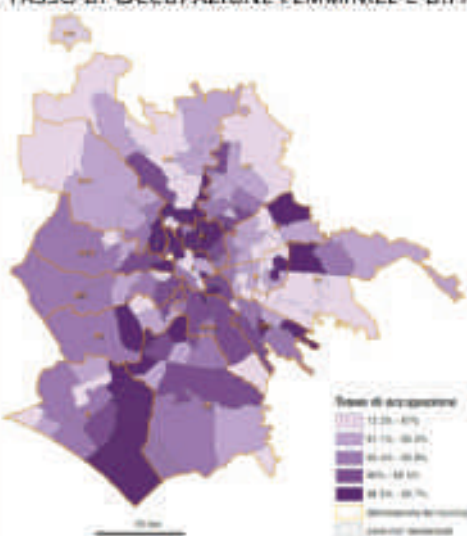


FIG.8 - TASSI DI OCCUPAZIONE E DISOCCUPAZIONE (FONTE MAPPAROMA)

I Municipi III, IV, V, X e XI presentano zone con profili economici differenti ma comunque con sacche di fragilità rilevanti. Dalla sovrapposizione dei dati relativi alle famiglie con soggetti come anziani e minori, potenzialmente più fragili di fronte ai cambiamenti climatici, e, contemporaneamente, con redditi bassi, è stato possibile individuare aree di concentrazione di soggetti maggiormente esposti in caso di eventi climatici estremi, con riferimento ai rischi di salute di tipo: a) diretto, ossia connessi con le fragilità economiche o con i danni su beni mobili o immobili; b) differito, come il rischio di povertà energetica o cambiamenti repentini della situazione lavorativa, magari priva di garanzie.

Di seguito vengono richiamati dati e mappe utili a individuare le aree della città con maggiori fragilità e una tabella di sintesi dei Municipi con maggiori fragilità sociali.

Dato	Municipi	Caratteristiche
Reddito 2019	V e VI	Reddito medio individuale fino a 20.000 euro
Reddito 2019	IV, VII, X, XI, XIII	Reddito medio individuale tra 20 e 25.000 euro
Reddito di cittadinanza 2020	VI, IV (> 2,6 su100) V, XI, parte del XV, parte del III, piccola parte del VII(>2 su 100 ma molto diffuso) X (molto variegato)	Municipi con zone urbanistiche >2 residenti su 100 con RdC
Tasso di disoccupazione	III, VI, parti del V, del X del XIV (più altre zone urbanistiche in vari municipi, soprattutto in zone periferiche oltre il GRA)	Municipi con zone urbanistiche >9,7% disoccupazione Da notare anche che in molte delle zone urbanistiche con maggior disoccupazione si rileva anche una maggior differenza di genere negli occupati.

Tab.2 – Sintesi Municipi con profili economici più fragili (elaborazione propria su dati da Roma Capitale Annuario Statistico 2022) Annuario Statistico 2022)

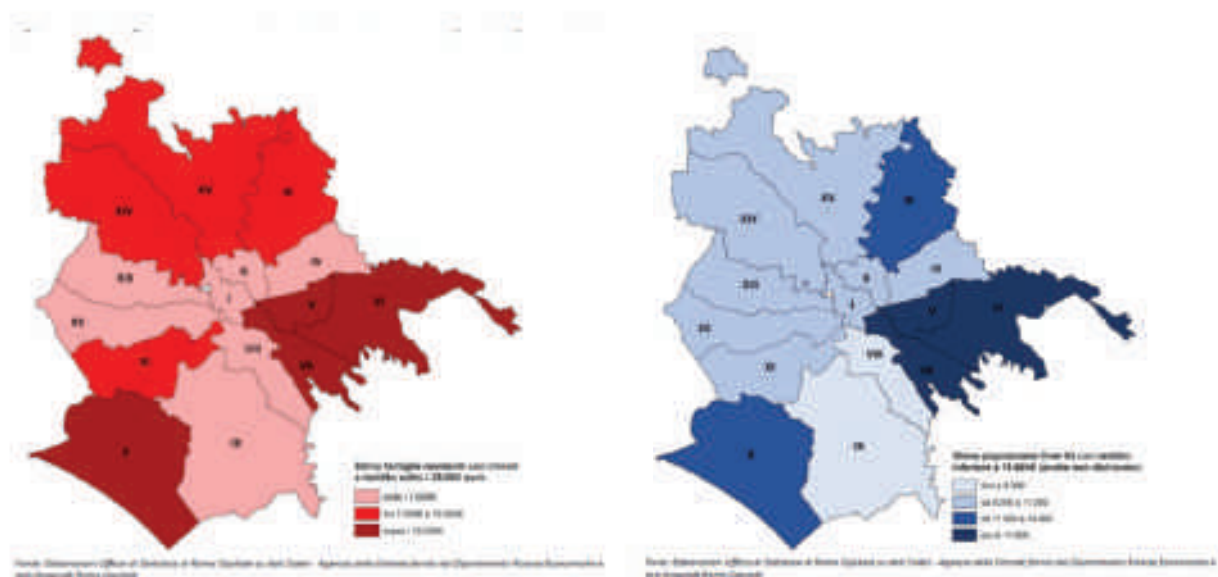


Fig.9 - Stima famiglie con minori con reddito inferiore ai 25.000 euro e popolazione over 65 con reddito inferiore a 11000 euro (fonte Roma Capitale Annuario Statistico 2022)

Caratteristiche	Municipi	
Famiglie con minori e reddito <25000 euro 2016	V, VI, VII, X	Numeri assoluti > 10000 famiglie
Famiglie con minori e reddito <25000 euro 2019	V, VI, VII, X	Numeri assoluti > 10000 famiglie ²
Numero di iscritti alla scuola dell'infanzia comunale	V, VII	>2000
Iscritti stranieri e iscritti diversamente abili	V, VII	Municipi con i numeri assoluti più alti
Minori con assistenza domiciliare	V e X(quasi 200)	>100
Over 65 con reddito <11000 euro 2016	V, VI, VII, III, X	>11000 residenti
Over 65 con reddito <11000 euro 2019	V, VI, VII, III, X	>11000 residenti

Tab.3 – Indicatori di fabbisogno più rilevanti per Municipi e settori urbani (elaborazione propria su dati da Roma Capitale Annuario Statistico 2022)

Inoltre, sono stati considerati dati relativi alla popolazione straniera residente al fine di localizzare le aree della città con maggiore presenza di stranieri per quanto, come è noto, le maggiori fragilità riguardano per lo più i cosiddetti “invisibili”, complessivamente fotografati nella tab.5.

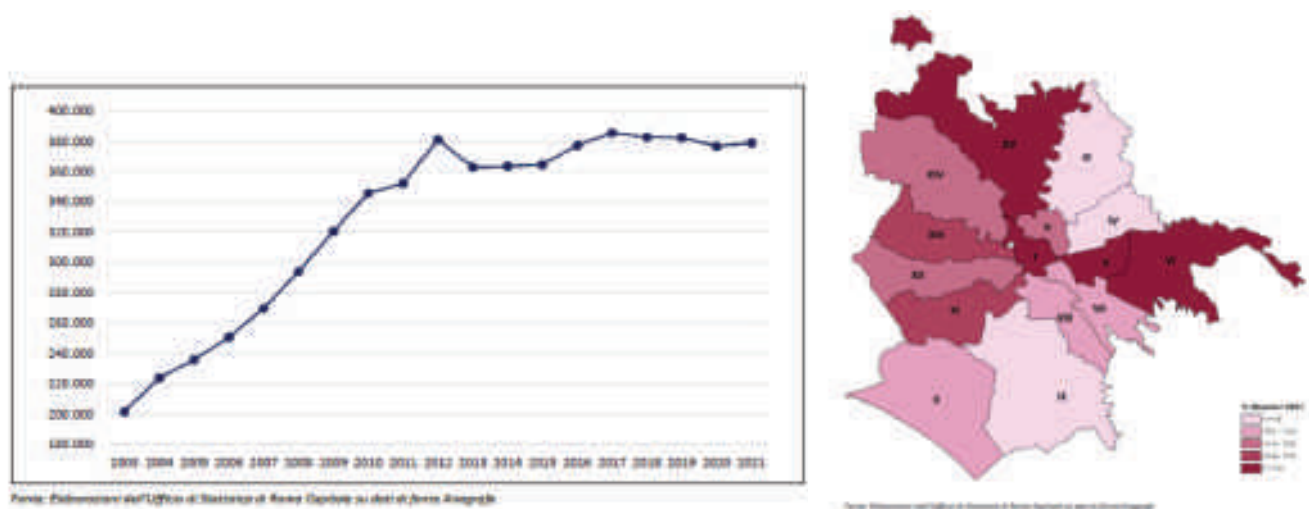


Fig. 10 - Popolazione straniera iscritta in anagrafe anni 2003-2021 Percentuale Stranieri su totale popolazione 2021 (fonte: Roma Capitale Annuario Statistico 2022)

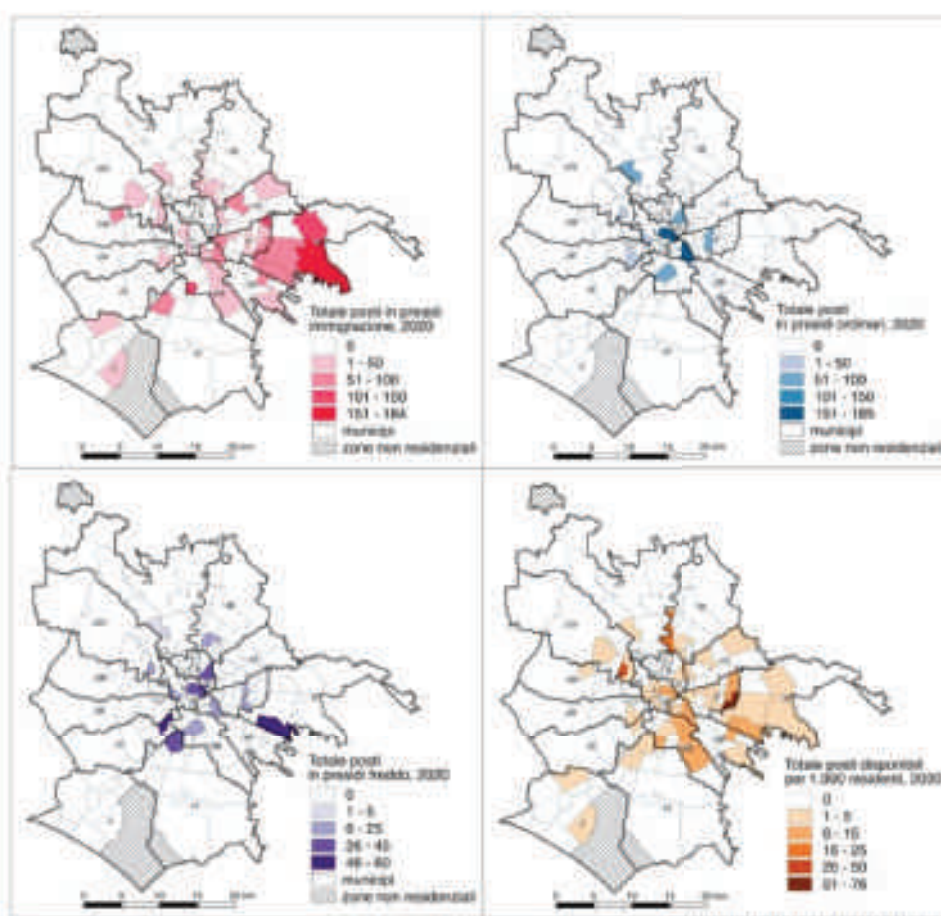


Fig. 11- Mappa degli invisibili (fonte MappaRoma)

Dato	Municipi	Caratteristiche
Stranieri	I, V, VI, XV (inoltre XIII e XI con popolazione straniera >13,5%)	>17,5% (vengono conteggiati tutti gli stranieri indipendentemente dalla provenienza)
Centri accoglienza Pernottamenti autorizzati	I, II, V, VII	Numeri assoluti, 4 municipi che hanno un numero di pernottamenti significativamente superiore agli altri
Centri accoglienza pasti autorizzati	I, II, V, VII, X	Numeri assoluti, municipi che hanno un numero di pasti significativamente superiore agli altri
Posti in presidi immigrazione	VI, VIII presenze più diffuse nel IV, V e VII	Municipi con zone urbanistiche con >100 posti
Posti in presidi ordinari	I, VII (zone centrali)	Municipi con zone urbanistiche con >100 posti
Posti in presidi freddo	I, II, VI, IX, XI	Municipi con zone urbanistiche con >100 posti

Tab.4 - Sintesi dei Municipi e dei settori urbani con indicatori di fabbisogno più rilevanti (elaborazione propria su dati da Roma Capitale Annuario Statistico 2022)

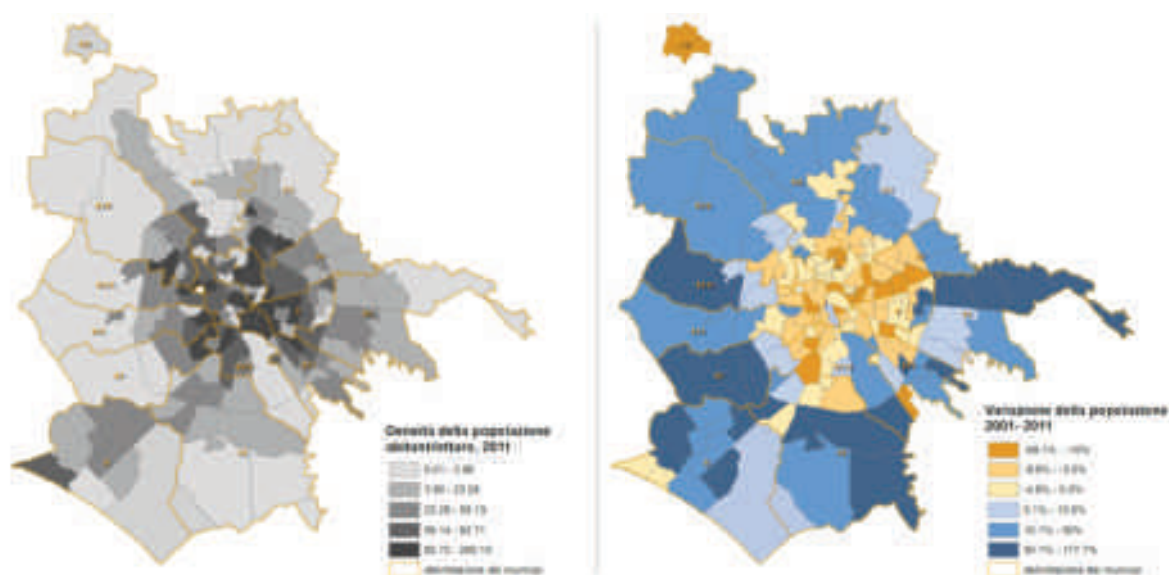


Fig. 12 - Densità e variazione della popolazione (fonte MappaRoma)

Anche se non è direttamente un indicatore di fabbisogno, una indagine sul consumo energetico domestico, soprattutto se sovrapposto alle indagini sulle fragilità preesistenti, permette di individuare aree che devono essere tenute sotto controllo per lo sviluppo di ulteriori fragilità dovute, in questo caso, al costo delle utenze domestiche e, quindi, al conseguente rischio di povertà energetica.

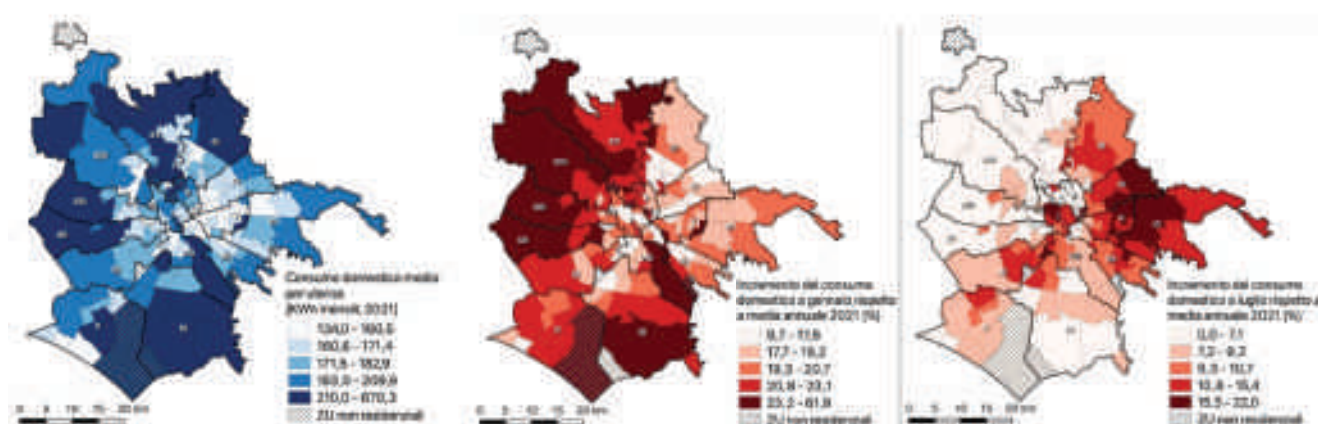


FIG. 13 - CONSUMO DOMESTICO MEDIO PER UTENZA E INCREMENTO DEL CONSUMO DOMESTICO DI ENERGIA ELETTRICA INVERNALE ED ESTIVO 2021 (FONTE MAPPAROMA)

Per quanto riguarda il consumo invernale sono maggiormente toccati i quartieri fuori dal GRA, in zone prevalentemente residenziali con vari livelli di fragilità. Mentre il consumo nei mesi estivi prevale nel quadrante est, con i Municipi IV, V, VI che già presentano fragilità socio-economiche importanti: ciò rende questi dati un segnale di allarme per il rischio di povertà energetica, sia per il contesto geopolitico attuale, sia per la sempre maggior occorrenza di temperature estreme con conseguente aumento delle isole di calore.

In tema di persone e abitanti nelle diverse aree, il dato sulla densità abitativa offre indicazioni in coerenza con quelle della densità edilizia ma meno inerziali: ad esempio, la variazione di popolazione permette di prevedere un trend che prenderà probabilmente la forma di un maggior consumo di suolo in nuove parti della città¹. Se la maggiore densità della popolazione riguarda i Municipi I e II, V, parti del VII e del VIII, le aree in cui è aumentata la popolazione sono parti importanti del VI, IX, XI e XII Municipi.

Infine, si possono fare considerazioni dal punto di vista socio-economico anche per rischi:

- di *salute*, legati alla concentrazione in alcune aree di popolazione anziana e/o con disabili e/o minori;
- di *povertà energetica*, legata ad esempio, alle ondate di calore;
- di *precarietà economica* collegato a incertezze in ambito di lavoro dipendente, legato a servizi e al turismo, ma anche autonomo (specie nelle imprese individuali).

Ultimo ma non ultimo, l'analisi della localizzazione e della tipologia di attività produttive è stata messa in relazione con le fragilità legate, in modo maggiore, alle infrastrutture della mobilità e viabilità ma anche per approvvigionamento energetico e idrico. Questa analisi è resa più complicata dalla difficile localizzazione delle sedi operative delle attività produttive delle quali, in genere, è dichiarata la sede legale.

¹ I dati sono attualmente relativi al decennio 2001-2011, ma possono essere facilmente aggiornati con i dati dell'anagrafe di Roma.

Settore di attività economica	Municipi										IM non finanziarie	Totale
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
Agricoltura silvicoltura e pesca	585	518	175	87	75	151	20	251	251	541		
Altre attività di servizi	1.400	1.082	781	545	1.000	810	1.000	891	900	900		
Accommodation pubblica e affitti esclusivo per vacanze	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Attività culturale, sportiva e ricreazione e svago	182	470	106	100	111	110	419	170	200			
Servizi del terziario di alloggio e di ristorazione	6.423	2.171	988	512	1.088	112	1.112	848	100			
Attività finanziarie e assicurative	1.406	898	307	285	301	173	739	330	400			
Attività immobiliari	1.004	1.110	999	479	399	888	1.042	881	407			
Attività manifatturiere	1.072	378	371	687	870	817	1.109	270	500			
Attività professionali scientifiche e tecniche	1.110	1.174	681	535	511	406	1.119	847	891			
Commercio all'ingrosso e al dettaglio (escluso di automobili e motocicli)	1.411	1.488	1.381	1.212	1.317	1.418	1.418	1.318	1.077			
Costruzioni	1.409	1.110	1.175	1.401	1.104	1.109	1.088	877	1.015			
Estrazione di minerali da cave e miniere	17	10	0	0	0	0	0	0	0			
Fornitura di acqua nei negozi, attività di gestione dei rifiuti e riciclaggio	17	40	10	10	10	17	10	10	11			
Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata	170	184	10	10	10	0	10	10	10			
Trasporti	100	171	100	10	10	10	10	10	10			
Società agenzie di viaggio, servizi di supporto alle imprese	1.107	1.140	781	512	1.088	1.112	1.112	715	100			
Organizzazioni intergovernative e non governative	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Servizi di consulenza sociale	100	100	100	100	100	100	100	100	100			
Servizi di informazione e comunicazione	1.100	1.100	100	100	100	100	1.100	800	100			
Trasporti e magazzinaggio	710	110	400	100	700	300	1.100	440	100			
Non classificata secondo la codifica ATREC 2007	1.107	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100			
Totale	17.070	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000			

Tab.5 – Unità locali attive di imprese per settore di attività economica e per Municipi (fonte: Roma Capitale Annuario Statistico 2022)

Le tipologie di attività più esposte agli effetti del cambiamento climatico sono di seguito indicate con riferimento ai primi due Municipi nei quali c'è maggior presenza come:

- agricoltura (I, II)
- ristorazione (I, II)
- **attività manifatturiere (I,VII)**
- **commercio (I, V)**
- **costruzioni (I, VI)**
- fornitura di acqua (I, II)
- fornitura di energia (I, II)
- trasporto e magazzinaggio (V, VII).

Inoltre, le attività ritenute più fragili sono, ad esempio, quelle a maggior partecipazione femminile come commercio, costruzioni, attività manifatturiere e “altre attività di servizi”, “servizi di supporto alle imprese”, “attività immobiliari”. Ma anche quelle che impiegano un maggior numero di persone sul territorio poiché sono evidentemente superiori le dimensioni dell'esposizione.

197

6 Roma + 1 del modello adottato	Numerosità degli eventi registrati (da - a ++)	Fragilità della popolazione
Città campagna	-	Non segnalata
Città Ricca	++	Ampliamente non fragili
Centro storico	+	Poco fragili, ma con possibili sacche di disagio
Città compatta	++ (Per tutte le tipologie di eventi)	Varie fragilità da analizzare più minutamente alla scala dei Municipi
Città dell'automobile	++ Soprattutto per dipendenza da infrastrutture e viabilità	Varie fragilità, sempre legate a un modello urbano che dipende soprattutto da spostamenti su mezzi privati
Città del disagio	+ ⁺	Grandi fragilità, quindi impatti maggiori indipendentemente dalla gravità degli eventi
Città degli invisibili	+ ⁻	estrema fragilità della popolazione

Tab.7 – Incrocio sintetico tra numerosità degli eventi e fragilità della popolazione insediata (elaborazione propria)

Rispetto a questo modello di riferimento, gli eventi legati al *climate change* sembrano ricadere, soprattutto, sulla “città compatta” e “città ricca”, mentre solo in seconda battuta sulla “città del disagio” e “dell’automobile”.

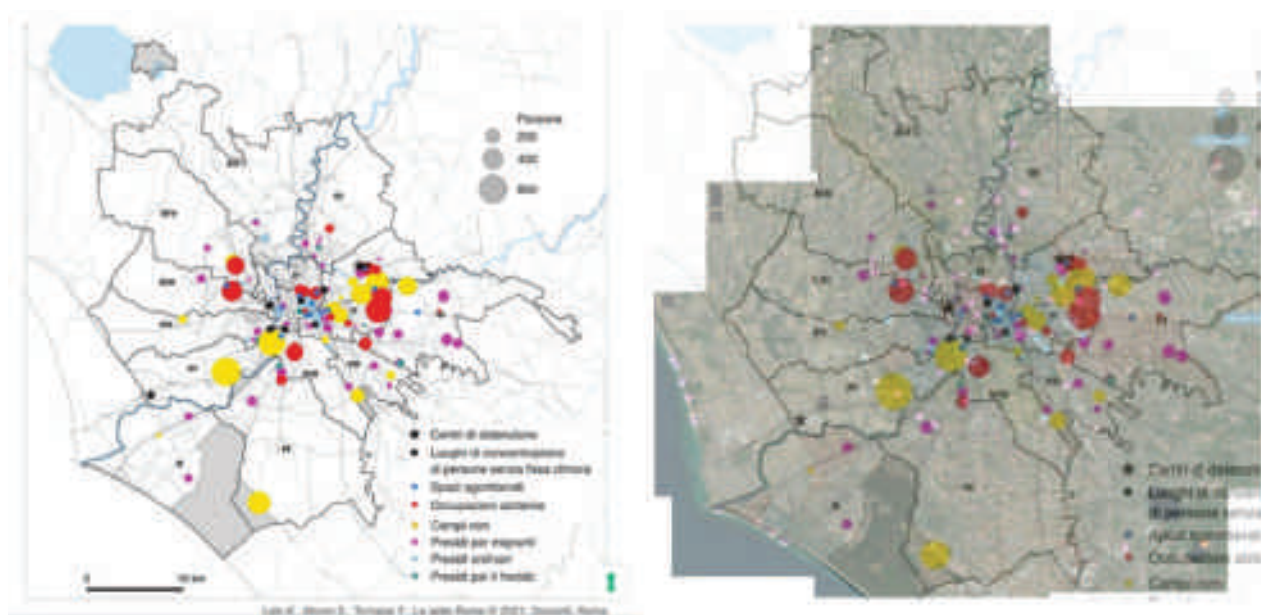


FIG.15 – SOVRAPPOSIZIONE EVENTI CITTÀCLIMA E CITTÀ DEGLI INVISIBILI (ELABORAZIONE PROPRIA SU FONTE CITTÀ CLIMA LEGAMBIENTE E MAPPAROMA)

3

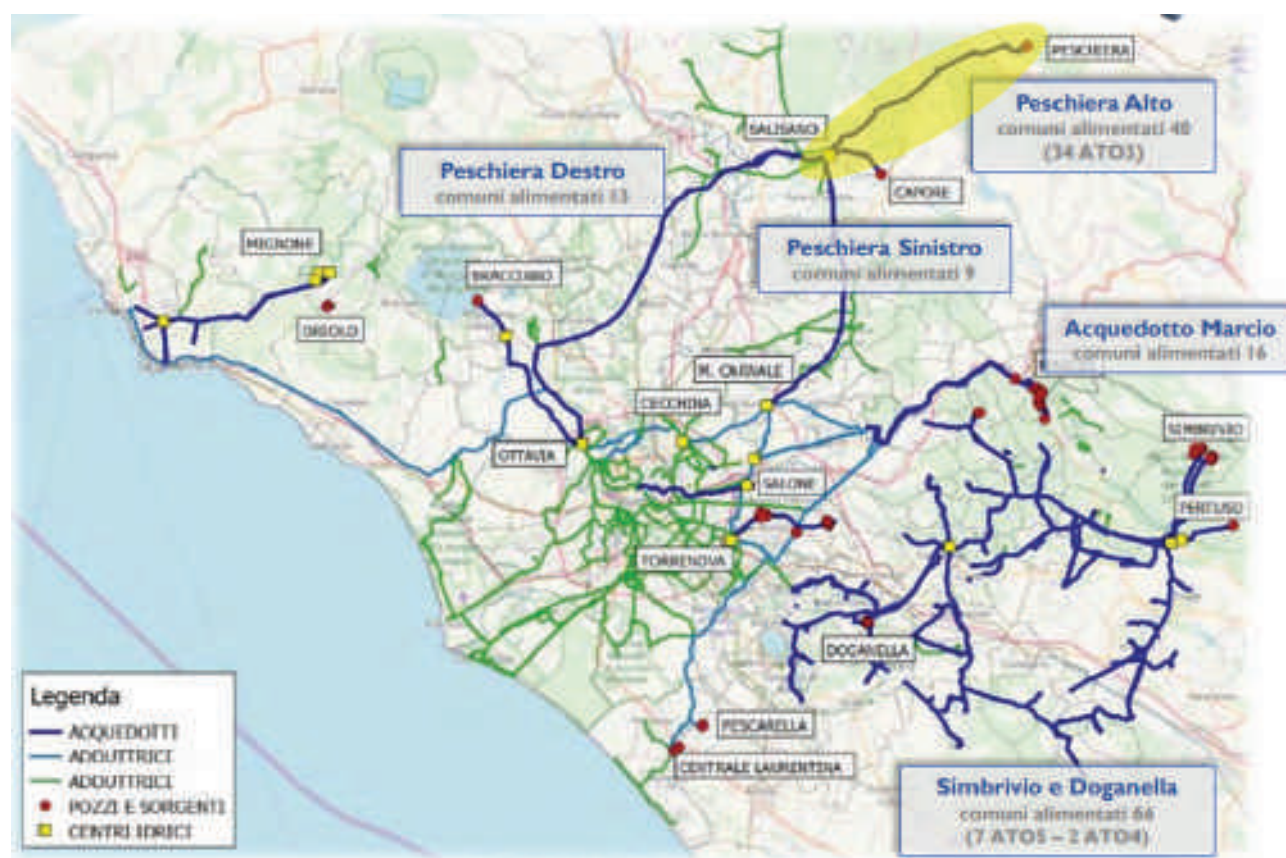
**Progetti e interventi
in corso**

3.1 Progetti e interventi in corso

RADDOPPIO DELL'ACQUEDOTTO PESCHIERA

Un intervento fondamentale per la sicurezza dell'approvvigionamento idrico di Roma è il progetto del "Nuovo Tronco Superiore Acquedotto del Peschiera", che ha l'obiettivo di garantire la continuità dell'adduzione idrica alla Capitale dal sistema acquedottistico Peschiera-Le Capore, dalle sorgenti alla centrale di Salisano (in giallo nell'immagine sotto). L'intervento porterà alla creazione di un nuovo acquedotto, parallelo a quello esistente, della lunghezza complessiva di 2,7 chilometri che metterà in sicurezza la Capitale in caso di disservizio improvviso dell'acquedotto esistente a seguito di eventi sismici e/o idrogeologici. L'intervento assicurerà la continuità del servizio idrico a gravità (pertanto senza costi energetici aggiuntivi) rendendo possibili attività di manutenzione sul primo acquedotto anche in caso di eventi eccezionali. Il costo totale è di 1,2 miliardi, di cui 700 milioni sono stati stanziati nella Legge di bilancio 2023 e la restante parte coperta con la tariffa del servizio idrico integrato. I lavori è previsto che vadano in gara nel 2024 e che avranno una durata di 7 anni. La realizzazione dell'opera da parte di ACEA ATO 2 rappresenta, attualmente, il più importante investimento in un'infrastruttura idrica a livello nazionale.

Il sistema acquedottistico di Roma – ATO 2



INTERVENTI PER LA RIDUZIONE DELLE PERDITE DELLA RETE IDRICA

Nel Comune di Roma le perdite idriche si sono fortemente ridotte (27,8% contro il 43% del 2017 e una media nazionale del 42%), ma l'impegno nella diminuzione continua puntando su distrettualizzazione delle reti, ottimizzazione delle misure e del monitoraggio e lotta agli abusi. La distrettualizzazione consente il controllo di singole parti della rete idrica (distretti) e quindi la regolazione delle pressioni di esercizio e la rapida identificazione di nuove perdite o di anomalie. Ad oggi sono attivi 729 distretti di misura su oltre 13.700 km di rete di distribuzione gestita sull'intero perimetro dei comuni gestiti da Acea Ato 2. Viene inoltre perseguita l'ottimizzazione della qualità della misura di processo tramite verifica e taratura dei misuratori installati. La quota di volume di processo misurata, consuntivata all'ARERA, è passata dal 84,6% del 2018 al 91,5% del 2022. Per essere più efficaci nel monitoraggio della risorsa, nella sua tutela e riduzione perdite, il Gruppo Acea ha implementato, inoltre, una piattaforma digitale a supporto della tutela della risorsa idrica (Waidy Management System-WMS) che, valorizzando i dati provenienti da fonti interne (Sistema Informativo GIS, telecontrollo, anagrafica commerciale, interventi in campo) e da fonti esterne, permette di analizzare, monitorare e relazionare enormi e molteplici quantità di dati, al fine di ottimizzare la gestione dell'acqua nelle reti e, grazie all'utilizzo di modelli di machine learning, a supportare le decisioni. Il sistema viene già utilizzato per la gestione del bilancio, dei distretti idrici e delle interruzioni del servizio e prevede la prosecuzione della roadmap pluriennale con continue evoluzioni delle funzionalità esistenti e future estensioni a nuovi ambiti funzionali.

Per approfondimenti

<https://sostenibilitaaceaat2.gruppo.aceait/2022/it>



RIUTILIZZO DELL'ACQUA DEPURATA PER GLI USI COMPATIBILI

Il sistema fognario-depurativo di Roma si compone di circa 3.250 km di rete fognaria mista e nera, tra cui collettori fognari di grandi dimensioni, e 32 impianti di depurazione, tra i quali i 3 maggiori di tutta l'area metropolitana (tra 780.000 a 1.100.000 AE). Nel Comune di Roma la copertura del servizio di fognatura è pari al 97.26% degli abitanti e complessivamente al 93.45% per l'intero ATO2 (abitanti della provincia di Roma). A Roma sono presenti 33 impianti di depurazione, tra i quali i tre maggiori di tutta l'area metropolitana, che trattano all'anno circa 515 Mln di mc/a. Al fine di una gestione più efficiente delle risorse idriche, sono stati avviati una serie di interventi presso i maggiori depuratori per incrementare il riutilizzo dell'acqua depurata in uscita agli impianti all'interno del processo stesso di trattamento, con particolare riferimento ai comparti delle linee fanghi e di pretrattamento iniziale. Questi interventi hanno permesso, nei depuratori di Roma, il riutilizzo di circa 1,6 milioni di m³ di acque depurate nei processi industriali nel 2022. Per gli usi irrigui esterni, nel Comune di Roma, è stato realizzato un progetto di riuso delle acque depurate dall'impianto del CoBIS per la rete di innaffiamento urbana. Sono in corso ulteriori interventi e progetti da realizzare entro il 2024 per ampliare l'utilizzo di acqua depurata sia per scopi produttivi che per scopi irrigui. Il tema del riutilizzo ai fini irrigui delle acque depurate è stato affrontato in particolare presso l'impianto di Fregene dove si prevede di realizzare un collettore per alimentare al punto di consegna la rete di irrigazione del Consorzio, garantendo così una fornitura idrica in caso di carenza idrica. L'intervento è oggetto di uno stanziamento di circa 6 Mln di Euro da parte del Ministero delle Infrastrutture, nell'ambito degli interventi urgenti per la siccità.

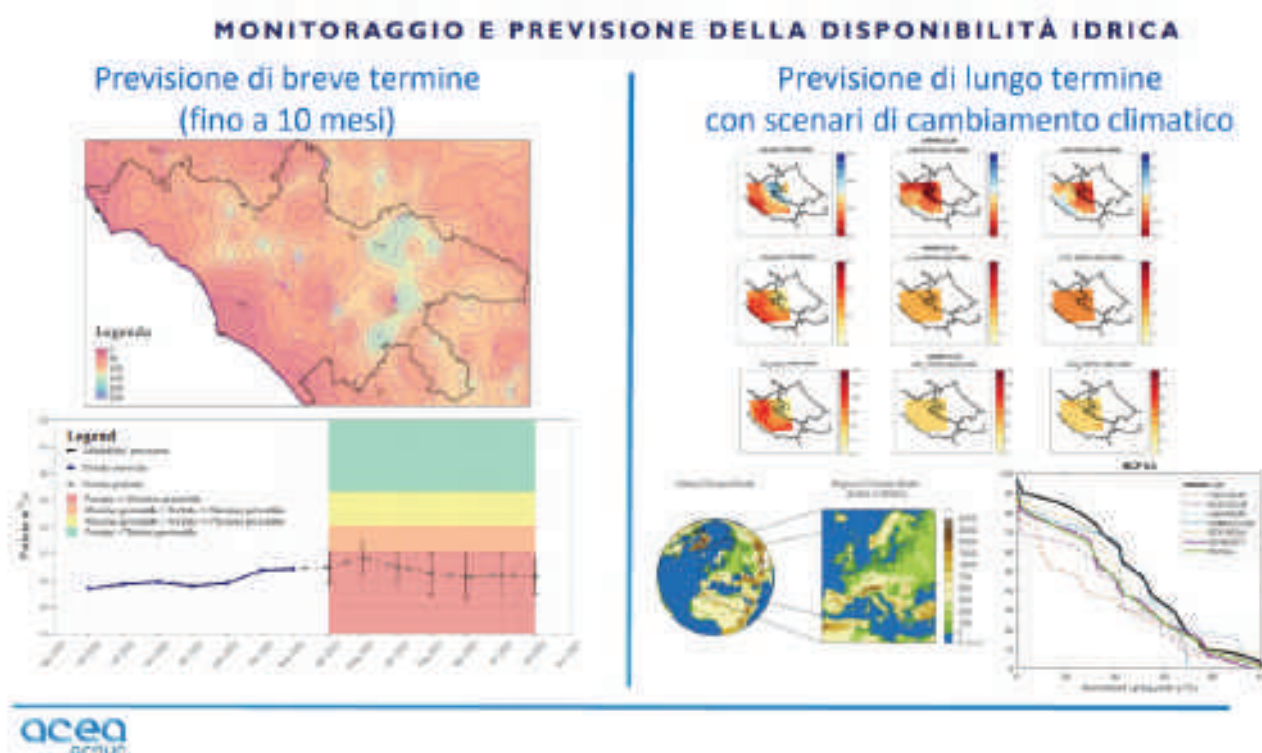
Per approfondimenti

<https://www.gruppo.acea.it/al-servizio-delle-persone/acqua/acea-ato-2/dati-comune?id=89>



SCENARI DI PREVISIONE PER LE NECESSITÀ IDRICHE

Acea Ato 2, allo scopo di valutare le variazioni di disponibilità della risorsa idrica a breve e lungo termine, collabora con l'Istituto di Ricerca sulle Acque del CNR per lo sviluppo di strumenti e tool per la previsione delle portate disponibili a scopo idropotabile in relazione agli scenari di breve termine (inferiori a 1 anno), e con l'Università degli Studi di Catania per la previsione delle probabilità di soddisfacimento delle portate idriche disponibili introducendo l'ipotesi dei cambiamenti climatici in scenari a medio e lungo termine (30, 50 anni). Nello specifico, è stato implementato un algoritmo di Machine Learning basato sulla tecnica del Random Forest per individuare, con riferimento alle differenti fonti di captazione (sorgenti, campo pozzi, ecc.), proxy di tipo meteorologico (temperatura e/o precipitazione) o gestionali (volumi emunti) correlabili alla variabilità dello stato di conservazione della risorsa. Lo studio, dunque, si pone come strumento di supporto alla valutazione delle disponibilità idriche future per ogni acquifero preso in esame, nell'ottica di preservare e/o incrementare la resilienza dei sistemi idrici.



L'ACQUA POTABILE DEI NASONI E DELLE CASE DELL'ACQUA

A Roma sono installate oltre 2800 fontanelle, detti “nasoni”, che erogano acqua potabile gratuita, di cui 300 nella città entro le mura. Nate nel 1874 da un'idea dell'allora Sindaco Luigi Pianciani, garantiscono la prevenzione di problematiche igienico/sanitarie e di odori nelle reti di drenaggio centrali e periferiche, nonché in aree dove sono presenti mercati, chioschi, attività ambulanti. Erogano complessivamente meno dell'1% del totale immesso nella rete. Il flusso regolare permette l'ottimizzazione delle pressioni e della qualità dell'acqua, particolarmente nelle zone periferiche della rete, ma i nasoni svolgono anche un importante ruolo sociale oltre che di salute pubblica in particolare nella stagione estiva nelle giornate di caldo intenso.

L'evoluzione moderna dei nasoni sono le “Case dell'acqua”, dove oltre a bere gratuitamente acqua potabile liscia e frizzante è possibile ricaricare tablet e smartphone e consultare informazioni di pubblica utilità sui display digitali. Attualmente sono 31 le Case dell'acqua a Roma gestite da Acea e con un finanziamento legato al Giubileo 2025 verranno installate ulteriori Case dell'acqua a Piazza Risorgimento, Piazza Pia/Castel S. Angelo, Piazza San Giovanni, Piazzale San Paolo, Piazza Santa Maria Maggiore, Stazione Termini, Stazione Tiburtina, Piazza di S. Croce in Gerusalemme, Piazzale del Verano, Appia Antica, Piazza Sidney Sonnino.

Sull' **APP Waidy Wow** si possono individuare i nasoni più vicini e la mappa della loro localizzazione

Per approfondimenti

<https://www.gruppo.acea.it/al-servizio-delle-persone/acqua/nasoni>

<https://www.gruppo.acea.it/al-servizio-delle-persone/acqua/le-case-dellacqua>



COLLETTORE FOGNARIO ALTO FARNESINA

I lavori di deviazione e ripristino del collettore Alto Farnesina (Municipi I e XV) hanno l'obiettivo di migliorare la gestione delle acque nere e di pioggia in un'area, tra Ponte Milvio, Corso Francia e Tor di Quinto, che subisce allagamenti durante piogge intense. L'intervento, che ha un costo di 7,5 milioni di Euro che sarà terminato a Dicembre 2024. Con gli interventi sarà garantita una migliore gestione del sistema di smaltimento superando riduzioni di sezione e problemi legati ai lavori di ristrutturazione dello Stadio Olimpico per i mondiali di Italia 90, e di attivare un nuovo tratto realizzato nel 2010 e rimasto inutilizzato. In particolare gli interventi prevedono la rifunzionalizzazione di alcuni tratti del collettore Alto Farnesina danneggiati, la realizzazione di un primo collettore-deviatore nel tratto di monte del collettore esistente Alto Farnesina, in affiancamento all'esistente, da realizzare con tecnologia microtunneling, e delle relative camere di derivazione a monte e confluenza a valle, realizzazione di un secondo tratto collettore-deviatore nel tracciato di valle del collettore esistente Alto Farnesina, da dismettere successivamente e delle relative camere di presa a monte e restituzione a valle.

Schema collettore Alto Farnesina (giallo)

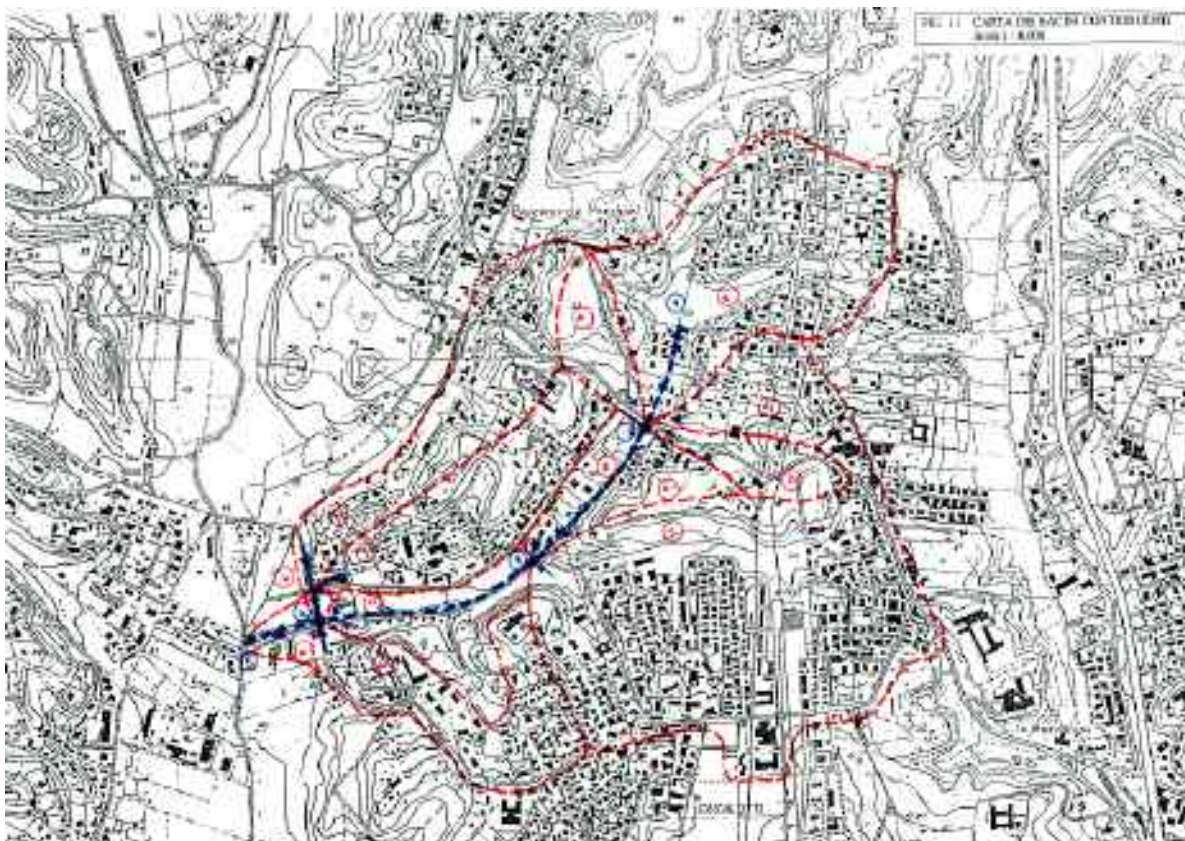


COLLETTORI FOGNARI FOSSO DI CAMPOMORTO

Gli interventi di adeguamento e riordino della rete di collettori fognari confluenti nel fosso di Campomorto, hanno l'obiettivo di superare un problema idraulico legato alle inadeguate dimensioni del collettore esistente e della rete di drenaggio che determina una maggior frequenza di allagamenti nell'area. Il fosso di Campomorto è un affluente del Rio Galeria, situato nel Municipio XIII. L'intervento prevede la sostituzione di alcune parti dei collettori esistenti, il prolungamento del collettore principale, il riordino del sistema di raccolta idraulico esistente, l'adeguamento delle sezioni del collettore e l'ottimizzazione del percorso per intercettare alcuni tratti di fognatura presenti insistenti. L'intervento, in corso di esecuzione, ha un costo di circa 5 milioni e la conclusione è prevista nel 2025.



Immagine - Localizzazione dell'intervento.



Dettaglio dell'intervento - Estratto tavole di progettazione.

PIANO CADITOIE

Sul territorio di Roma Capitale sono presenti circa 330mila caditoie: di cui 55mila si trovano sulle strade della grande viabilità, le restanti 275mila lungo le strade municipali. Il piano di pulizia e spurgo rientra nelle attività del Dipartimento CSIMU e riguarda tutti i municipi di Roma. Sono stati ultimati tre appalti con risorse Giubilarie (importo totale: €815.000,00 €) e sono in corso quattro appalti con risorse 2022/2023, di cui 3,2mln destinati alla grande viabilità, e 1,5mln alla rete municipale. E' inoltre programma una nuova gara di durata triennale per un importo di circa 3,0 mln annui. Oltre a questo piano di interventi, il CSIMU opera sulla base delle emergenze, con segnalazioni che arrivano da Protezione Civile, Polizia Locale, Direzione Tecnica dei Municipi e Assessorato ai Lavori Pubblici e Infrastrutture di Roma Capitale. Inoltre, è stato attivato un sistema di sorveglianza sulle strade di grande viabilità. Gli interventi hanno interessato un totale di oltre 36mila caditoie, in alcuni casi oltre all'attività di disostruzione e pulizia della caditoia, sono stati eseguiti interventi di rifacimento del collegamento, laddove interrotto, tra le caditoie e lo scarico delle stesse con la rete di fognatura afferente. Per aumentare la velocità di intervento si è predisposto un sistema di segnalazione degli allagamenti da parte di Protezione Civile, Comando Polizia Municipale, Direzioni Tecniche dei Municipi e reportistica della Sorveglianza sulla Grande Viabilità (Sistema STAR) di cui è dotato il Comune di Roma Capitale. Questa attività di coordinamento consente di intervenire prioritariamente sui ricettori idraulici segnalati come ostruiti o danneggiati, ovvero su quella percentuale di caditoie che creano allagamenti e disagi ai cittadini, programmando successivi interventi sull'intera rete cittadina. Gli interventi di pulizia e spurgo vengono fatti sistematicamente su tutte le caditoie, ma in particolare nelle aree di rischio, cioè nei punti di maggiore compluvio dove, in caso di pioggia, l'acqua si raccoglie in modo abbondante. Sono infatti questi tratti, situati spesso a valle, a richiedere maggiore attenzione e interventi puntuali. In aggiunta si è attivata una collaborazione con gli Uffici delle aziende di trasporto di Roma Capitale, Atac spa (Metro A-B-C), Cotral, per quanto riguarda i fenomeni di infiltrazione all'interno delle infrastrutture Metropolitane, e negli impianti di trasporto, che ha portato a oltre 60 interventi in prossimità delle stazioni. Nel dettaglio, la collaborazione è incentrata su un canale di comunicazione immediato riguardo le criticità riscontrate nelle stazioni e nelle infrastrutture di viabilità, per cui nei casi in cui le caditoie ricadano tra le attività manutentive della grande viabilità e viabilità municipale, vengono inviate tempestivamente delle squadre di intervento volte a pulire o sigillare la rete di drenaggio urbana (caditoie, pozzetti, tratti di fognatura "bianca").

Per affrontare la problematica in maniera più sistematica si sta predisponendo un progetto pilota in collaborazione con il Municipio XV, in cui verranno mappate e geolocalizzate le caditoie di un determinato distretto municipale, in modo da associare una classe di rischio di insufficienza o fuori esercizio della singola caditoia, in funzione di parametri incrementali o riduttivi del rischio. Ad esempio: posizionamento sfavorevole della caditoia, funzionamento in serie o parallelo, presenza e tipologia di alberature adiacenti, incidenza di presenza di materiale (rifiuti, carta, plastica, sedimenti, terriccio, erba, apparati radicali), vetustà della rete di drenaggio, dimensioni delle reti di fognatura e delle aree di drenaggio afferenti alla caditoia, presenza o meno di ostacoli alla manutenzione della caditoia quali automezzi in sosta, ecc. In questo modo è ipotizzabile un piano di manutenzione con frequenze di intervento differenziate per singola caditoia, lo scopo è di concentrare gli interventi nei punti di maggior criticità, in un'ottica di ottimizzazione delle risorse economiche a disposizione dell'amministrazione.

IL GEOPORTALE DELL'AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE

L'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino centrale ha implementato il geoportale con l'obiettivo di contenere in un unico ambiente geo-informatico le informazioni inerenti i rischi idro-geologici, le opere di difesa del suolo, gli stati di qualità e di quantità dei corpi idrici, le caratterizzazioni tematiche dei bacini idrografici (ad es., uso del suolo, geologia, ...). In questo modo si mettono a sistema le informazioni territoriali derivanti dalla pianificazione di bacino e dai monitoraggi ambientali. Inoltre, si propone come uno strumento di monitoraggio ambientale tanto alla scala distrettuale (ad es., reti meteo-idrologiche) quanto su specifiche porzioni di territorio oggetto di speciali progetti di indagine e gestione. La prospettiva è quella di creare un digital twin del territorio distrettuale: un modello fisicamente basato che, alimentato da dati in tempo reale, possa fornire scenari utili alla gestione di problematiche ma anche di potenzialità sul territorio. Un avanzatissimo sistema digitale georeferenziato di monitoraggio e previsione in grado di fornire in tempo reale un quadro conoscitivo completo e continuamente aggiornato dello stato ambientale del territorio e dell'utilizzo delle risorse idriche. Una replica digitale interattiva estremamente accurata del territorio del distretto in grado di monitorare, analizzare, simulare e prevedere l'interazione tra fenomeni naturali (parametri climatici, dati idrogeologici, ecc.) e attività umane (uso del suolo, consumi idrici, ecc.). Le immagini che seguono raffigurano alcune delle informazioni liberamente visionabili ed interrogabili consultando il geoportale dal seguente link:

<https://webgis.abdac.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=b4f5f37d97e9427c9c2e4ce7e30928f9>



Geoportale dell'Autorità di Bacino: esempio di informazioni sul rischio idrogeologico e sulle opere idrauliche per la riduzione del rischio

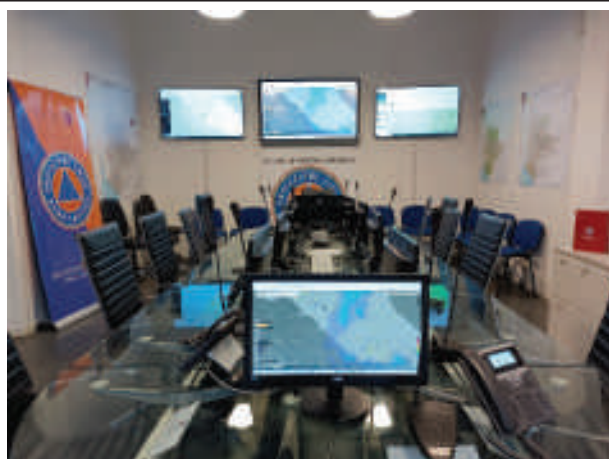
LE ATTIVITÀ DI PROTEZIONE CIVILE

Il Dipartimento di Protezione Civile ha sviluppato una serie di attività per rafforzare la prevenzione e mitigazione dei rischi nel territorio di Roma rispetto ai quali il cambiamento climatico incide, oltre che sulla magnitudine e numerosità degli eventi emergenziali direttamente derivanti dalle mutate condizioni, sugli effetti di quelle non direttamente relazionati a essi. Questo approccio è uno dei principali fattori che hanno influenzato sia la recente programmazione delle attività operative che l'evoluzione del Piano di Protezione Civile, tanto nell'aggiornamento annuale quanto nella programmata revisione generale, prevista per il prossimo anno. In particolare, lavorando su alcune linee strategiche:

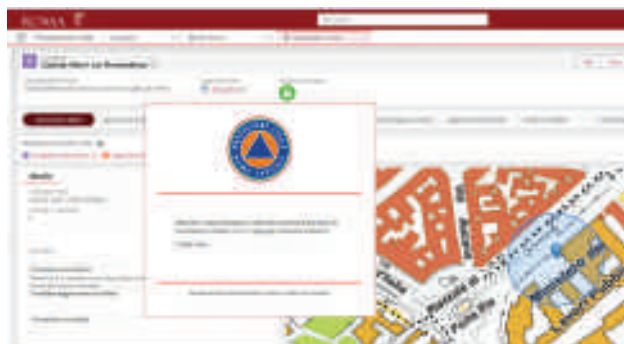
- **PREVENZIONE**, coordinamento di tutte quelle attività ordinarie realizzate dalle strutture interne di Roma Capitale che possono contribuire ad evitare l'insorgere delle situazioni emergenziali: ad esempio l'adeguata manutenzione dei corsi d'acqua e dei sistemi di drenaggio urbano, l'allontanamento permanente degli elementi a rischio (popolazione, infrastrutture) dalle zone di pericolo, la manutenzione del verde urbano orizzontale e verticale, etc.
- **PREPARAZIONE**, tramite una rinnovata dotazione di spazi, strumenti e personale per il monitoraggio dei fenomeni suscettibili di generare emergenze, sia attraverso un maggior coordinamento con gli Enti Regionali e Nazionali deputati alle attività di previsione, anche dal punto di vista informatico (condivisione software); nuova configurazione in termini di distribuzione degli spazi della Sala Coordinamento e Intervento Operativo e della Sala del Centro Operativo Comunale, aumentando gli spazi a disposizione della prima, rinnovo degli strumenti tecnologici di entrambe le sale, al fine di aumentare la capacità di monitoraggio degli eventi e per meglio supportare la formulazione di decisioni e la pianificazione operativa di servizi e attività;
- **COMUNICAZIONE**, rafforzamento della comunicazione diretta ai cittadini in emergenza attraverso la maggiore integrazione con tutti i canali istituzionali (sito, news, social, WhatsApp) e sviluppo di una piattaforma esclusivamente dedicata alla comunicazione di protezione civile sia in emergenza che in prevenzione, in grado di raggiungere direttamente i cittadini tramite posta elettronica e sms (CRM);
- **CULTURA** di protezione civile, da ampliare attraverso eventi, materiali informativi, corsi di formazione, esercitazioni che promuovono la conoscenza delle buone pratiche e dei comportamenti corretti in emergenza, per aumentare le capacità di autoprotezione della popolazione e la generale riduzione dell'esposizione al rischio.



Sala coordinamento e intervento operativo della Protezione Civile



Sala Centro operativo Comunale (COC) della Protezione Civile



Piattaforma CRM - Comunicazione di Protezione Civile



Attività di informazione sui rischi di protezione civile e l'autoprotezione nella scuole

FORESTAZIONE URBANA

Sono molteplici gli interventi di forestazione urbana in corso di realizzazione, resi possibili da progetti e finanziamenti diversi, che porteranno a mettere a dimora complessivamente più di 490mila alberi e 3100 arbusti entro il 2026.

Decreto Clima

Nella stagione di messa a dimora 2023/2024 saranno coinvolte tre aree periferiche: Pietralata (Via del Tufo) 5 ettari con 1191 alberi e 380 arbusti, Torre Spaccata (Parco delle Canapiglie) 10 ettari con 1824 alberi e 1194 arbusti, Casal Brunori (tra via Armando Brasini e via di Mezzocamino) 11 ettari con 3161 alberi e 1087 arbusti.

PNRR

Nel territorio del Comune di Roma gli interventi di forestazione finanziati con risorse del PNRR, in capo alla Città Metropolitana, prevedono interventi divisi in due tranche, secondo i criteri stabiliti dal Piano di circa 1000 alberi per ettaro.

La prima tranche, prevede la messa a dimora nella stagione 2023/2024 di 136.100 alberi su 136 ettari di territorio nel comune di Roma. Le aree individuate nella delibera di Giunta sono: Parco delle Sabine 15,90 ettari (15.900 alberi), Parco della Serenissima 5,76 ettari (5.760 alberi), Parco Bonafede 5,94 ettari (5.940), Parco Alessandrino 5,08 ettari (5.080 alberi), Parco della Mistica 5,83 ettari (5.830 alberi), PRU Borghesiana 16,61 ettari (16.610 alberi), Parco Gastinelli 3,17 ettari (3.170 alberi), Acilia Malafede 3,26 ettari (3.260 alberi), Dragoncello 6,87 ettari (6.870 alberi), Parco Acque Rosse 17,99 ettari (17.990 alberi), Azienda agricola Castel di Guido - Riserva dei Salici 12,86 ettari (12.860 alberi), Azienda Agricola Castel di Guido - Monte Toscano 22,93 ettari (22.930 alberi), Azienda Agricola Castel di Guido – Località Vipera 13,90 ettari (13.900 alberi).

La seconda tranche di interventi è stata approvata a settembre 2023 e prevede di mettere a dimora, entro il 2026, 331mila alberi in 16 aree che occupano una superficie complessive di 331,3 ettari. Le aree individuate sono Cinecittà Est- Villa Flaviana - via Oberto 11,14 ettari (11.140 alberi), Acqua Acetosa Ostiense ex pvq 8,81 ettari (8.810 ettari), Parco Castellaccio 6,76 ettari (6.760 alberi), Fontana Candida- piazzale Van Gogh 2,13 ettari (2.130 alberi), Via Borghesiana 23,97 ettari (23.970 alberi), San Basilio PRU art.11 15,11 ettari (15.110 alberi), Torraccia ex pvq 12,64 ettari (12.640 alberi), Torvecchia pdz 10,05 ettari (10.050 alberi), Via delle Georgiche 9,35 ettari (9.350 ettari), Spinaceto nord ex pvq 9,39 ettari (9.390 alberi), Acqua Acetosa Ostiense pdz 12,55 ettari (12.550 alberi), Casal Boccone – Parco delle Volpi 3,70 ettari (3.700 alberi), Casal dei Pazzi – via Gennari 1,18 ettari (1.180 alberi), Casale Caletto – Tor Cervara 8,99 ettari (8.990 alberi), Trullo 11,50 ettari (11.500 alberi), Azienda Agricola Castel di Guido – Monte Carnevale 184,06 ettari (184.060 alberi).

Forest for Rome – Microforestazione diffusa

Gli interventi di microforestazione diffusa prevedono la messa a dimora di moduli di bosco, costituiti da alberi e arbusti, orientativamente della misura 20x20m (400mq). Gli interventi sono stati realizzati tra il 2022 e il 2023 e hanno portato complessivamente alla messa a dimora di 200 alberi più 248 arbusti, per un totale di 448 piante, vicino alle scuole nei Municipi IV, V, VI, VII, VIII, X, XI, XII, XIII. In ogni piccolo bosco ci sono circa 25 alberi e 16 arbusti. Sono in corso di individuazione le aree per realizzare interventi nei Municipi I, II, III, IX, XIV, XV, con 246 piante tra alberi e arbusti da mettere a dimora tra il 2023 e il 2024.

Forestazioni comunali e in collaborazione con privati

- Monte Antenne: 1200 alberi messi a dimora, di cui 170 nell'ambito di un progetto con AzzeroCO2/Nespresso/Legambiente (2022)
- Campus biomedico (municipio IX) 3800 alberi (2022), con il contributo di Arbolia.
- Parco di Aguzzano (Municipio IV) 4082 piante in collaborazione con Reteclima-Coldiretti-EON (2023)
- Parco Malaspina 1000 alberi, con AzzeroCO2.
- Progetto Ossigeno della Regione Lazio 1726 alberi messi a dimora in diversi ambiti della città (Parco Tevere Marconi e Magliana, Parco Campanella, Parco Colli D'oro/Marta Russo, Parco Monte Ciocchi, Commercity, nei Municipi).
- Parco Pineto: 130 alberi, con il contributo di Colussi e Premio Dire Fare Cambiare.
- Villa Fassini: 100 alberi, con il contributo di CUFAA.
- Messa a dimora e sostituzione in collaborazione con ReTree a Porta Metronia, con il Comitato Mura Latine, nel quartiere Prati-Delle Vittorie con l'Associazione Prati Verde, a Ottavo Colle con l'associazione Retake Roma, a Viale Trionfale e aree limitrofe con il comitato Trionfalmente 17, al Parco di Aguzzano con il Comitato Aguzzano per complessivi 300 alberi messi a dimora.
- Parco di Centocelle 500 alberi messi a dimora entro il 2024.
- Messa a dimora di alberi da parte del Servizio Giardini nel 2022 e 2023 per complessivi 4719 alberi tra nuovi e sostituzioni in strade, piazze, ville e giardini dei 15 Municipi.

Forestazione lineare

Il progetto "Forestazione lineare per la riconnessione ecologica", finanziato nell'ambito del programma sperimentale di interventi per l'adattamento climatico del Ministero dell'Ambiente, prevede la messa a dimora di 200 alberi per la riconnessione tra elementi della rete ecologica di Roma Capitale presenti nel II Municipio, l'inizio dei lavori è previsto a fine 2023.

Fao Par - - Biblioteca mondiale degli alberi e dei fiori

Sarà realizzato a Villa Pamphili il progetto della Biblioteca degli alberi e dei fiori della Fao, in collaborazione con Roma Capitale. L'obiettivo è realizzare un parco a fini didattici e informativi sull'importanza della biodiversità e del ruolo essenziale che le piante hanno per la vita sul nostro pianeta. Saranno circa 200 gli alberi e 200 gli arbusti messi a dimora in un'area di due ettari e mezzo, con piante selezionate congiuntamente dall'ufficio alberature del servizio giardini e dal dipartimento forestazione della FAO.

PARCO DI CENTOCELLE

Il progetto prevede di riqualificare l'intera area con interventi in due fasi. La prima prevede nella primavera del 2024 la riqualificazione dei percorsi esistenti con la piantumazione di **500 alberi e arbusti**. La seconda fase prevede di ampliare l'attuale estensione del Parco e a realizzare nuove importanti attrezzature, interessando un ambito di circa 52 ettari. Il programma progettuale, che troverà la sua attuazione nel corso del 2024, incrementa la presenza arborea e arbustiva e definisce un nuovo sistema di percorsi e di spazi attrezzati, a partire da un grande Playground, riutilizzando la pista di atterraggio esistente di 350 metri per collocare campi da basket, tennis, ping-pong, pallavolo e corsie per atletica. Con la stessa filosofia viene prevista la realizzazione di una piazza del Parco, come spazio multifunzionale per accogliere spettacoli, eventi, attività didattiche all'aperto, studio/lettura, mercatini temporanei, cinema, etc. All'interno della piazza viene prevista **una piazza dell'acqua**, con una fontana, dove è possibile rinfrescarsi e bagnarsi attraverso la presenza di schizzi di acqua e acqua vaporizzata che permette di rinfrescare le persone nei periodi estivi.



I PARCHI DEL TEVERE

Il Comune ha approvato a Luglio 2023 il Masterplan del Fiume Tevere che prevede un insieme coordinato di interventi di valorizzazione. L'obiettivo è di avere una visione complessiva e coordinata degli interventi per complessivi 45 milioni di euro di investimenti previsti per la realizzazione di parchi attrezzati, piste ciclabili prolungate e rinnovate, aree archeologiche valorizzate e messe in sicurezza. I primi interventi a partire saranno cinque progetti finanziati con 7,3 milioni di euro di risorse del Giubileo 2025 che interessano l'asta fluviale, nel tratto urbano, per riqualificarla, renderla accessibile ai cittadini e adattare gli spazi ai cambiamenti climatici, riducendo l'impatto delle ondate di calore. Ad essere interessati dagli interventi di rigenerazione urbana che partiranno nei primi mesi del 2024 sono le aree del **Foro Italico, all'altezza del Ponte Duca D'Aosta** che sarà attrezzata con una spiaggia e per lo svolgimento di attività sportive; **l'area dell'Acqua Acetosa fino alla confluenza con l'Aniene**, che sarà oggetto di bonifica e dove saranno realizzati giardini, terrazze, aree attrezzate, piste ciclabili di connessione con la rete esistente; l'ambito tra **ponte Risorgimento e ponte Matteotti**, all'altezza del lungotevere della Navi dove saranno realizzate interventi di valorizzazione naturalistica, fruizione turistica e didattica; **l'ambito tra Ponte Marconi e Ponte dell'Industria** dove si prevede la riqualificazione e creazione di un parco urbano naturalistico, di connessione con i siti culturali e archeologici presenti sulla riva sinistra del Tevere; l'ambito di **Ostia Antica** con un parco e attracchi per battelli, nell'area a ridosso della zona archeologica. I progetti permettono di finalizzare gli obiettivi dei "contratti di fiume", ossia lo strumento di pianificazione che mira a coordinare gli interventi volti alla tutela ed alla valorizzazione in questo caso del Tevere.



CINQUE PROGETTI PILOTA DI ADATTAMENTO CLIMATICO

Roma Capitale ha partecipato al “Programma sperimentale di interventi per l'adattamento ai cambiamenti climatici in ambito urbano” promosso dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica nel 2021 (Decreto Direttoriale MiTE n. 117/22021), ottenendo un finanziamento di 5.315.764,59 euro per cinque progetti pilota. Obiettivo degli interventi è di ridurre l'impatto di alcuni dei rischi climatici più rilevanti (Isole di calore, allagamenti, dissesti) nei confronti di specifici gruppi vulnerabili individuati (popolazione fragile e a basso reddito). Tutti i progetti saranno realizzati entro giugno 2025 e l'efficacia sarà monitorata nelle diverse fasi attraverso specifici indicatori quantitativi e qualitativi di impatto, con l'obiettivo di correggerli sulla base dei riscontri e replicarli sul territorio di Roma Capitale.

1) FORESTAZIONE LINEARE PER LA RICONNESSIONE ECOLOGICA

Dipartimento Tutela Ambientale. Importo del finanziamento: 573.724,83 euro

L'intervento prevede la piantumazione di oltre **350 alberature** lungo alcune sedi stradali individuate con l'obiettivo di costruire o rafforzare, attraverso forestazioni lineari, la connessione con aree verdi e blu quale punto di continuità della rete ecologica. La scelta degli ambiti di intervento parte dall'obiettivo di rafforzare e creare corridoi ecologici, partendo dalla riqualificazione e integrazione delle principali alberate, connesse tra loro dalle aree verdi e parchi, dalle linee d'acqua della città, piccole e grandi, e dalla vegetazione ripariale che le caratterizza.

2) RIQUALIFICAZIONE ECOLOGICA DELLE AREE ESTERNE DI 12 ASILI NIDO

Municipio XIV. Importo del finanziamento: 735.261,00 euro

L'intervento coinvolge 12 asili nido nel Municipio XIV e propone una serie di interventi per aumentare il comfort ambientale delle aree esterne, con vantaggi anche per gli spazi interni prospicienti. Camminamenti, piazzali e aree verdi si presentano in condizioni di conservazione medio-bassa oltre a una carenza di zone ombreggiate, con conseguente difficoltà a fruire in modo ottimale gli spazi esterni da parte dei bambini. L'obiettivo è adottare misure per la mitigazione dell'isola di calore attraverso la deimpermeabilizzazione e sostituzione della pavimentazione con manti erbosi, la realizzazione di elementi/barriere ombreggianti e la sostituzione di quelli esistenti, la creazione di barriere alberate ombreggianti. Tali interventi permetteranno la fruizione degli spazi esterni delle scuole sia nei mesi più caldi che nelle giornate successive alle precipitazioni, grazie al maggiore albedo dei materiali per camminamenti e le barriere alberate, e alla ripristinata permeabilità del suolo riducendo rischio di allagamento per alcune aree delle scuole. In alcuni asili, in collaborazione con ENEA è in corso inoltre una sperimentazione di un sistema evaporativo autocostruito per il raffrescamento nei periodi estivi attraverso sistemi di nebulizzazione, al fine di valutare il possibile impiego costante o la realizzazione di ulteriori progetti pilota.

3) EFFICIENTAMENTO ENERGETICO E BIOCLIMATICO DELLA SCUOLA PRIMARIA “ITALO CALVINO”

Municipio IV. Importo del finanziamento: 1.489.784,00 euro

Il progetto prevede la ristrutturazione dell'edificio scolastico attraverso l'utilizzo di sistemi di facciata, materiali e dispositivi bioclimatici che nel loro insieme andranno a garantire un miglioramento in termini energetici ed ambientali dell'intero complesso. Sono stati applicati criteri e tecniche di progettazione bioclimatica, finalizzati ad assicurare un comfort ambientale interno, minimizzando i consumi energetici necessari per la climatizzazione (riscaldamento invernale e condizionamento

estivo) e limitando, di conseguenza, l'inquinamento dell'aria. L'intervento prevede la realizzazione di pareti ventilate per le facciate esposte a sud, est ed ovest in modo da minimizzare gli effetti del surriscaldamento in estate e contenere le dispersioni termiche in inverno; la sostituzione dei lucernari esistenti da utilizzare come estrattori di aria attivando un flusso di ventilazione naturale dagli ambienti adiacenti per effetto camino, il ripristino dell'intonaco delle facciate con l'utilizzo di intonaco termoisolante sulle pareti non interessate dalle facciate ventilate e l'utilizzo di cool materials in copertura.

4) VASCA DI LAMINAZIONE FOSSO DI GREGNA - SUSTAINABLE URBAN DRAINAGE SYSTEMS

Dipartimento Coordinamento Sviluppo Infrastrutture e Manutenzione Urbana. Importo del finanziamento: 1.666.994,76

L'intervento prevede la modellazione delle arginature di contenimento e la realizzazione di una vasca di laminazione su un'area a rischio dove avvengono periodici allagamenti a nord-ovest del GRA. L'intervento permetterà di eliminare le problematiche di allagamento connesse con il Fosso di Gregna dovute alla conformazione del territorio durante le precipitazioni intense. A monte dell'area soggetta ad allagamento è stata individuata un'area agricola che fungerà da serbatoio in caso di eventi alluvionali, in modo automatico e senza necessità di installare apparecchiature elettromeccaniche. Inoltre, una parte del volume di laminazione sarà destinata al riuso idrico, utilizzando una tipologia di vaso formata da un "volume di laminazione" e da un "volume di riuso" che costituisce la parte con permanenza di acqua, dove si sviluppano le azioni di abbattimento degli inquinanti presenti.

5) RICONVERSIONE ECOLOGICA DELLE AREE DI SOSTA DI PIAZZALE FLAIANO

Municipio III. Importo del finanziamento: 850.000,00 euro

L'intervento punta alla riqualificazione di un parcheggio che oggi si colloca come elemento di margine tra due ambiti urbani densamente abitati, con problemi di gestione delle acque meteoriche durante le piogge intense e soggetto a forti venti ed in parte privo di protezioni naturali. Sono previsti interventi per il ripristino della permeabilità del suolo attraverso la rimozione della pavimentazione esistente del parcheggio e di parte della viabilità esistente e la realizzazione di pavimentazioni drenanti su tutta l'area di parcheggio. L'intervento prevede inoltre la riqualificazione in chiave di rigenerazione urbana anche dei percorsi pedonali e di accesso al parcheggio, la creazione di nuove aree verdi e la messa a dimora di nuovi alberi e arbusti, la realizzazione di vasche di accumulo per la gestione delle acque e il recupero e riuso per usi locali, tra cui orti urbani, la manutenzione delle alberature esistenti. L'intervento permetterà il ripristino della permeabilità del suolo contrastando il rischio di isola di calore, allagamenti da precipitazioni intense e ripristino della biodiversità.

RIQUALIFICAZIONE DI PIAZZA DEI CINQUECENTO

Il progetto, in fase di realizzazione nell'ambito del Giubileo da parte del Gruppo FS, selezionato attraverso un concorso di progettazione, prevede la risistemazione dell'intera piazza attraverso Nature-Based Solutions con finalità primarie di adattamento per contrastare le ondate di calore. Il progetto prevede un arboreto che ombreggia la piazza, con **300 alberi**, in grado di rispondere alle esigenze delle varie stagioni: in estate un grande pieno di chiome ariose dove proteggersi dalla calura estiva della città in grado di **contrastare l'effetto isola di calore**, d'inverno un bosco quiescente e a riposo, luminosissimo al suolo, un luogo sicuro e permeabile alla vista, d'autunno sui toni del giallo, grigio e marrone prima dell'inverno e in primavera, dopo il risveglio, con foglie verdi piccolissime e cangianti. **Alcune parti della piazza saranno permeabili con manti erbosi per generare ambiti naturali e di completa ritenzione delle acque piovane**, e consentirà la protezione della calura estiva della città. Gli alberi selezionati sono in prevalenza caduciformi e nella scelta delle specie si è pensato a quelle autoctone che richiedono meno acqua. Il progetto contribuisce alla creazione di un microclima sia locale che esteso al territorio circostante. L'arboreto e l'utilizzo di pavimentazione con alto valore di Indice di Riflessione Solare (SRI), come il travertino, unite all'installazione di uno specchio d'acqua, costituiscono un **microclima controllato**. Inoltre, l'utilizzo di materiali riciclati, riutilizzati per la piazza stessa (come nel caso del porfido) o provenienti da centri di produzione vicini, riduce l'emissione di CO₂. Ogni elemento è progettato nel dettaglio sia per isolamento termico e dissipazione del calore sia per garantire il mantenimento delle sue prestazioni nel corso del tempo.

Il progetto prevede un'attenzione particolare **al riuso delle acque e all'impatto delle precipitazioni**. Per evitare fenomeni alluvionali o problemi dovuti a scarsità di precipitazioni si utilizzeranno tecniche a basso impatto (LID) incrementando la superficie permeabile e riducendo il deflusso delle acque meteoriche. **Verranno utilizzate tecniche che ottimizzano captazione e riuso** (ad esempio per irrigazione) per diminuire quanto possibile la domanda di approvvigionamento alla rete idrica, mirando ad un ciclo chiuso dell'acqua che consuma ciò che capta e riusa. La piazza ristabilisce un rapporto virtuoso con il sottosuolo: una volta 'laminata', l'acqua di pioggia alimenta le nuove strutture vegetali, filtra ed evapora. Il disegno della piazza segue la capacità d'infiltrazione del sottosuolo e la densità della materia vegetale favorendo l'evapotraspirazione.



RIQUALIFICAZIONE DI PIAZZA SAN GIOVANNI IN LATERANO

Il progetto per la Piazza prospiciente la Basilica di San Giovanni in Laterano, che verrà realizzato nell'ambito degli interventi per il Giubileo 2025, prevede la riqualificazione degli spazi pedonali e delle aree prospicienti la basilica, con una nuova configurazione dell'area antistante la Basilica. Il progetto dello studio One Works ha posto particolare attenzione a trasformare uno spazio pavimentato e a verde, che ospita anche grandi eventi come il concerto del Primo Maggio, attraverso soluzioni e materiali capaci di ridurre l'effetto isola di calore urbana dello spazio e un vantaggio di gestione sostenibile delle acque piovane che vengono recuperate, così come una migliore manutenzione ordinaria della piazza. È prevista una nuova pavimentazione caratterizzata da un diverso schema geometrico, con specchi d'acqua e fontane, parti a prato. L'intervento dal costo complessivo di 15 milioni di euro modifica e valorizza la visione prospettica della Basilica e prevede una rimodulazione del percorso delle strade adiacenti e l'eliminazione della strada lato Mura Aureliane.



TELERILEVAMENTO PER LA MAPPATURA DELLE ISOLE DI CALORE URBANE

Roma Capitale ha finanziato nell'ambito del PON Metro l'esecuzione del servizio di "Mappatura da dati telerilevati finalizzati all'individuazione delle isole di calore urbane e della vegetazione sul territorio di Roma Capitale", tramite affidamento a E-GEOS S.p.A. AN/ASI Telespazio Company. L'attività è finalizzata alla mappatura delle isole di calore e del potenziale di vulnerabilità e rischio per la popolazione ad esse associato e alla mappatura della vegetazione (nelle tre classi: vegetazione arborea, arbustiva e altre aree vegetate). In particolare, l'analisi delle Isole di Calore Urbano ha come obiettivo l'analisi dell'anomalia termica durante le ore notturne, in quanto il mancato raffreddamento notturno per lunghi periodi è causa di stress per la popolazione.

La mappatura della vegetazione avrà, invece, una doppia valenza per le politiche climatiche del Comune di Roma. Consentirà infatti di comprendere la consistenza e l'articolazione del patrimonio nelle aree a maggior rischio idrogeologico e in quelle a maggior rischio effetto isola di calore urbano e sarà, quindi, funzionale alla individuazione delle aree prioritarie di intervento per la forestazione urbana.

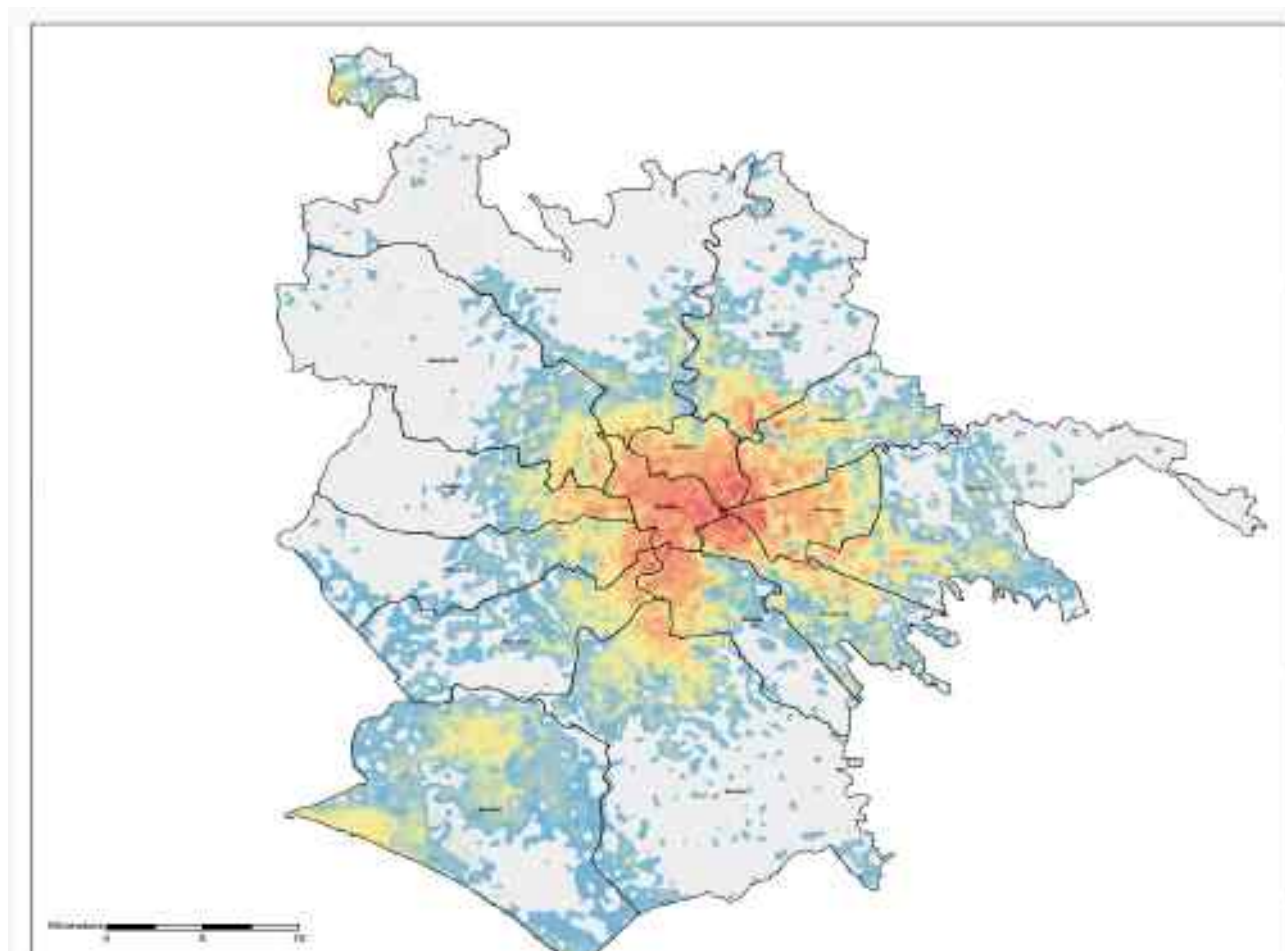
La **mappa delle anomalie termiche** (immagine a fronte) è realizzata mediante l'elaborazione di immagini satellitari ed ha una risoluzione al suolo pari a circa 100 metri. La mappa è prodotta a partire dall'individuazione dei periodi in cui si sono presentati fenomeni di onde di calore, utilizzando dati dei satelliti MODIS AQUA e Landsat (entrambi gestiti dalla NASA) o Sentinel-3 della costellazione Copernicus gestiti dall'ESA. I dati sono ordinati in classi di anomalia termica al suolo. La mappa delle anomalie termiche è stata, poi, integrata con i dati del censimento della popolazione ISTAT 2011 o 2021 per individuare, a livello territoriale di sezione di censimento, le zone della città a maggiore densità di popolazione vulnerabile alle temperature estreme (anziani sopra i 70 anni e bambini sotto i 10 anni). L'intersezione in ambiente GIS dell'informazione satellitare sulle aree più soggette ad anomalie termiche di caldo estremo con il dato sulla popolazione vulnerabile ha consentito, infine, la produzione di **mappe di rischio per la popolazione vulnerabile** a seguito del fenomeno delle onde di calore urbano.

La mappa di anomalia termica notturna del suolo (LST) tra centro (isola urbana di calore) e periferia (anomalia termica nulla) è stata ottenuta utilizzando dati termici notturni acquisiti nei periodi di onde di calore estive (estati 2022 - 2023) nella fascia oraria 01:00 - 03:00. I dati sono stati acquisiti dal satellite AQUA ad 1km di risoluzione e sono stati riportati alla risoluzione nominale di 100 m tramite immagine termiche notturne acquisite dal satellite LANDSAT-9.



Mappa dell'Anomalia Termica Notturna del Suolo (°C)

(Base Map: Esri, HERE, Garmin, © OpenStreetMap contributors, and the GIS user community)



IL PIANO DELLA PERMEABILITÀ DEI SUOLI DI ROMA

Roma Capitale, tra ottobre 2019 e marzo 2022, nell'ambito del progetto SOIL4LIFE, ha sviluppato una serie di studi e strategie con l'obiettivo di contrastare l'impermeabilizzazione dei suoli. Il risultato è stato l'elaborazione di cartografie di analisi insieme a soluzioni operative di pianificazione, azioni strategiche e linee guida per perseguire gli obiettivi comunitari di riduzione del consumo di suolo e adattamento climatico. È stato quindi predisposto il *"Piano della Permeabilità dei suoli di Roma"* costituito da quattro cartografie principali insieme alle *"Linee Guida di Attuazione"*. Tra queste la *"Carta sull'idoneità del territorio di Roma al potenziamento dell'infiltrazione efficace"* individua le aree di Roma che risultano maggiormente idonee a far convogliare le acque piovane nel sottosuolo, sfruttando la naturale capacità di volume dei suoli e delle rocce sottostanti e di conseguenza quelle più adatte a tecniche di *"drenaggio sostenibile"*. L'applicazione diffusa di queste tecniche potrebbe migliorare la gestione delle acque meteoriche di Roma, permettendo da un lato di alleggerire i sistemi di drenaggio esistenti, e dall'altro di infiltrare acqua nelle falde della città che sono usate per molti scopi, tra cui quello irriguo del nostro patrimonio verde urbano. Nell'ambito del progetto sono state inoltre redatte le *"STRATEGIE PROGETTUALI PER LA RESILIENZA URBANA. LINEE GUIDA PROGETTUALI. Applicazioni tecnico-operative per ridurre l'impermeabilizzazione del suolo nell'area di Roma Capitale"* che individuano possibili strategie progettuali da adottare per specifici rischi climatici: da interventi strutturali, al tipo di materiale, alla gestione delle aree verdi fino a quella idrica, facendo riferimento a tutta una serie di esperienze applicative già adottate in altre città.

Carta della permeabilità dei suoli	Carta delle permeabilità del substrato
 A map of the Rome metropolitan area showing soil permeability. The map uses a color scale from green (high permeability) to red (low permeability). The Tiber River and surrounding urban areas are visible.	 A map of the Rome metropolitan area showing substrate permeability. The map uses a color scale from green (high permeability) to red (low permeability). The Tiber River and surrounding urban areas are visible.
Carta sull'idoneità del territorio di Roma al potenziamento dell'infiltrazione efficace	Carta dei coefficienti di infiltrazione della Copertura del suolo
 A map of the Rome metropolitan area showing the suitability of the territory for effective infiltration. The map uses a color scale from green (high suitability) to red (low suitability). The Tiber River and surrounding urban areas are visible.	 A map of the Rome metropolitan area showing the infiltration coefficients of soil cover. The map uses a color scale from green (high coefficient) to red (low coefficient). The Tiber River and surrounding urban areas are visible.

<https://soil4life.eu/>

<https://www.comune.roma.it/web/it/partecipa-progetti-partecipati.page?contentId=PRG690959>

<https://www.comune.roma.it/web/it/informazione-di-servizio.page?contentId=IDS760401>

MONITORAGGIO DELL'INQUINAMENTO E DELLE TEMPERATURE A ROMA

All'interno del Comune di Roma esiste una rete di centraline di rilevamento delle temperature e di monitoraggio dell'inquinamento che svolge un ruolo importantissimo per comprendere l'esposizione ambientale sul territorio e l'effetto sulla salute della popolazione. ARPA LAZIO dispone di una rete di stazioni di rilevamento (www.arpalazio.gov.it) con 13 centraline fisse per il monitoraggio in continuo della qualità dell'aria (in attuazione delle Direttive europee) e 8 centraline micrometeorologiche distribuite all'interno del territorio Comunale.

Roma Capitale ha in corso un progetto che prevede di installare ulteriori undici centraline - di cui otto su impianti semaforici a cura dell'Agenzia Roma Servizi per la Mobilità e tre presso centraline arpa - con l'obiettivo di rilevare sostanze e agenti patogeni (dal biossido di azoto alle polveri sottili) oltre a temperatura e umidità. Il progetto è finanziato dal progetto europeo React Eu e i sensori forniranno dati attraverso un interfaccia web con il Dipartimento ambiente e ciclo dei rifiuti.

Inoltre, alcuni progetti hanno permesso di monitorare le temperature all'interno della città di Roma ed il fenomeno dell'isola di calore urbana. Attraverso il bando "Ricerca Finalizzata" del Ministero della Salute, il Dipartimento di Epidemiologia del S.S.R Lazio - ASL Roma 1 e Arpa Lazio hanno approfondito il monitoraggio delle temperature all'interno del comune di Roma, integrando i dati della rete ARPA Lazio con 30 sensori di temperatura posizionati all'interno del raccordo anulare a partire dall'estate 2018. L'analisi di tali dati ha permesso una mappatura delle temperature estive e l'identificazione delle aree più calde della città per conformazione urbanistica e uso del suolo. Durante la giornata più calda dell'anno, lo studio ha riscontrato una differenza di temperatura di 5,6°C tra il sensore posto a Via Tommaso da Celano (39,9°C, Municipio VII) e quella posta in Via Silvestrini (34,3°C gradi Municipio XI). La ricerca, inoltre, ha messo in luce l'eterogeneità dell'esposizione su Roma e come, oltre alle zone centrali più soggette alle ondate di calore, ci siano anche zone periferiche, ad est della città e verso il mare in cui le temperature sono maggiori. L'integrazione di diverse fonti di dati ambientali presenti sul territorio (ad esempio di ARSiaL e Meteolazio) sarà importante per costruire una mappatura sempre più accurata dell'esposizione e la stima degli impatti di salute identificando così le zone a maggior rischio.



Figura 12.2.2. Postazioni di misura della temperatura su Roma

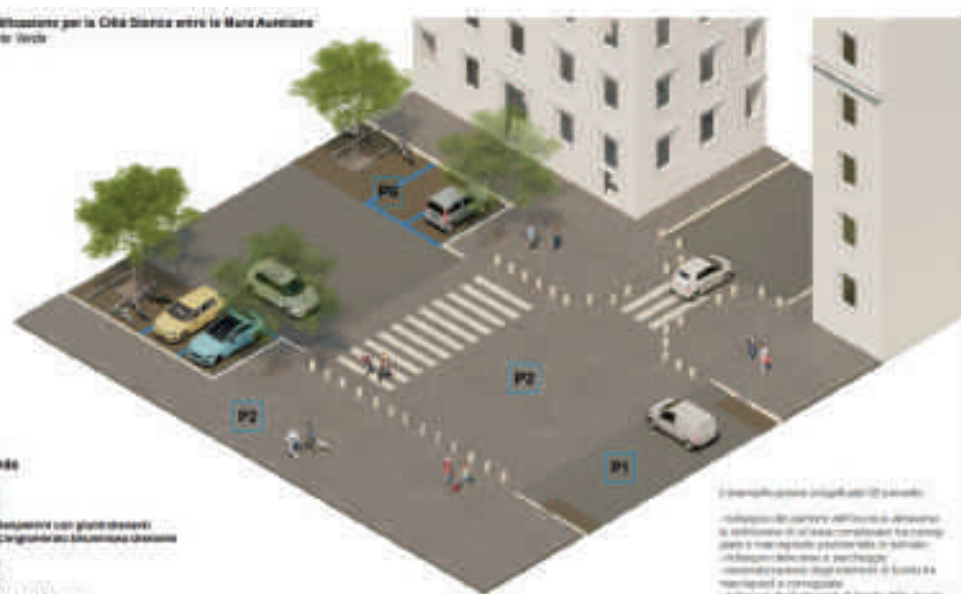
LE NUOVE LINEE GUIDA PER I LAVORI PUBBLICI

L'Assemblea Capitolina ha approvato il 19 gennaio 2023 le nuove Linee guida dei lavori pubblici di Roma Capitale. Obiettivo dello strumento è di definire criteri per il miglioramento della qualità urbana delle pavimentazioni stradali carrabili, ciclabili e pedonali degli spazi pubblici con un'attenzione anche alla riduzione dell'effetto isola di calore urbana. Il manuale operativo è uno strumento di riferimento non solo per le strade di diretta competenza di Roma Capitale, ma per l'intera rete di strade dell'Amministrazione capitolina. Le Linee guida saranno allegate ai capitolati di appalto dei lavori pubblici in modo che tutti i futuri interventi saranno coerenti. Nel documento è contenuto un catalogo di possibili soluzioni e casi di studio, relativi alle pavimentazioni stradali carrabili, ciclabili e pedonali. Nella scelta dei materiali le Linee guida puntano a privilegiare le soluzioni capaci di ridurre i livelli di inquinamento atmosferico e acustico, le pavimentazioni con il migliore albedo per ridurre l'effetto isola di calore urbano, gli interventi che tengono in considerazione l'intero ciclo di vita dei materiali attraverso l'utilizzo dei Criteri Ambientali Minimi, i progetti che migliorano la fruibilità degli spazi pubblici, la sicurezza dei percorsi pedonali, la qualità percettiva del paesaggio urbano anche attraverso l'utilizzo delle alberature e dell'illuminazione.

LINEE GUIDA E STRUMENTI OPERATIVI

SCHEDE TECNICHE DELLO STATO DI FATTO ED ESEMPLIFICAZIONI PROGETTUALI

Esemplificazione per la Città Storica entro le Mura Aureliane
via Conte Verde



Legenda

P1

P1.1 Respingente con giardiniera
P1.2 Cingolato in bitume asfaltato

P2

P2.1 Ladda di Asfalto

P6

P6.1 Respingente con giardiniera

Esemplificazione progetto via Conte Verde

Intervento di riqualificazione dell'area di intervento
in corrispondenza di via Conte Verde tra via
Conte Verde e viale della Repubblica. L'intervento
prevede la realizzazione di un parcheggio
interrato e la creazione di spazi pubblici di qualità e
sicurezza per i pedonanti.

Per materiali e criteri di scelta dei materiali si
riferisce al capitolo 5. Materiali e criteri di
scelta dei materiali. Per i criteri di scelta dei materiali si
riferisce al capitolo 6. Criteri di scelta dei materiali.



1

1.1 CITTÀ STORICA CENTRALE
ENTRO LE MURA
1.2 CITTÀ STORICA
DALL'ESPANSIONE EXTRA-
MURARIA

SPERIMENTAZIONI PER RIDURRE L'EFFETTO ISOLA DI CALORE URBANO

La collaborazione tra il Municipio VIII di Roma e il Dipartimento di Architettura dell'Università Roma Tre, nell'ambito della ricerca internazionale JPI PED4ALL, ha consentito di approfondire l'effetto isola di calore urbano dovuto alla scarsa presenza di masse di vegetazione e di superfici permeabili, dalla presenza di superfici sigillate e asfaltate. Le conseguenze negative sulla salute sono note da tempo ma rilevante è anche l'aumento dei consumi elettrici estivi per l'uso di condizionatori d'aria. Nell'ambito dello studio per un piano di Positive Energy Neighbourhood (PEN) nel quartiere Ostiense, per rendere positivo il bilancio tra energia prodotta e consumata nel quartiere, sono stati approfonditi diversi ambiti di sperimentazione. In particolare, a Largo da Vinci, nelle aree prospicienti la scuola è stato realizzato un intervento di posa di "cool materials", ossia di vernici e tessuti in grado attenuare l'irraggiamento solare al suolo e il surriscaldamento dell'aria. L'intervento, realizzato nell'ambito di un workshop, prevede la verniciatura del marciapiede per una superficie di 340 mq su tutto il fronte meridionale del plesso scolastico e la posa di un telo riflettente nella porzione centrale della recinzione scolastica. In questo modo si vuole realizzare un risultato positivo e percepibile, riducendo il calore prodotto dalle superfici asfaltate, come primo passo di un lavoro più ampio di mitigazione climatica ed energetica, valorizzazione delle superfici sigillate e anche riorganizzazione della viabilità e degli spazi pubblici. Si vuole infatti realizzare una strada scolastica lungo viale Da Vinci, tramite interventi puntuali di ridisegno della segnaletica stradale e piccole lavorazioni su quote e materiali della pavimentazione, per arrivare a ripensare una intera corsia stradale come spazio di mobilità integrata, sicuro e flessibile per una fruibilità attenta alla popolazione scolastica e di cittadini che frequentano i servizi presenti (ambulatorio, palestra, parco).



LA RIQUALIFICAZIONE DELL'IDROSCALO DI OSTIA

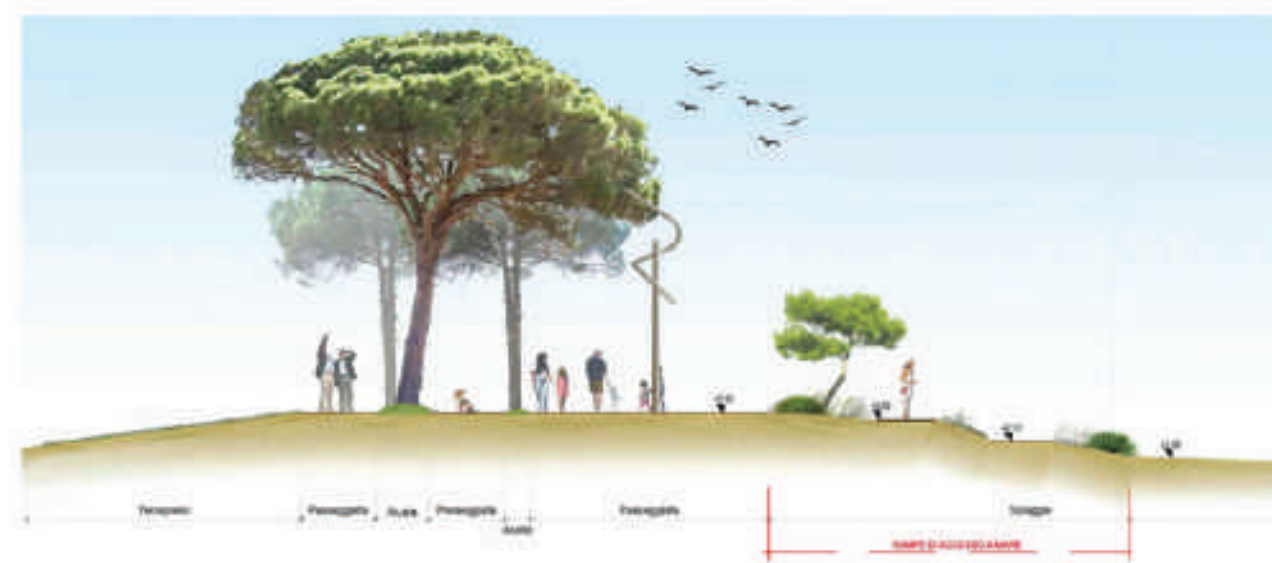
Il Comune di Roma ha avviato un Programma integrato di Edilizia Residenziale Sociale per la riqualificazione dell'Idroscalo di Ostia con l'obiettivo di trasformare un'area di proprietà demaniale, edificata abusivamente, a rischio esondazione del Fiume Tevere in Parco Fluviale. L'intervento prevede di riqualificare e rinaturalizzare l'area. L'obiettivo è liberare 12 ettari sulle sponde del fiume Tevere dagli edifici esistenti e di realizzare una prima tranche di 125 alloggi di Edilizia Residenziale Sociale all'interno del Piano di Zona 55 Ostia Lido Nord. Per realizzare il programma sono stati stanziati complessivamente 15.750.000 di Euro da fondi CIPE e di Roma Capitale. Con una seconda tranche di interventi si prevede di realizzare 200 alloggi per completare la riqualificazione e rinaturalizzazione dell'intera area.



IL PARCO DELLE DUNE DI OSTIA

Il programma di rigenerazione urbana del litorale di Ostia, finanziato nell'ambito del FESR Lazio 2021-2027 prevede la rinaturalizzazione di un tratto stradale del lungomare e la ricostituzione della duna marina, estesa anche alle aree verdi esistenti, che consentirà di riconquistare nuovi spazi aperti naturali di uso pubblico, totalmente pedonali e ciclabili e a diretto contatto con la spiaggia e con nuove attività compatibili. Verrà messa a dimora vegetazione costiera dunale autoctona (psammofila) e saranno realizzati interventi con l'obiettivo di **favorire la resilienza costiera del tratto di litorale interessato**, ovvero la capacità della costa di adattarsi alle variazioni indotte dalla risalita del livello del mare, dagli eventi estremi e dagli impatti antropici occasionali, attraverso la rinaturalizzazione del lungomare e la ricostituzione de sistema dunale. Il progetto dovrà prevedere azioni finalizzate a trasformare la fascia costiera di Ostia come una sorta di **grande parco lineare** dedicato al turismo, allo sport, alla cultura e al tempo libero, e lungo l'intera estensione dell'intervento si sviluppa un percorso lineare a prevalente uso ciclabile. Verranno realizzati spazi verdi per il passeggio, la sosta, l'attività fisica e di servizi integrativi a quelli oggi offerti lungo l'arenile. Il progetto prevede infatti la predisposizione di isole (dolia) che potranno ospitare funzioni culturali quali spazi espositivi all'aperto o stanze all'aperto e aree fitness, ma anche alcune attività attualmente presenti sull'arenile, come i chioschi bar che potranno spostarsi per aprire la visuale libera sul mare.

Il progetto prevede un **investimento di 9,5 milioni di Euro** e gli interventi dovranno essere realizzati entro il 2026.



3.2 ANALISI DEGLI EVENTI E INTERVENTI DI PROTEZIONE CIVILE

Dipartimento Protezione Civile – Roma Capitale



ROMA



Direttore Dipartimento Protezione Civile

Giuseppe Napolitano

Servizio prevenzione e previsione

Giovanna Antonella Scotto

Rischio Geologico, Geomorfologico ed Idrogeologico

Gianluca Ferri

Rischio Meteo Idraulico ed Idrogeologico.

Vittorio Malara

Rischio Incendio Interfaccia Urbana e Rurale

Piero Pelliccioni

Pianificazione di Protezione Civile

Andrea Lorito

ANALISI DEGLI EVENTI DI PROTEZIONE CIVILE DEL DECENNIO 2012-2022

Aspetti generali

Il Dipartimento Protezione Civile di Roma Capitale interviene (al netto di tutte le tematiche afferenti alla prevenzione) in vari modi nelle situazioni emergenziali della città: tramite attività programmate di preparazione (come allerte, monitoraggi e presidi), di mitigazione dei danni (per esempio: interventi su allagamenti, supporto allo spegnimento di incendi) o di assistenza alla popolazione (come evacuazioni, assistenza alloggiativa o in eventi a forte impatto locale).

Dalle registrazioni delle attività operate nel decennio 2013-2022 risulta che il 34% di esse è relativo ad emergenze meteo e il 16% ad incendi d'interfaccia. Queste percentuali salgono al 58% e al 28% se si escludono gli interventi realizzati per emergenze bio-sanitarie, stante il particolare impatto della pandemia nel triennio 2020-2022: pertanto queste due tipologie di rischio hanno determinato circa l'85% degli interventi realizzati nel decennio passato.

In ragione di questa significativa incidenza statistica, ci si concentrerà prevalentemente sui fenomeni di rischio predetti, entrambi suscettibili di aggravamento derivanti dai cambiamenti climatici in atto.

Dall'evoluzione della numerosità delle registrazioni annue, seppure influenzata da diversi fattori alcuni non riconducibili alle condizioni climatiche, si evidenzia comunque che la ciclicità soprattutto per gli eventi d'incendio presenta una tendenza crescente negli anni. Questo risalta anche a confronto degli eventi di origine geologica, che invece presentano livelli di registrazioni relativamente costanti.

Tabella 1: Eventi e interventi di protezione civile tra il 2013 e il 2022

EVENTI ED INTERVENTI DI PC	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Totale	media annua	%
1.00 EMERGENZE DA EVENTI GEOLOGICI	9	17	40	37	17	31	49	26	32	20	278	28	1%
2.00 EMERGENZE DA EVENTI IDRO-METEOROLOGICI	901	1.491	1.041	575	883	2.274	1.740	540	647	442	10.535	1.054	34%
3.00 EMERGENZE DA INCENDI INTERFACCIA E BOSCHIVI	144	65	392	793	876	394	586	599	579	631	5.059	506	16%
4.00 EMERGENZE BIO-SANITARIE	256	132	16	14	65	134	158	7.934	2.271	1.626	12.606	1.261	41%
5.00 EMERGENZE DA EVENTI ANTROPICI E CONCORSO AL SISTEMA PC	176	126	174	226	239	264	314	229	207	467	2.427	243	8%
Totale 2013-2022	1.486	1.831	1.663	1.645	2.080	3.097	2.847	9.328	3.736	3.186	30.905	3.091	100%

Figura 1: Eventi e interventi 2013-2022 - 5 categorie

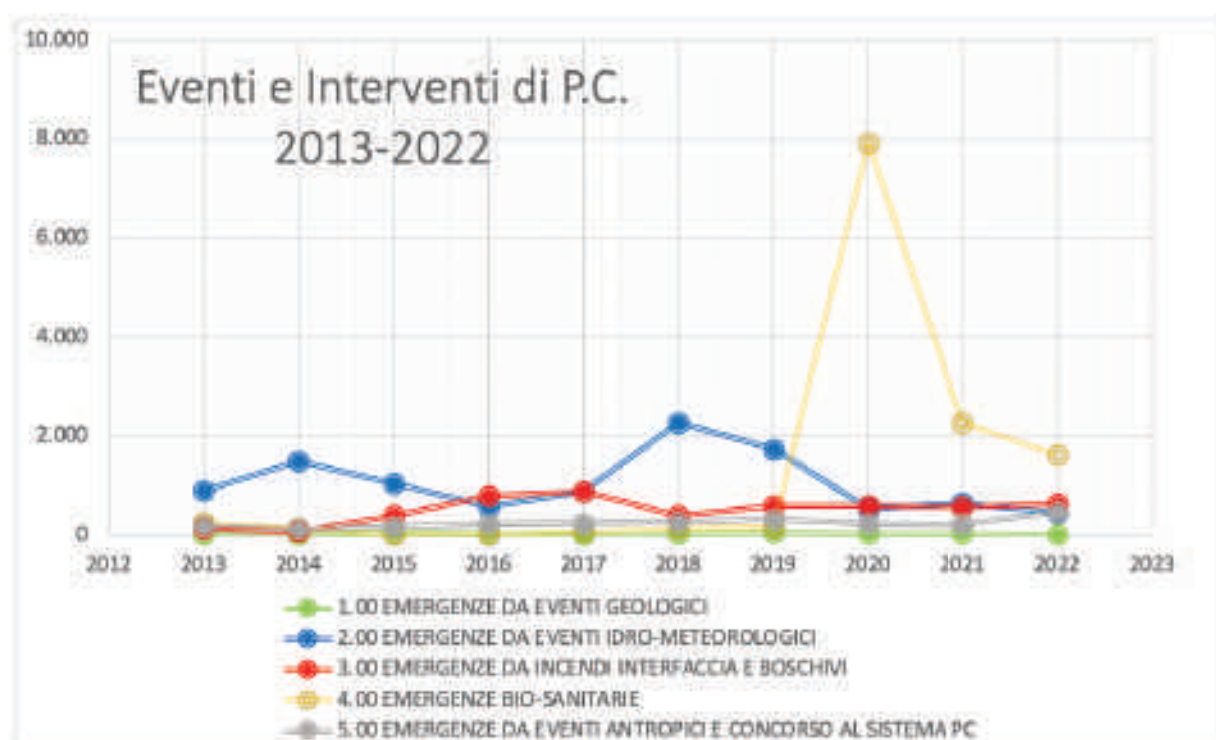
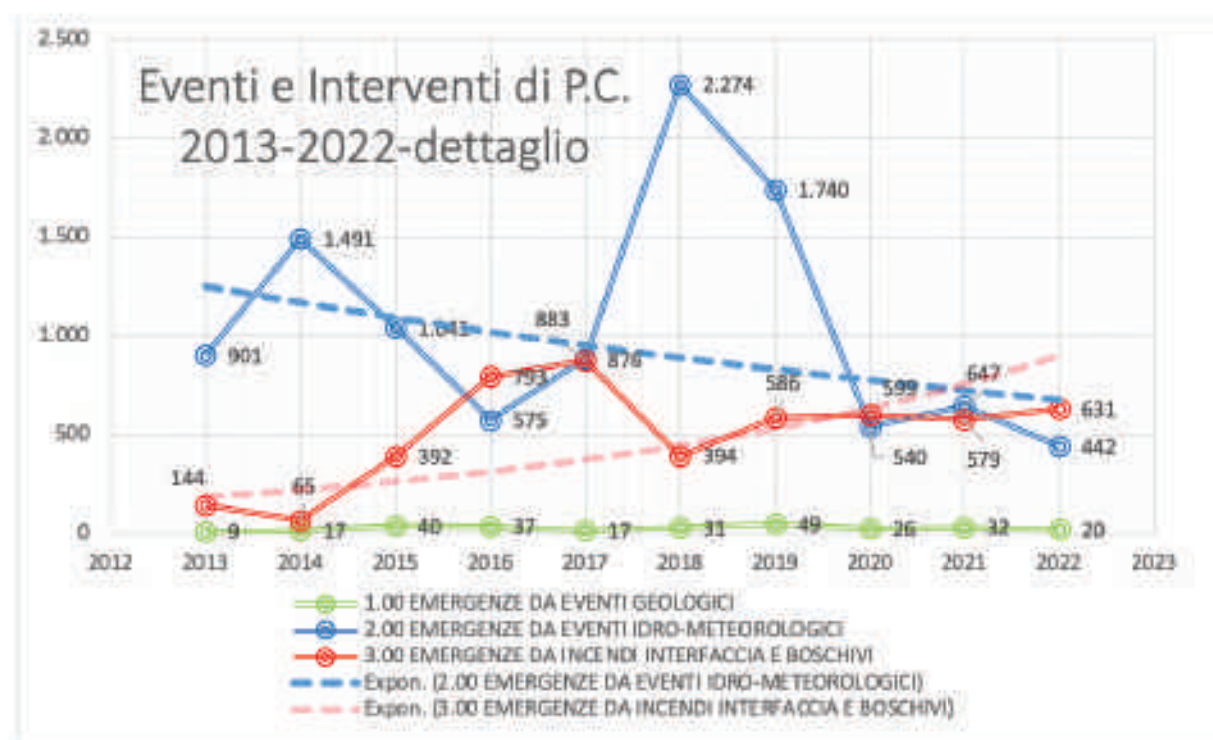


Figura 2: Eventi intervenuti 2013-2022 – dettaglio geo, meteo e incendi interfaccia.



Premessa metodologica e accuratezza dei dati Eventi considerati

Nel considerare i dati di distribuzione degli interventi registrati in piattaforma dal 2013 al 2022 bisogna tenere in considerazione due aspetti determinanti:

- le registrazioni che effettua Il Dipartimento hanno come principale obiettivo la gestione e la risoluzione degli eventi emergenziali, vengono realizzate in emergenza e da remoto, con indicazioni iniziali spesso confuse o contraddittorie, in presenza di molti eventi contemporanei: pertanto l'affidabilità dell'ubicazione geografica è molto variabile, e in definitiva non estremamente accurata;
- Le registrazioni riguardano esclusivamente gli interventi realizzati dal Dipartimento Protezione Civile di Roma Capitale, che sono sempre una frazione ridotta di quelli realizzati dalle Strutture di Roma Capitale competenti per il verde (CEV e SOM) o dai loro appaltatori, dai Coordinamenti dei Volontari dell'Agenzia Regionale di Protezione Civile e, soprattutto, dai Vigili del Fuoco, competenti per il soccorso tecnico urgente.

Al netto di queste limitazioni, si sviluppano a seguire alcune considerazioni sulle specificità e distribuzione degli interventi realizzati nel decennio passato per le emergenze meteo e d'incendio d'interfaccia.

Interventi per eventi meteo

Gli interventi per interventi in emergenze meteo sono distribuiti nel territorio di Roma Capitale

in maniera piuttosto uniforme con variazioni apparentemente non significative (dall'8 al 6%) tra i municipi. In realtà, approfondendo l'analisi alle Zone Urbanistiche, emergono, tra le altre, alcune note criticità:

- Labaro (Prima Porta)
- Ponte Galeria (Piana del Sole)
- Boccea (Rio Galeria)
- Ostia Nord (Idroscalo)
- Ostia Antica (Saline)

Dagli interventi per meteo, si sono estrapolati i casi di cadute alberi di cui si ha registrazione in Protezione Civile. Ancora una volta si evidenzia la parzialità del dato, comunque indicativo.

In allegato si presenta l'analisi e la ricostruzione di alcuni eventi estremi che sembrano diventare sempre più frequenti e potrebbero essere significativi dei processi climatici in atto.

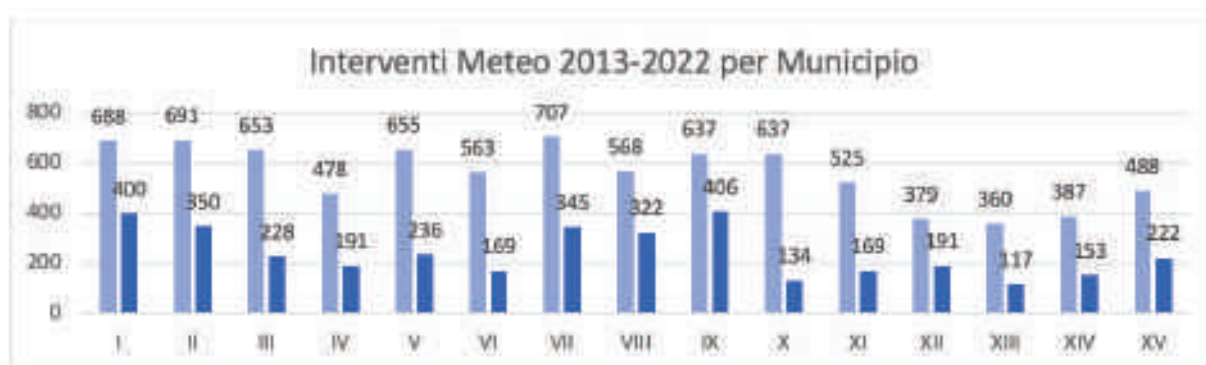


Figura 3: Eventi meteo 2012-2022 per municipio

Tabella 2: Interventi Meteo 2013-2022 per municipio

Municipi	Interventi per Meteo	%	Di cui per cadute alberi	
I	688	8,2%	400	58%
II	691	8,2%	350	51%
III	653	7,8%	228	35%
IV	478	5,7%	191	40%
V	655	7,8%	236	36%
VI	563	6,7%	169	30%
VII	707	8,4%	345	49%
VIII	568	6,7%	322	57%
IX	637	7,6%	406	64%

X	637	7,6%	134	21%
XI	525	6,2%	169	32%
XII	379	4,5%	191	50%
XIII	360	4,3%	117	33%
XIV	387	4,6%	153	40%
XV	488	5,8%	222	45%
Totale complessivo	8416	100%	3633	

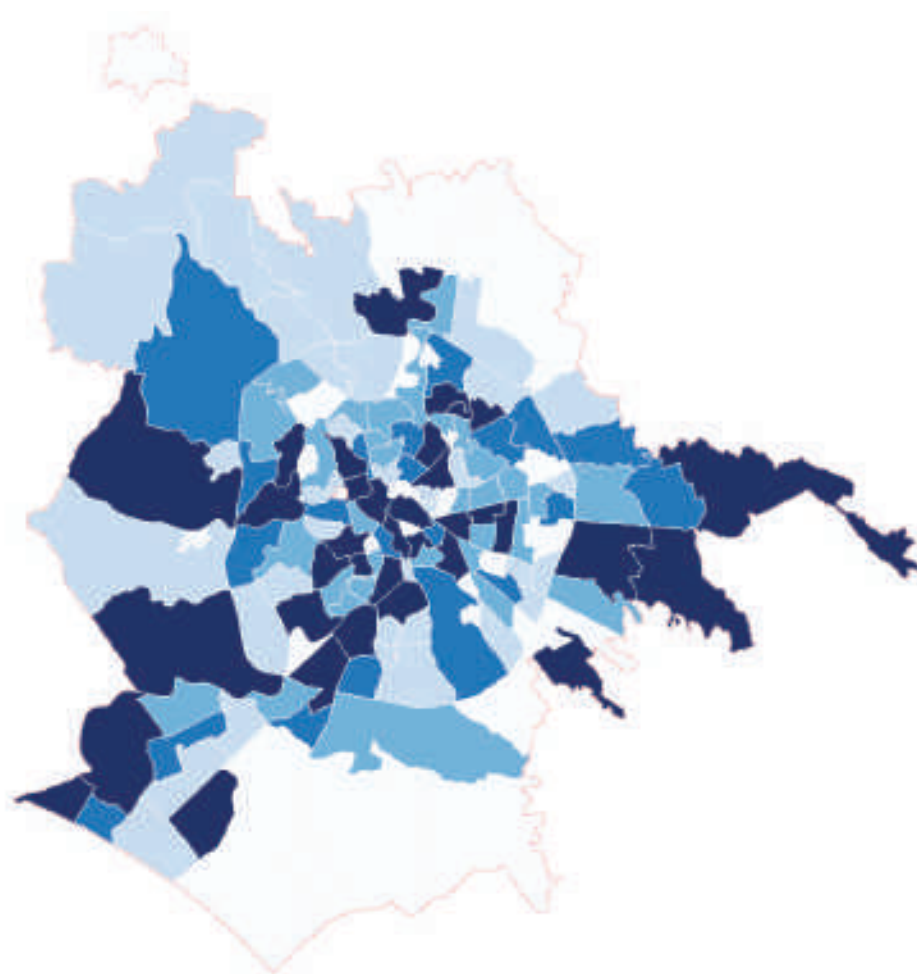


Figura 4: Concentrazione eventi meteo 2012-2022

Tabella 3: Prime 10 Zone urbanistiche per interventi Meteo 2013-2022

Ord.	Municipio	Codice ZU	Zona Urbanistica	Interventi 2013-2022
1	8	11C	Garbatella	173
2	11	15G	Ponte Galeria	171
3	9	12C	Torrino	170
4	10	13I	Infernetto	161
5	2	3A	Nomentano	159
6	15	20M	Labaro	144
7	6	8F	Torre Angela	140
8	8	11E	Tor Marancia	138
9	5	6A	Torpignattara	133
10	7	9D	Appio	132

Tabella 4: Prime 10 Zone urbanistiche per interventi per alberi 2013-2022

Ord.	Municipio	Codice ZU	Zona Urbanistica	Interventi 2013-2022
1	9	12C	Torrino	115,0
2	8	11E	Tor Marancia	95,0
3	8	11C	Garbatella	91,0
4	9	12A	Eur	88,0
5	12	16D	Gianicolense	83,0
6	2	2E	Trieste	81,0
7	2	3A	Nomentano	75,0
8	5	6A	Torpignattara	72,0
9	7	9D	Appio	72,0
10	7	9B	Tuscolano Sud	66,0

Interventi per incendi d'interfaccia

Da una prima analisi della distribuzione spaziale degli eventi registrati in piattaforma si evince che oltre il 54% degli incendi si concentra in 5 municipi: il VI e il IX, seguiti dal III, IV e XI. Naturalmente le zone urbanistiche a maggiore frequenza sono quelle esterne al Grande Raccordo Anulare, dove sono più presenti zone verdi o agricole, ma non mancano casi di zone all'interno, come Serpentara, Casal Boccone, San Basilio, Parco dell'Appia, Laurentino, Torrino, Corviale e Magliana, Santa Maria della Pietà e Primavalle.

In allegato si presenta un breve approfondimento della problematica ed un'analisi del Rischio incendio Boschivo e d'interfaccia, e delle misure adottate da Roma Capitale.

Tabella 5: Incendi 2013-2022 per municipio

Municipi	Num. Incendi	%
I	24	0,5%
II	32	0,7%
III	454	9,7%
IV	442	9,5%
V	235	5,0%
VI	695	14,9%
VII	264	5,7%
VIII	182	3,9%
IX	536	11,5%
X	358	7,7%
XI	396	8,5%
XII	176	3,8%
XIII	210	4,5%
XIV	326	7,0%
XV	342	7,3%
Totale Roma Capitale	4672	100,0%

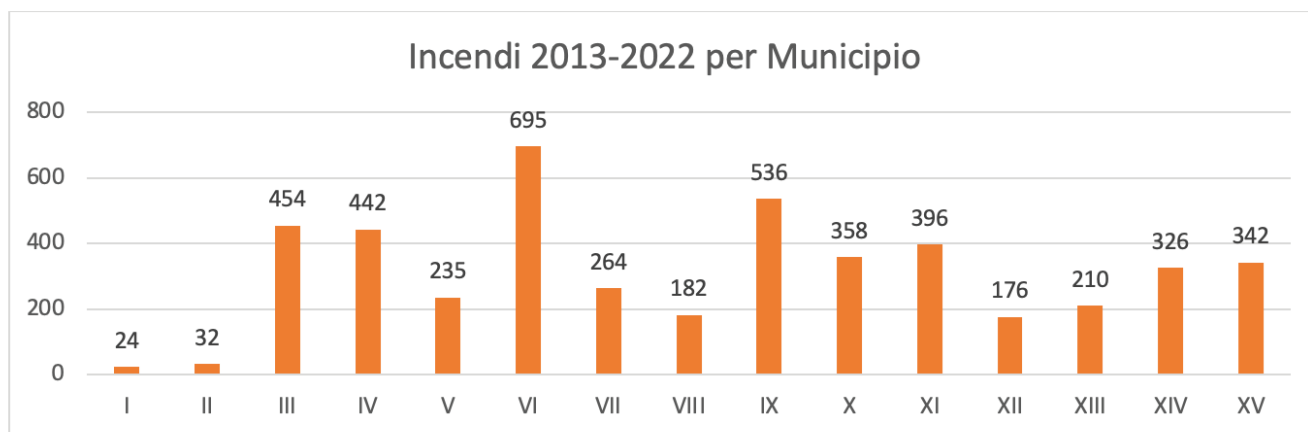


Figura 5: Interventi per incendi 2012-2022 per municipio

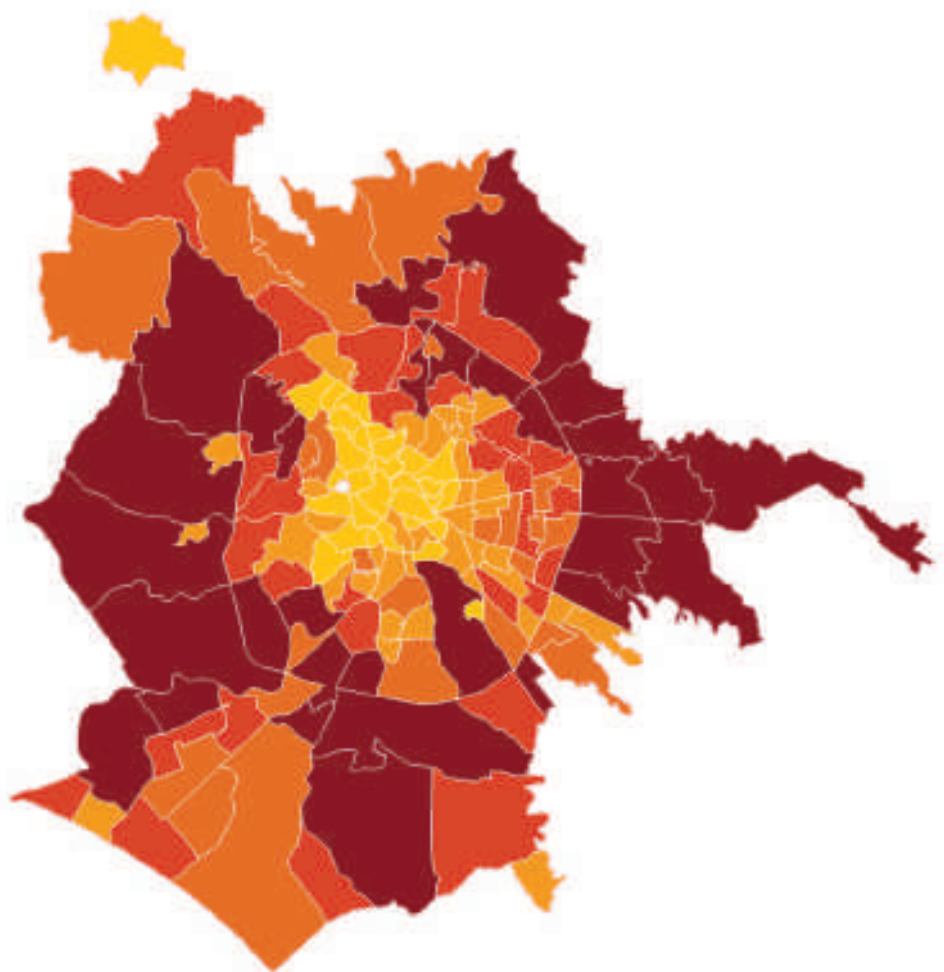


Figura 6: Distribuzione in Zone urbanistiche degli eventi incendio d'interfaccia 2013-2022

Tabella 6: Prime 10 Zone Urbanistiche per interventi per incendi d'interfaccia

Ord.	Mun	Cod.ZU	Zona Urbanistica	Interventi 2013-2022
1	6	8E	Lunghezza	187
2	6	8F	Torre Angela	160
3	11	15G	Ponte Galeria	133
4	3	4E	Serpentara	121
5	13	18F	Boccea	105
6	9	12I	Decima	105
7	12	16F	Pantano di Grano	104
8	14	19G	Castelluccia	104
9	4	5L	Settecamini	98
10	9	12H	Vallerano Castel di Leva	96

STRATEGIA DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO DAL PUNTO DI VISTA DEL DIPARTIMENTO PROTEZIONE CIVILE

La Funzione, consistente nelle attività volte a tutelare la vita, l'integrità fisica, i beni, gli insediamenti, gli animali e l'ambiente dai danni o dal pericolo di danni derivanti da eventi calamitosi di origine naturale o derivanti dall'attività dell'uomo -per come declinata dall'articolo 1 del D.Lgs 1/2018- sebbene riaccomodata all'estesa rete delle Istituzioni che la presidiano, secondo i principi di differenziazione e adeguatezza, deve trovare anche il livello comunale pronto alla realizzazione delle opportune attività di pianificazione e di prevenzione, anche alla luce delle criticità derivanti dai mutamenti climatici.

In tal senso, sul versante della pianificazione, l'attuale Piano di Protezione Civile, non compendia il tema del mutamento climatico, né preconizza una strategia evolutiva; peraltro sfugge alla sua natura ancestrale (gli attuali piani di protezione civile sono una evoluzione dei vecchi piani di gestione delle emergenze) una valutazione prognostica su scenari non misurati sulla base delle incidenze statistiche ed esperienziali.

Passando dal tema della pianificazione a quello della prevenzione, è opportuno fare una distinzione tra prevenzione strutturale e prevenzione non strutturale.

Ovviamente le attività di prevenzione strutturale (specialmente quelle di cui alle lettere b) e c), del comma 5, dell'articolo 2, del Codice della Protezione Civile¹), per la parte che incombe su Roma capitale, afferiscono a competenze di altri Dipartimenti; rispetto a tali Uffici comunali (o Enti esterni, come nel caso dei Consorzi di Bonifica) questo Dipartimento esercita un ruolo di compulsione all'azione, non avendo disponibilità né funzione istituzionale diretta nella realizzazione di tali opere.

Esemplificativamente, sul versante del rischio meteo idraulico, l'ufficio competente si fa costantemente

¹ "b) la partecipazione alla programmazione degli interventi finalizzati alla mitigazione dei rischi naturali o derivanti dall'attività dell'uomo e alla relativa attuazione; c) l'esecuzione di interventi strutturali di mitigazione del rischio in occasione di eventi calamitosi, in coerenza con gli strumenti di programmazione e pianificazione esistenti".

parte attiva, con quanti abbiano la gestione e responsabilità del reticolo idraulico che interessa la città, nelle attività di monitoraggio e di stimolo (verso gli uffici competenti) alla realizzazione degli interventi manutentivi che il caso richiede; ciò ben prima del verificarsi degli eventi meteorici, proprio in ragione della evidente fragilità del territorio su questo particolare versante.²

Se è vero che i principali rischi del territorio di Roma hanno diverse origini, non tutte riconducibili al clima, comunque il processo di cambiamento climatico incide oltre che sulla magnitudine e numerosità degli eventi emergenziali direttamente derivanti dalle mutate condizioni, ma anche sugli effetti di quelle non direttamente relazionati a essi. Questo tema è quindi uno dei principali fattori che hanno influenzato sia la recente programmazione delle attività operative che l'evoluzione del Piano di Protezione Civile, tanto nell'aggiornamento annuale ora in consegna (edizione 2024) quanto nella programmata revisione generale, prevista per il prossimo anno.

Come è noto, il Piano di Protezione Civile, non reca il programma delle opere pubbliche, né attualmente riesce a condizionare lo sviluppo locale, edilizio urbanistico o infrastrutturale che sia. È una pianificazione di gestione dell'esistente che aspira a prevenire ed a mitigare, al meglio delle possibilità e risorse locali, le conseguenze dei rischi.

Il Piano in parola può, tuttavia, avere uno scatto evolutivo in termini di "ambizione" alla messa in sicurezza del territorio, proprio muovendo dalla stratificazione statistica degli interventi effettuati e dalla ripetitività con la quale alcuni fenomeni potenzialmente lesivi della vita umana si susseguono nel tempo, sempre con riguardo al medesimo scenario o contesto territoriale; il Piano di Adattamento Climatico può essere l'occasione per organizzare l'ambizione evolutiva del Piano di Protezione Civile sulla premessa che alcuni dei fenomeni descritti nella breve analisi statistica, saranno destinati ad avere un incremento più che proporzionale, man mano che il mutamento climatico farà sentire i suoi effetti.

Negli ultimi due anni il Dipartimento di Protezione Civile ha sviluppato una serie di attività che alimentano un processo di trasformazione complessivo, che potremmo raggruppare intorno a diverse linee strategiche: sviluppo della attività di **PREVENZIONE**, consolidamento delle attività di **PREPARAZIONE**, ampliamento delle potenzialità di **COMUNICAZIONE** ai cittadini, ampliamento delle attività di diffusione di **CULTURA** di protezione civile.

Linea Prevenzione

L'enucleazione e identificazione delle attività di carattere preventivo, operata nel Piano di Protezione Civile in aggiornamento, da sviluppare ed associare ai compiti delle stesse Funzioni di Supporto del Centro Operativo Comunale operanti in emergenza, ha sicuramente una grande importanza in termini di ottimizzazione di risorse nella gestione dell'emergenza. Infatti, conoscere e coordinarsi con le potenzialità per esempio dell'assistenza alla popolazione già contrattate per scopi ordinari può essere un fattore chiave di economicità e operatività nel dispiegare le stesse nelle situazioni

² Il tema delle segnalazioni e delle richieste di intervento si coglie non solo nella selezione e compulsione alla realizzazione di interventi manutentivi, ma anche nella richiesta di dare corso alla semplice pulizia periodica delle caditoie, ovvero alla sincronizzazione delle diverse, ma contigue attività di "cura del decoro urbano", differenziate tra: manutenzione del verde (verticale ed orizzontale), pulizia strade, spazzamento foglie, raccolta rifiuti, etc.

emergenziali.

Ben oltre questo primo aspetto, la capacità di ragionare in termini preventivi chiarisce la sua importanza per tutte quelle attività e competenze delle strutture capitoline che si riflettono poi nella risposta agli eventi meteoclimatici ed in particolare nei rischi meteo-idraulico e d'incendio d'interfaccia.

Esemplificativamente, sul versante del rischio meteo idraulico, l'ufficio competente si fa costantemente parte attiva, con quanti abbiano la gestione e responsabilità del reticolo idraulico che interessa la città, nelle attività di monitoraggio e di stimolo (verso gli uffici competenti) alla realizzazione degli interventi manutentivi che il caso richiede; ciò ben prima del verificarsi degli eventi meteorici, proprio in ragione della evidente fragilità del territorio su questo particolare versante. Il rischio metro idraulico, come è tristemente preconizzabile, anche per le conseguenze di tipo idrogeologico che porta, è verosimilmente quello che avrà la maggiore capacità di fare danno, in relazione alla sostanziale inadeguatezza del reticolo secondario e di alcune parti della rete fognaria, alla luce delle cumulate che si sono registrate a cominciare dagli ultimi tempi. Una seria strategia –adeguatamente cadenzata nel tempo alla luce della sostenibilità concreta delle scelte- di difesa del centro abitato dal ruscellamento delle acque, si pone come fondamentale, a partire proprio dai contesti nei quali resta sempre più frequente l'intervento della protezione civile. Occorre pensare, progettare e realizzare l'innalzamento, il rafforzamento e la costante manutenzione degli argini; occorre allargare la sezione idraulica dei canali, muovendo dalle priorità dettate dalla frequenza delle esondazioni, alternativamente o congiuntamente predisponendo adeguate vasche di laminazione; occorre – sempre partendo dai luoghi nei quali la statistica ci rappresenta una sostanziale insufficienza- implementare ed efficientare la rete della raccolta delle acque meteoriche.

Il rischio AIB è, non diversamente dal rischio meteo idraulico, quello influenzato in maniera rilevante dal mutamento climatico. Ambizione della Pianificazione deve essere quella di risolvere il problema ultradecennale della complessa gestione della manutenzione del verde di proprietà pubblica. Inoltre la valorizzazione del verde urbano, quale strumento di contrasto alle isole di calore deve essere razionalizzato alla luce del rischio degli incendi boschivi. Non si può avere un'area a verde utile alla collettività, se la stessa non sia percorsa da una rete idrica tale da consentire il pronto reperimento dell'acqua in caso di incendi. Il verde pubblico non curato è causa della veloce propagazione dei fenomeni di incendio; quindi non può pensarsi ad una strategia di mitigazione dei picchi di calore correlati alla piantumazione ed all'arricchimento delle aree verdi in città, se non si pensa – ancor prima di realizzarle- alle risorse utili per una manutenzione adeguata alla stagione di massimo rischio incendi. La distanza delle alberature dalle abitazioni è un altro tema che deve entrare nel dibattito, perché ciò che è ombra e fresco, si trasforma in "veicolo di conduzione" delle fiamme, dall'albero alla casa, nel momento in cui scoppia un incendio.

Sul versante del Rischio AIB, atteso che la disponibilità di acqua è una delle più importanti leve della lotta attiva agli incendi, è stato inaugurato dallo scorso anno un tavolo di lavoro congiunto, tra Dipartimento Protezione Civile, CSIMU, VVFF ed ACEA, per la condivisione della mappa della rete idrica e degli idranti; su questa base si è pianificata la realizzazione delle misure di espansione della rete degli idranti nelle aree attualmente non servite. Inoltre, sempre sul versante della Lotta Attiva agli incendi, il Dipartimento sta ampliando la sua flotta di spegnimento, acquisendo a breve altri 4 mezzi da affidare in comodato alle Organizzazioni di Volontariato impegnate nella campagna AIB.

Ovviamente, parte relevantissima della prevenzione del rischio incendi è costituita dalla capacità del

Comune di ripulire, conformemente alla pianificazione regionale ed alla stessa ordinanza sindacale annuale, le aree a verde di propria competenza. Esiste, in buona sostanza, una porzione del verde di proprietà pubblica capitolina, non affidata alla gestione di alcuno, pertanto non mantenuta. Il Dipartimento Protezione Civile, con il ricorrere della fase di predisposizione dell'Ordinanza Sindacale per il periodo di massimo rischio incendi, intraprende una intensa attività di interlocuzione con la rete territoriale e con la Polizia Locale per dare luogo al miglior sforzo comune utile a garantire la migliore pulizia possibile dei fondi (pubblici e privati); a margine di ciò, rileva e segnala (con richiesta di intervento puntuale) ai competenti uffici la pulizia dei fondi particolarmente gravanti in stato di abbandono.

Linea Preparazione

Le attività di preparazione alla gestione all'emergenza è stata implementata attraverso diverse soluzioni operative, logistiche e metodologiche:

- nuova configurazione in termini di distribuzione degli spazi della Sala Coordinamento e Intervento Operativo e della Sala del Centro Operativo Comunale, aumentando gli spazi a disposizione della prima, luogo di coordinamento operativo, e restituendo il raccoglimento alla seconda, in virtù del suo carattere decisionale ristretto;
- rinnovo degli strumenti tecnologici di entrambe le sale, al fine di aumentare la capacità di monitoraggio degli eventi e per meglio supportare la formulazione di decisioni e la pianificazione operativa di servizi e attività;
- ampliamento e introduzione di una metodologia orientativa in merito all'utilizzo di App e reti informative regionali (WebSOR e rete meteo-pluvio-idrometrica regionale) per una miglior tracciamento degli eventi in emergenza, una maggiore condivisione con l'Ente Regionale degli stessi e una aumentata capacità di monitoraggio;
- utilizzo di strumentazioni aggiuntive sui teatri d'intervento, anche attraverso le associazioni di volontariato, come ad esempio i droni per le prevenzioni in antincendio
- aumentata capacità di gestione dei dissesti idrogeologici derivanti dalle condizioni idrometeorologiche, grazie agli studi scientifici realizzati sui principali scenari di frana censiti;

Linea Comunicazione

L'aumento delle capacità di comunicazione ai cittadini in emergenza si sta realizzando attraverso:

- il consolidamento delle comunicazioni attraverso i canali istituzionali già utilizzati in precedenza (sito, pagine news,) con banner e spazi specifici dedicati;
- una rinnovata connessione con i canali social e con il nuovo canale informativo WhatsApp sviluppato recentemente da Roma Capitale;
- lo sviluppo della piattaforma CRM-Comunicazione di Protezione Civile/Marketing Cloud, che permetterà di trasmettere direttamente a tutti i cittadini registrati nella piattaforma istituzionale



CRM messaggi e avvisi di protezione civile, anche specifici per gruppi di cittadini residenti in prossimità di un evento emergenziale, o di una particolare area di attesa sicura da raggiungere.

Linea Cultura

In tema di misure cosiddette di prevenzione non strutturale, le attività di diffusione della conoscenza e della cultura di protezione civile sono attuate da questo Dipartimento mediante tre linee di sviluppo:

- materiale informativo sui rischi di protezione civile e sulle buone prassi di autoprotezione cui ciascun cittadino deve ispirarsi;
- eventi esercitativi, anche di importante rilevanza mediatica, capaci di rendere plasticamente vissuto il Piano di Protezione Civile, al fine di favorirne la conoscenza e la partecipazione alla sua revisione o aggiornamento;
- iniziative formative presso gli istituti scolastici, così favorendo il radicamento delle buone prassi e delle norme di autoprotezione presso i più giovani, affinché diventino i disseminatori di comportamenti virtuosi e orientati alla prudenza e sicurezza.

3.3 RETE FERROVIARIA E STRADALE: RISCHIO CLIMATICO E ADATTAMENTO NEL COMUNE DI ROMA

Gruppo FS



Il Gruppo FS è in prima linea nel contrasto al cambiamento climatico e alla crisi climatica in atto e incorpora la neutralità carbonica e la *climate-resilience* degli asset gestiti negli obiettivi di lungo periodo e nelle azioni operative correnti. La lotta ai cambiamenti climatici coinvolge tutti i settori della mobilità, infrastrutturali e di trasporto.

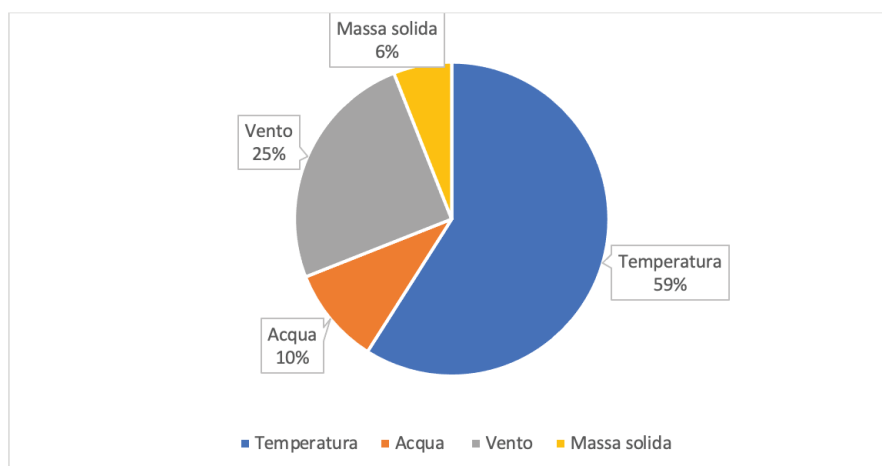
In tale contesto assume particolare rilievo il tema dell'adattamento ai cambiamenti climatici. Nello specifico, le infrastrutture *climate-resilient* migliorano le performance di affidabilità del servizio di trasporto anche in ottica di *business continuity*, garantendo la mobilità quale elemento centrale a supporto della sostenibilità sociale. Si riporta di seguito una sintesi delle principali minacce climatiche che hanno interessato gli asset infrastrutturali nel Comune di Roma, e le principali azioni di adattamento messe in atto negli ultimi anni e pianificate nel prossimo futuro.

Analisi dei fenomeni (pericoli legati al clima) con impatto sugli asset del Gruppo FS

Nel corso degli ultimi anni anche all'interno del Comune di Roma si sono verificate condizioni avverse dal punto di vista meteo-climatico che direttamente o indirettamente hanno generato i c.d. "pericoli legati al clima": Tali pericoli impattano sugli asset ferroviari e stradali in modo differente in ragione delle rispettive peculiari caratteristiche e vulnerabilità. Adottando la classificazione della EU_Taxonomy Regulation³, si riporta di seguito breve illustrazione (e ripartizione percentuale del numero) dei principali impatti sulle infrastrutture ferroviarie e stradali, gestite rispettivamente da RFI e Anas.

- **Infrastrutture ferroviarie:** dal 2015-2022 i principali "pericoli legati al clima" con impatti e guasti sugli asset gestiti da RFI sono riconducibili ai *fattori climatici* temperatura, acqua, vento e massa solida.

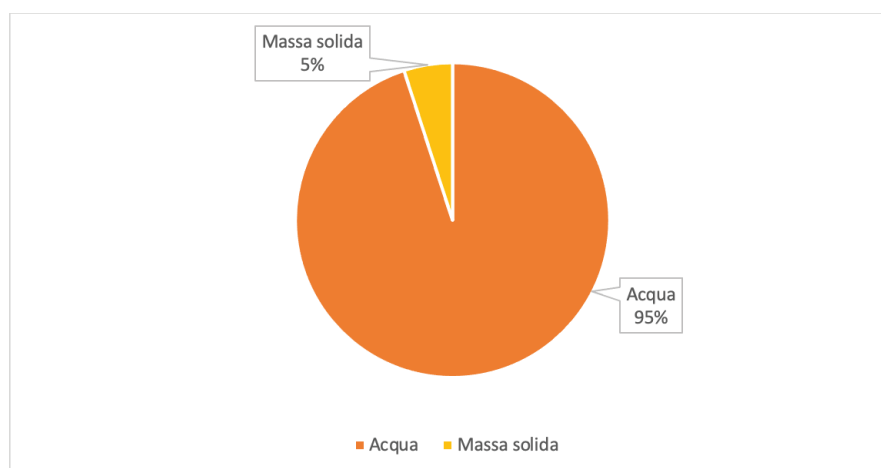
³ I fattori climatici (e relativi pericoli climatici) sono: Temperatura (Cambiamento della temperatura (aria, acque dolci, acque marine), Stress termico, Variabilità della temperatura, Scongellamento del permafrost, Ondata di calore, Ondata di freddo/gelata, Incendio di incolto); Venti (Cambiamento del regime dei venti, Ciclone, uragano, tifone, Tempesta - comprese quelle di neve, polvere o sabbia -, Tromba d'aria); Acque (Cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio), Variabilità idrologica o delle precipitazioni, Acidificazione degli oceani, Intrusione salina, Innalzamento del livello del mare, Stress idrico, Siccità, Forti precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio), Inondazione (costiera, fluviale, pluviale, di falda), Collasso di laghi glaciali); Massa solida (Erosione costiera, Degradazione del suolo, Erosione del suolo, Soliflusso, Valanga, Frana, Subsidenza).



In particolare: il 35% degli eventi sono legati alle ondate di calore, il 25% al cambiamento del regime dei venti e alle trombe d'aria, il 24% da ondate di freddo e gelate, il 7% da forti precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ ghiaccio), il 6% da frane, ed infine il 3% da inondazioni (costiera, fluviale, pluviale, di falda).

Le stazioni maggiormente interessate da questi fenomeni per via dell'elevato numero di asset esposti (ad es. segnali, binari, circuito di binario, deviatori, ecc.) sono state quelle di Roma Termini e Roma Ostiense mentre per quanto riguarda le tratte si evidenzia che quella maggiormente colpita è stata la tratta Maccarese - Roma Aurelia.

- **Infrastrutture stradali:** dal 2015 al 2022 i principali "pericoli legati al clima", con impatti sugli asset gestiti da Anas e ricadenti nel comune di Roma, sono riconducibili ai *fattori climatici* acqua e massa solida. Nello specifico, i primi fanno riferimento alle forti precipitazioni e di conseguenza ad inondazioni, mentre i secondi sono relativi a frane.



Tali eventi si sono verificati pressoché totalmente (circa 62% dei casi) lungo l'Autostrada A90 del Grande Raccordo Anulare che costituisce il più esteso tratto di competenza Anas ricadente nel Comune di Roma. Nello specifico, le tratte maggiormente interessate risultano fra via di Settebagni e via della Bufalotta e fra via Anagnina e via Appia.

Azioni di adattamento messe in atto nel Gruppo FS

Considerati i fenomeni rilevati, i gestori infrastrutturali hanno definito piani di dettaglio e azioni operative necessarie per fronteggiare la situazione climatica. Nello specifico, nel Comune di Roma nel periodo 2015-2022 il Gruppo FS ha effettuato spese correnti e investimenti per interventi di adattamento nel Comune di Roma per complessivi circa 28 milioni di euro.

- **Infrastrutture ferroviarie:** RFI ha investito circa 16 milioni di euro su interventi finalizzati a migliorare la resilienza dell'infrastruttura ferroviaria agli impatti generati da fenomeni meteo climatici estremi. In particolare, oltre il 95% degli interventi sono stati rivolti a problematiche connesse con il dissesto idrogeologico (ovvero frane, inondazioni e forti precipitazioni) e il 64% di essi fanno riferimento ad azioni di tipo "grey"⁴. Tra gli interventi in corso, di particolare rilevanza quelli che interessano la tratta Maccarese – Roma Aurelia, lungo la linea Pisa- Roma, effettuati per fronteggiare sia il rischio alluvioni (es. monitoraggio e studio interventi scarpate con successivi interventi mitigativi), sia quello legato alle frane (es. riprofilatura e consolidamento scarpate mediante micropali e muri di contenimento)
- **Infrastrutture stradali:** Anas ha già speso circa 5 milioni di euro nell'ambito della manutenzione ricorrente ed investito circa 7 milioni di euro per interventi finalizzati a risolvere o prevenire le problematiche citate e migliorare la resilienza dell'infrastruttura stradale nei confronti degli impatti generati dalle forti precipitazioni e dalle frane. Nell'ambito della manutenzione ricorrente gli interventi eseguiti riguardano prevalentemente lo sfalcio dell'erba e la pulizia di fossi e argini. Gli investimenti hanno invece riguardato prevalentemente interventi di riprofilatura e consolidamento delle scarpate, di regimentazione idraulica, di implementazione del monitoraggio.

Azioni di adattamento pianificate nel Gruppo FS

L'adattamento rappresenta una priorità inderogabile per fronteggiare l'incremento di severità e frequenza degli eventi meteorologici estremi e cronici. In tale contesto, il Gruppo FS ha definito un piano di adattamento quale risposta ai rischi fisici derivanti dal cambiamento climatico. La pianificazione operativa della *climate-resilience* è basata su quattro cluster di azioni: i) Studio degli impatti del clima, ii) Tecnologia di monitoraggio, iii) Interventi di adattamento, iv) Progettazione "*climate-proof*".

Su tali basi, per quanto riguarda la "Tecnologia di monitoraggio" il Gruppo FS sta lavorando sull'intero territorio nazionale su:

- tecniche innovative di previsione degli eventi meteorologici particolarmente avversi tramite

⁴ Facendo riferimento al Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC), le azioni di adattamento si classificano in soft e non soft (hard) che si articolano a loro volta in grey e green. Le azioni soft sono quelle che non richiedono interventi strutturali e materiali diretti ma che sono comunque propedeutiche alla realizzazione di questi ultimi, contribuendo alla creazione di capacità di adattamento attraverso una maggiore conoscenza o lo sviluppo di un contesto organizzativo, istituzionale e legislativo favorevole. Le azioni grey e le azioni green, invece, hanno entrambe una componente di materialità e di intervento strutturale, tuttavia, le seconde si differenziano nettamente dalle prime proponendo soluzioni "nature based" consistenti cioè nell'utilizzo o nella gestione sostenibile di "servizi" naturali, inclusi quelli ecosistemici.

piattaforme previsionali che sfruttano una nuova rete di sensori diffusa sul territorio. Nello specifico, al fine di prevenire situazioni di particolare allerta e più in generale migliorare gli standard qualitativi dell'infrastruttura ferroviaria, è in fase di realizzazione una campagna di installazione di sensori pluviometrici, idrometrici e radar che permetteranno l'ottimizzazione della fase previsionale e relativi warning sulla gestione dell'esercizio ferroviario in corso di evento e/o allerta.

- progetto innovativo di monitoraggio strutturale delle opere d'arte integrato con una strumentazione sensoristica volta ad affinare la capacità di previsione di eventi estremi

Con riferimento al tema della "Progettazione *climate-proof*⁵", RFI ha avviato un percorso virtuoso che porterà alla sistematizzazione e all'inclusione di pratiche di adattamento climatico all'interno dei propri manuali di progettazione (*adaptation by design*) per la realizzazione di infrastrutture sempre più *climate proof*. In particolare, verranno inclusi nei manuali criteri finalizzati all'implementazione delle misure di adattamento, anche con la definizione di un "abaco" delle soluzioni da prevedere in funzione delle diverse tipologie di asset e di hazard.

Si segnala, inoltre, che ANAS sta effettuando l'affinamento progettuale della *green road* sulla via Pontina anche nell'ottica di derivarne standard progettuali da utilizzare per la realizzazione della nuova strada prevista tra gli interventi del Giubileo "Strade di penetrazione".

Con riferimento al biennio 2023-2024, il Gruppo FS ha pianificato ulteriori "Interventi di adattamento" nel Comune di Roma per complessivi circa 34 milioni di euro.

- **Infrastruttura ferroviaria:** RFI ha già pianificato nove interventi nel biennio 2023-2024 (per un investimento complessivo di oltre 9 milioni di euro), per mitigare gli impatti potenziali del dissesto idrogeologico. Le principali tratte interessate sono Roma Tuscolana – Roma Tiburtina, Maccarese – Roma Aurelia, Settebagni Fidene, Settebagni – Roma Tiburtina, Monterotondo – Settebagni. Non sono invece previsti interventi collegati al rischio di innalzamento del livello del mare in quanto, sulla base di specifici studi condotti da RFI e prendendo in considerazione lo scenario climatico RCP 4.5⁶, nessuna linea ferroviaria all'interno del Comune di Roma risulterebbe coinvolta da questa problematica.
- **Infrastruttura stradale:** Anas, nel corso del biennio 2023-2024 ha pianificato interventi per oltre 25 milioni di euro, al fine di prevenire eventuali ulteriori fenomeni conseguenti ad eventi meteo-climatici estremi, sono previsti diffusi interventi di regimentazione idraulica come, ad esempio, l'allargamento della sezione dei corpi idraulici ed interventi di rivestimento in calcestruzzo dei **fossi attualmente in terra in varie tratte**.

5 Modalità che consente di ridurre l'impatto carbonico ed essere climate resilient by design

6 Representative Concentration Pathway 4.5: scenario "intermedio" di emissione definito da IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), in cui si assume che, date le misure per il clima previste dalle policy globali già in atto, la concentrazione atmosferica di gas serra si stabilizzi, entro la fine del secolo, a circa il doppio dei livelli preindustriali.

3.4 INCREMENTO DELLA RESILIENZA DELLA RETE DI DISTRIBUZIONE ELETTRICA

ARETI



Introduzione

Nel *Piano Resilienza* redatto da areti S.p.A., in conformità con quanto previsto dall'articolo 77 del Testo Integrato della Qualità Elettrica (TIQE - Allegato A alla Delibera 646/2015/R/eel), sono ricompresi tutti gli interventi infrastrutturali, pianificati con l'obiettivo di contenere la probabilità di disalimentazione a fronte dei principali fattori di rischio incidenti sulla propria rete. Tali provvedimenti sono attuati principalmente sulla rete elettrica di *media e bassa tensione* della città metropolitana di Roma Capitale, ovvero la rete a servizio del comune di Roma e Formello di competenza di areti S.p.A.

I principali fattori critici di rischio esaminati nel Piano riguardano:

- *allagamenti* dovuti a piogge particolarmente intense o frane e alluvioni provocate da dissesto idrogeologico (di seguito allagamenti);
- *ondate di calore* legate a prolungati periodi di siccità (di seguito ondate di calore).

1. Fattore critico allagamenti: identificazione della soglia di sollecitazione

In base all'analisi dei dati relativi alle precipitazioni verificatesi nel periodo 2008-2017, nonché alle interruzioni registrate nei medesimi dieci anni di osservazione, areti S.p.A., ha determinato la soglia di sollecitazione oltre la quale ha riscontrato una significativa correlazione tra intensità della pioggia e le interruzioni sulla rete di media tensione.

In particolare, è stato considerato come valore di sollecitazione il valore medio giornaliero di precipitazione (mm di pioggia) nel quale si riscontra un numero medio di interruzioni giornaliere pari al doppio del numero medio di interruzioni giornaliere registrato nei giorni senza pioggia o con precipitazione media ≤ 3 mm.

Tale soglia di sollecitazione, in esito all'analisi dei dati storici relativi al periodo 2008 – 2017, risulta pari a 20 mm medi/giorno di precipitazione sull'intero territorio di Roma.

In figura n.1 è indicata la correlazione piovosità/interruzioni riscontrata per 4 classi di aggregazione di precipitazione. Si nota che per valori di precipitazione ≥ 20 mm la correlazione è molto alta e prossima allo 0,7.

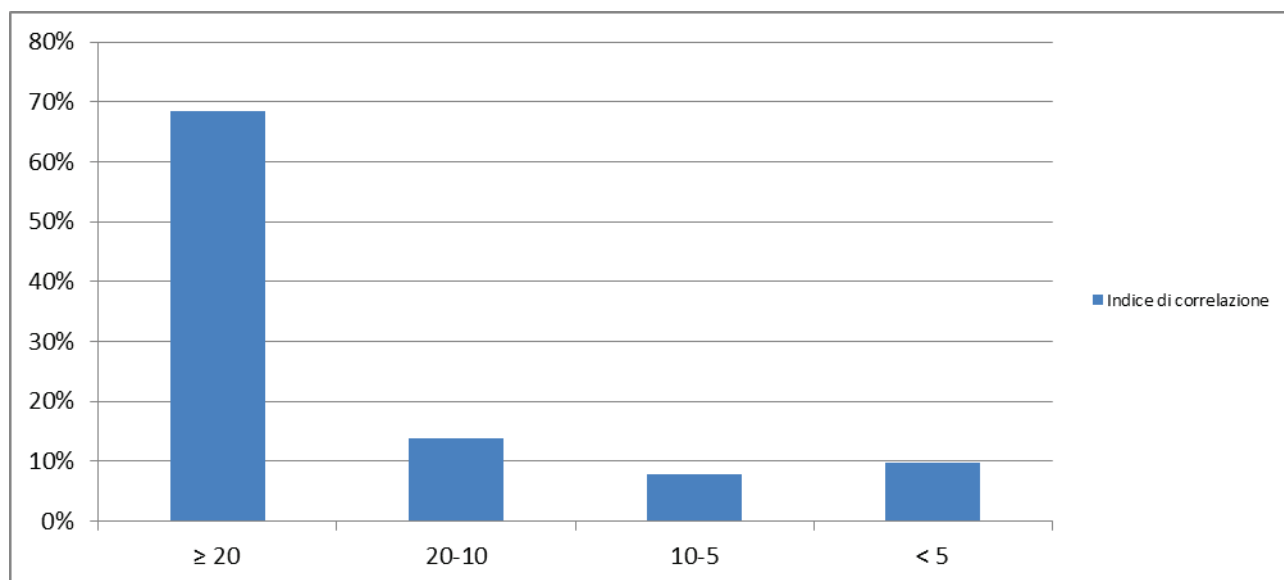


FIGURA 7 - CORRELAZIONE TRA PIOVOSITÀ E NUMERO DI INTERRUZIONI

2. Fattore critico ondate di calore: identificazione della soglia di sollecitazione

Durante i mesi estivi, invece, diventano sempre più frequenti e intensi i fenomeni di ondate di calore, caratterizzate dal protrarsi di giornate con temperature massime elevate, precedute da periodi di siccità. Tali particolari condizioni di umidità e temperatura ostacolano la dissipazione del calore dei cavi interrati. Inoltre, sempre nei mesi estivi, si registrano elevate richieste di carico sulla rete che unitamente al fenomeno ambientale suddetto determinano un incremento delle temperature (hot-spot) dei cavi e relativi accessori con precoce invecchiamento dell'isolamento e aumento della probabilità di cedimento dello stesso.

Dall'analisi delle temperature medie registrate nel 2012-2018, dei livelli di potenza richiesta dalla rete e delle interruzioni, sono state determinate le soglie della sollecitazione oltre le quali si riscontra una significativa correlazione tra livello della temperatura ambientale/potenza richiesta e le interruzioni per guasto sulla rete MT/BT.

Il periodo di analisi considerato per la valutazione del fenomeno dell'ondata di calore è settimanale e non giornaliero come descritto per il fenomeno allagamenti.

Di seguito sono rappresentati:

- L'andamento del valor medio settimanale delle temperature massime giornaliere
- L'andamento del valor medio settimanale della potenza di picco giornaliera
- Il numero di guasti settimanali occorsi sulla rete MT negli anni 2021-2018.

In particolare, si considerano come valori di sollecitazione i valori medi settimanali della potenza di picco giornaliera e della temperatura massima giornaliera oltre i quali si riscontra un numero totale di guasti settimanale almeno doppio dei guasti registrati mediamente nel periodo di osservazione.

Per la rete di distribuzione di areti SpA i valori di soglia sono:

- **temperatura 29,7°C**

- potenza massima 1.766 MW

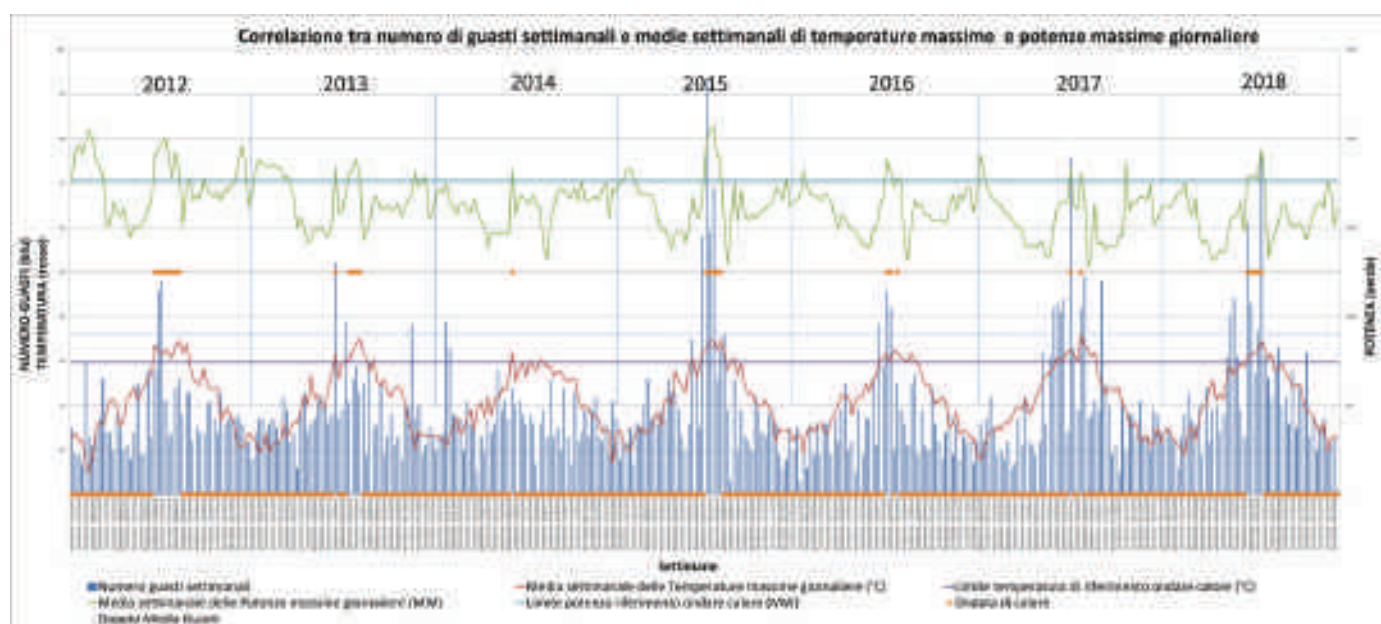


Figura 8 - correlazione tra guasti, temperature e potenze

3. Principali Tipologie di intervento

Gli interventi individuati per incrementare la resilienza della rete, rispetto ai fattori di rischio identificati, sono di tipo puntuale in cabina secondaria per quanto riguarda il fenomeno dell'*allagamento* e di tipo esteso su rami di media tensione, per quanto riguarda le *ondate di calore*. Si riportano di seguito le tipologie di intervento adottate, in relazione ai due fenomeni meteo identificati:

- Allagamenti
 - delocalizzazione delle Cabine Secondarie interrato;
 - ricostruzione delle Cabine Secondarie con specifici nuovi criteri progettuali per il contrasto del fenomeno.
- Ondate di calore
 - incremento magliatura della rete MT;
 - sostituzione rami critici con minimizzazione del numero di giunti;
 - sostituzione rami e riconfigurazione schema di rete MT;
 - raddoppio dei primi rami di linea in uscita dalla Cabina Primaria.

I citati interventi elementari possono essere realizzati singolarmente o combinandoli nell'ambito del medesimo fattore critico.

Nella tabella di sintesi, di seguito riportata sono rappresentati i volumi fisici degli interventi eseguiti da areti S.p.A nel periodo 2020/2022, in relazione ai fattori critici di rischio suddetti, precisando che il piano degli interventi per incrementare la resilienza della rete proseguirà nell'anno 2023 e verrà completato entro l'anno 2024.

TAB. 1 VOLUMI FISICI ASSOCIATI AGLI INTERVENTI DI INCREMENTO DELLA RESILIENZA DELLA RETE NEGLI ANNI 2020-2023

Tipologia Intervento	Comparto di Rete	Consuntivo 2020	Consuntivo 2021	Consuntivo 2022	Forecast 2023	TOTALE 2020-2023
Ondate di calore - Raddoppio primi rami	Rete MT [km]					
Ondate di calore - Sostituzione Selettiva per Vetustà	Rete MT [km]	106	122	58	34	320
Ondate di calore - Incremento magliatura rete MT	Rete MT [km]					
Ondate di calore - Incremento magliatura rete MT e Raddoppio Primi Rami	CS [#]	79	98	53	50	280

Allagamento -Adegua- mento apparecchiature MTBT e locale cabina+ Delocalizzazione Cabina Secondaria	CS [#]	12	37	36	21	106
--	--------	----	----	----	----	-----

4. Descrizione delle tipologie di intervento

Nel seguito sono descritti gli interventi per l'incremento della resilienza attuati sugli elementi di rete individuati come critici rispetto ai due fattori di rischio identificati.

4.1 Tipologia di interventi previsti per far fronte al fenomeno degli allagamenti

Delocalizzazione delle cabine secondarie interrato

Nel caso di manufatti interrati ove possibile l'intervento ipotizzato è la *delocalizzazione della cabina secondaria*.

Posizionate le cabine MT/BT su base planimetrica, è stato esaminato il contesto urbanistico e i vincoli associati in relazione alla possibilità di fruire di aree libere per una eventuale riallocazione delle cabine vulnerabili in locali posti fuori terra.

Sono state escluse tutte le aree ricadenti nel nucleo della Città Storica, come identificato dal NPRG (Nuovo Piano Regolatore) del Comune di Roma.

Nella figura n.3 si riporta un esempio di delocalizzazione di cabina secondaria.



FIGURA 3 - ESEMPIO DELOCALIZZAZIONE CABINA INTERRATA

Ricostruzione delle cabine secondarie con specifici nuovi criteri progettuali

La presente tipologia di intervento, alternativa alla delocalizzazione, prevede la sostituzione degli scomparti MT e BT presenti in cabina ed il loro innalzamento rispetto a terra, nonché la realizzazione d'interventi finalizzati all'impermeabilizzazione del locale in cui sono posizionate le apparecchiature.

Le soluzioni identificate per l'incremento della resilienza al fenomeno dell'allagamento del locale cabina hanno determinato la definizione di un nuovo standard progettuale che contempla tra i principali provvedimenti: il trattamento delle superfici interne con appositi materiali impermeabili, l'impiego di appositi setti per l'ingresso cavi, l'impiego di sistemi di areazione alternativi a quelli convenzionali (grate di areazione che spesso costituiscono una via d'ingresso dell'acqua) e di specifici provvedimenti atti a limitare l'ingresso di acqua dalle vie di accesso al locale.

Altri possibili interventi

In fase di progettazione esecutiva, potranno essere presi in considerazione eventuali ulteriori interventi di mitigazione, come ad esempio interventi di adeguamento rete per la rialimentazione dell'utenza sottesa alle cabine critiche o di mitigazione attraverso la riduzione del numero di clienti disalimentati in caso di fuori servizio.

Tipologia di interventi previsti per far fronte alle ondate di calore e prolungati periodi di siccità

areti ha identificato quattro principali tipologie di intervento finalizzate ad incrementare la resilienza delle porzioni di rete di media tensione comprese tra due nodi con almeno tre vie di alimentazione (denominate «festoni») rispetto al doppio guasto MT, come di seguito rappresentati:

1. Incremento della magliatura di rete;

2. Sostituzione rami critici con minimizzazione del numero di giunti;
3. Progetti complessi di riconfigurazione dello schema di rete;
4. Raddoppio dei primi rami di linea in uscita dalla cabina primaria.

Per l'individuazione ottimale degli interventi in collaborazione con il Politecnico di Milano è stata sviluppata una procedura di "what-if analysis". Tale approccio ottimizza la scelta degli interventi da eseguire in ciascun festone critico, ovvero eleggibile, tra i diversi e molteplici scenari, individuando quelli con i maggiori benefici per il sistema. In particolare per ogni festone critico si analizzano gli interventi da adottare con riferimento alle soluzioni tecniche tipologiche identificate, prendendole singolarmente o in combinazione tra loro.

Incremento della magliatura della rete MT

Uno degli interventi previsti per la riduzione dell'impatto sugli utenti è la creazione di nuovi collegamenti per incrementare la magliatura della rete nei festoni eleggibili. Ciò consente di mitigare l'impatto di un eventuale disservizio (energia non fornita) sull'utenza.

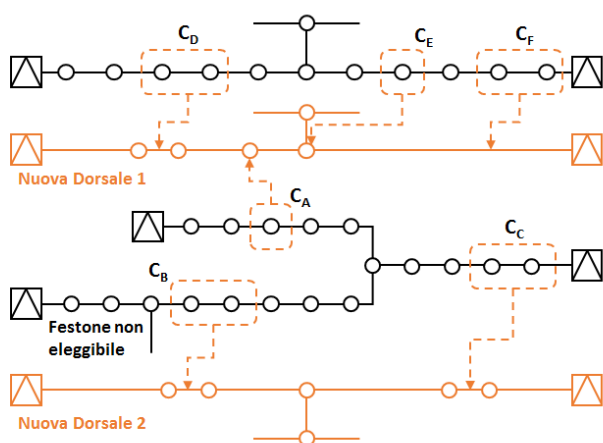
Sostituzione rami critici con minimizzazione del numero di giunti

L'intervento è finalizzato alla riduzione dei tassi di guasto e consiste nella completa sostituzione di rami di media tensione, vetusti o con presenza di un elevato numero di giunti. Tale intervento può essere realizzato congiuntamente ad interventi di incremento della magliatura di rete.

Progetti complessi di riconfigurazione dello schema di rete

Le tipologie di intervento precedentemente descritte possono essere combinate fra loro identificando interventi complessi all'interno di un progetto di resilienza. Essi consistono nella ridistribuzione su nuove dorsali delle cabine secondarie afferenti a festoni eleggibili. Tale tipologia di intervento consente di mitigare l'impatto del disservizio (energia non fornita) sull'utenza attraverso la riduzione dei tassi di guasto.

In figura n.4 è rappresentato un'ipotesi di applicazione con la realizzazione di nuove dorsali su cui vengono distribuite parte delle cabine secondarie preesistenti determinando la riconfigurazione della rete MT.



Legenda

In nero Rete Esistente	— Linea MT	○ Cabina Secondaria	▣ Cabina Primaria
In rosso Rete di Progetto	---	---	---

FIGURA 4 - COMBINAZIONE DEGLI INTERVENTI

Raddoppio dei primi rami di linea in uscita dalla cabina primaria

L'intervento prevede la posa di due cavi in parallelo, attestati su interruttori distinti, per i primi rami della semidorsale in uscita dalla cabina primaria, con contestuale posa di fibra ottica asservita ad automazione con selettività logica (selezione tronco guasto senza disalimentazione dell'utenza) coordinata con la protezione in cabina primaria. La gestione dei cavi in parallelo si ritiene altamente performante ed efficace per prevenire i doppi guasti. Con tale soluzione si realizza sui tratti critici una riserva N-2 nei periodi di ondate di calore atta a garantire la continuità del servizio nelle situazioni più gravose di controalimentazione. Entrambi i cavi sono dimensionati per il carico massimo e la selezione del guasto può essere eseguita senza interrompere il flusso di potenza. Il tratto soggetto al guasto viene infatti selezionato tramite l'intervento automatizzato degli interruttori posti ai capi dello stesso dotati di protezioni che analizzano il transito di energia in entrambi i sensi.

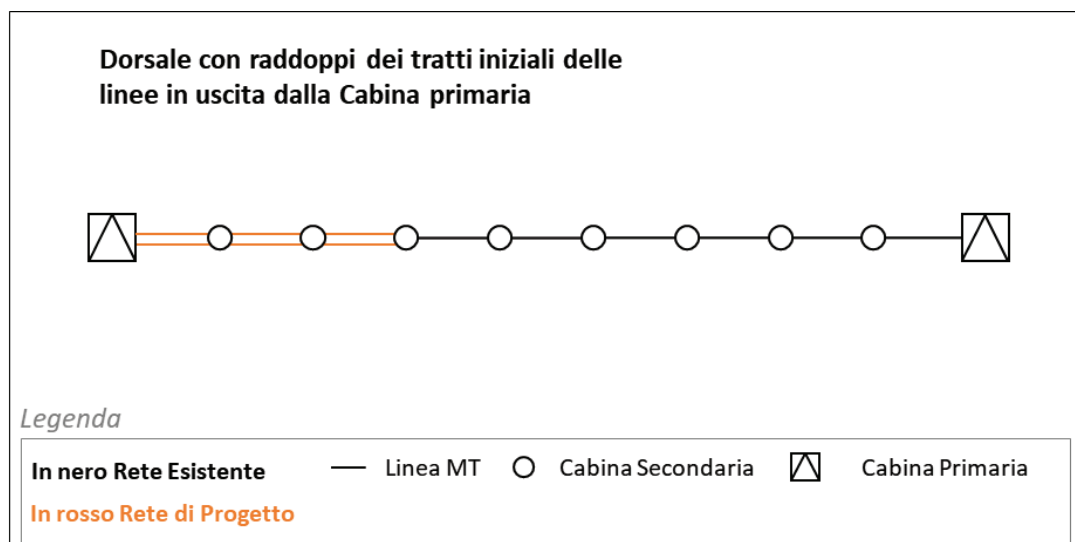


FIGURA 5- DORSALE CON RADDOPPI TRATTI INIZIALI

Principali interventi di Sviluppo sulla rete MT

Tra i principali interventi di sviluppo sulla rete di media tensione, che saranno conclusi entro il 2023, per incrementare la resilienza della rete al fattore di rischio delle *ondate di calore* si citano i seguenti:

Interventi con Importo > 500k€

N° Progetto	Descrizione Progetto	Driver di Sviluppo
1	Incremento magliatura di rete linea MT "PROSIDER"	RESILIENZA (ARERA)
2	Sostituzione cavo e raddoppio rami linea "ROTONDA"	RESILIENZA (ARERA)
3	Sostituzione cavo per vetustà linea "MAMIANI"	RESILIENZA (ARERA)
4	Sostituzione cavo per vetustà linea "MURICANA"	RESILIENZA (ARERA)
5	Sostituzione cavo per vetustà linea "LOMBARDO"	RESILIENZA (ARERA)
6	Sostituzione cavo per vetustà linea "VALPADANA"	RESILIENZA (ARERA)

3.5 IL RUOLO DEI CONSORZI DI BONIFICA NELLA GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE E PER L'ADATTAMENTO CLIMATICO

Consorzio di Bonifica Litorale Nord



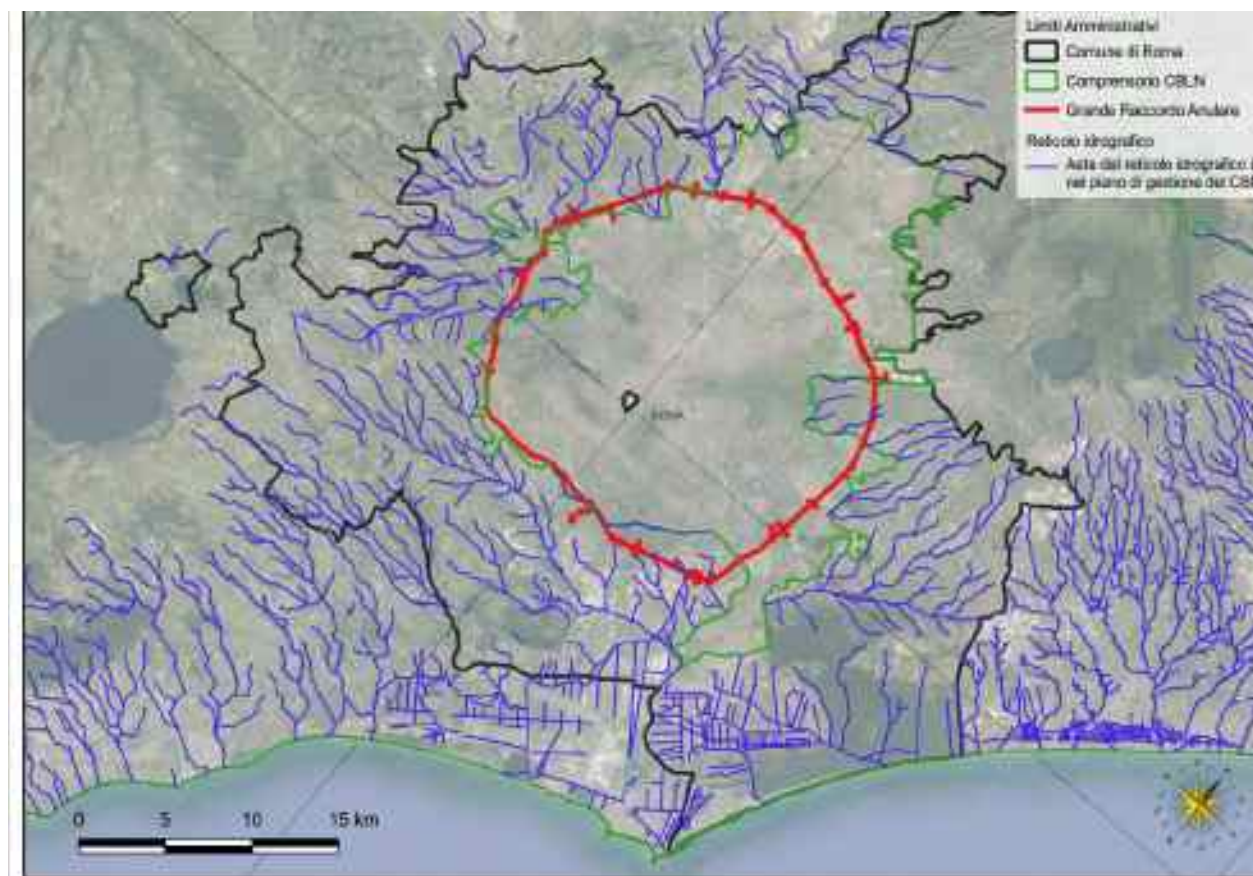
CONSORZIO BONIFICA
LITORALE NORD

Premessa

I Consorzi di bonifica e di irrigazione svolgono un ruolo essenziale di difesa e valorizzazione del territorio, nonché di regolazione, provvista e distribuzione delle acque a prevalente uso agricolo, attraverso la realizzazione, gestione e manutenzione delle opere pubbliche di difesa idraulica. Mentre in passato l'attività dei Consorzi aveva il ruolo prevalente di garantire la regimentazione delle acque di scolo, a seguito delle trasformazioni urbanistiche avvenute dal dopoguerra ad oggi - con grandi porzioni di zone originariamente a destinazione agricola che sono state interessate da imponenti fenomeni di edificazione e impermeabilizzazione dei suoli - il sistema di bonifica ha assunto un assetto molto più complesso e esteso. Le attività dei Consorzi, pur mantenendo le originarie funzioni di bonifica e irrigazione, si sono progressivamente estese fino a comprendere le attività proprie della difesa del suolo e mitigazione del rischio idrogeologico, nonché della razionale utilizzazione delle acque irrigue, con azioni di gestione delle opere realizzate e la manutenzione del reticolo idrografico che, assicurando la corretta veicolazione delle acque determina la messa in sicurezza del territorio stesso.

Il Consorzio di Bonifica Litorale Nord – Ente di diritto pubblico – è disciplinato dalla normativa regionale del Lazio⁷. Nel territorio del Comune di Roma il Consorzio di Bonifica ha competenze sulla gestione di impianti nei Municipi X (impianti irrigui Dragone, Piani, Fornace, impianto idrovoro Tor San Michele, Ostia Antica, Ostiense, Stagni, Bagnolo/Palocco, Alaleona), XI (impianto irriguo Ponte Galeria), XIII (Impianti irrigui Arrone I- Testa di Lepre, Arrone III – Ceccanibbio). Inoltre, il Consorzio di Bonifica Litorale Nord è responsabile delle attività di manutenzione di un vasto sistema di corsi d'acqua, evidenziati nella immagine seguente, come stabilito con regio decreto 13 febbraio 1933 n. 215, che reca nuove norme per la bonifica integrale e approva il testo unico, che contiene le norme statali di riferimento per le Regioni alle quali oggi compete la disciplina normativa della materia. La Regione Lazio, con legge n. 53 del 1998, ha disciplinato il riordino delle funzioni amministrative in materia di difesa del suolo, definendo che le modalità di esercizio in capo alle province siano gestite mediante affidamento ai consorzi di bonifica sulla base di convenzioni di gestione che definiscono gli obiettivi e gli standard quantitativi e qualitativi che devono essere assicurati, e garantiscono la remunerazione attraverso la contribuenza.

⁷ L.R. Lazio 21 gennaio 1984, n° 4 (Norme in materia di bonifica e di Consorzi di Bonifica) e da ss.mm. ed ii. , dalla L.R. Lazio 7 ottobre 1994, n° 50, L.R. Lazio 10 agosto 2016, n° 12 e dallo Statuto



Le responsabilità del Consorzio, all'attualità, si fermano sostanzialmente al Gra. Con Deliberazione del C. Regionale del 20 dicembre 1984 n.1061 la Regione Lazio, considerata la notevole estensione urbana e la presenza di numerosi nuclei spontanei poi inseriti nel PRG, escluse dal perimetro interno di bonifica parte delle zone del comune di Roma. La delibera Regionale fu emanata vista la deliberazione del Consiglio Comunale di Roma del 1982 n.609, circa la nuova perimetrazione interna del comprensorio, come già delimitato da R.D. 15 ottobre 1931 CC foglio 1 n.34 e con riferimento al DPR del 31 marzo 73 n.2026; quest'ultimo dava mandato alla nuova definizione del perimetro interno del comprensorio successivamente ad una intesa tra Consorzio e Comune, al fine della migliore amministrazione di quella parte della rete scolante non ancora ceduta al Comune ed ancora prevista d'uso nel Piano Generale Collettori e degli impianti di depurazione della città di Roma (V. Ripartizione LL.PP). La gestione della rete scolante contenuta all'interno del nuovo perimetro, fino ad allora gestita dal consorzio, è stata trasferita quindi al Comune, destinandone l'uso secondo previsioni dei piani comunali. Il limite interno del comprensorio di bonifica appare in questo senso modificato e gestito direttamente dal comune di ROMA, anche se la legge regionale 53 del 1998 definisce comunque le competenze ai comuni e le riserva solo alle opere di bonifica in aree urbanizzate come definite da apposite delibere regionali.

L'articolo 31 della Legge regionale 53/98, prevede che la manutenzione dei corsi d'acqua sia di norma responsabilità dei frontisti, ad eccezione dei corsi d'acqua, naturali od artificiali, o loro tratti, per i quali, ai fini della salvaguardia della pubblica incolumità e della sicurezza del territorio, deve essere organizzato un servizio pubblico di manutenzione e quelli per i quali organizzare uno specifico

servizio di piena. Queste aste sono individuate dalla Giunta regionale con propria deliberazione, su proposta degli Assessorati regionali competenti in materia di lavori pubblici ed ambiente, sentite le province e le autorità di bacino interessate.

OBIETTIVI E PRIORITÀ DI INTERVENTO NEL TERRITORIO DI ROMA

La frequenza con la quale avvengono fenomeni di natura alluvionale, esondazioni o disagi causati da diversi eventi atmosferici devono necessariamente spingere tutte le Istituzioni ad operare per rendere più coordinato ed efficace il modello di governo delle attività di cura e manutenzione del territorio e di gestione delle emergenze.

Il primo problema da affrontare riguarda la frammentazione delle competenze sulle aste fluviali, dispendiosa in termini economici e gestionali, dannosa per i troppi rimpalli di competenze e la mancanza di coordinamento. Rispetto a questa situazione si dovrebbe iniziare a censire, d'intesa con i Municipi, tutti i fossi e canali delle rive del Tevere e dell'Aniene oggi privi di manutenzione pubblica e lavorare per l'inserimento nei programmi manutentivi. Su questo punto specifico già da alcuni mesi è in piedi un tavolo di confronto con il Dipartimento CSIMU di Roma Capitale e la Città Metropolitana, finalizzato ad individuare, mediante il coinvolgimento dell'ente di Bonifica, un nuovo ed efficiente modello di governance capace di fissare con precisione a chi competono le responsabilità manutentive, le progettazioni e realizzazioni delle opere civili necessarie alla mitigazione del rischio idraulico.

La seconda priorità riguarda i piani di mitigazione del rischio idraulico di cui si è dotata Roma per i quartieri di Piana del Sole (XI Municipio), Prima Porta (XV Municipio) e nell'entroterra di Ostia (X Municipio). Per questi progetti, redatti dall'Università Roma Tre, in parte sotto la supervisione della Protezione Civile a seguito di drammatici eventi alluvionali, si dovrebbe procedere all'aggiornamento dei costi ai prezziari vigenti, e predisposto un programma di attuazione e una cabina inter istituzionale di coordinamento e monitoraggio degli interventi.

Inoltre, la Delibera della Giunta Regionale del Lazio n. 238/2004 già riconosceva **ulteriori fossi come meritevoli di inserimento nel Servizio Pubblico di Manutenzione (SPM)**, ai sensi dell'art. 31, comma 2 della L.R. 53/98, rispetto a quelli attualmente riconosciuti con la D.G.R.L. 4938/1999 per la difesa di agglomerati urbani e/o insediamenti produttivi dal rischio di esondazione, salvaguardia di importanti infrastrutture quali autostrade, strade statali e provinciali, linee ferroviarie di interesse nazionale. Il Consorzio ha individuato un elenco di fossi che potrebbero essere ricompresi dove ad oggi non è previsto il Servizio Pubblico di manutenzione che ne garantirebbe una manutenzione con ordine di priorità e con specifici programmi di intervento previsti dalla normativa di cui alla L.R. Lazio 53/98 e s.m.i.. tesi a scongiurare il pericolo di esondazioni, allagamenti e sommersioni di interi territori con il rischio non soltanto per i beni materiali, ma anche e soprattutto per la stessa pubblica incolumità. Sono diversi i canali e impianti idrovori, preposti al sollevamento sia di zone agricole con colture di alto pregio che di insediamenti urbani e produttivi, dove invece sarebbe di fondamentale

importanza il riconoscimento negli elenchi delle opere di Preminente Interesse Regionale (PIR) L.R. Lazio 53/98. E' da sottolineare che nell'Area Nord e nell'Area Sud del comprensorio di bonifica **diverse aree presentano ulteriori gravi criticità idrauliche dovute all'insufficienza delle sezioni dei fossi di bonifica** che necessitano di urgenti interventi straordinari di ricalibratura e sistemazione idraulica.

EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SULLA RISORSA IDRICA E SUL SISTEMA IDROGEOLOGICO

Il cambiamento climatico in atto coinvolge direttamente la risorsa idrica, operando evidenti modifiche nella quantità, nella durata e nella distribuzione temporale e territoriale delle piogge, con fenomeni, destinati sempre più ad accentuarsi nel futuro, di prolungata siccità alternati a repentini eventi alluvionali. E' prioritaria una riflessione su come l'acqua, elemento fondamentale per l'ambiente e per la vitalità socioeconomica delle comunità civili, necessiti non solo di essere regimentata a garanzia della sicurezza idrogeologica del territorio e, quindi, dello sviluppo delle comunità, ma anche di interventi strutturali per essere conservata quando in eccesso per poi essere riutilizzata con efficienza ed oculatezza, per il soddisfacimento delle esigenze umane, nei periodi sempre più frequenti e prolungati di scarsità.

Le azioni da introdurre per aumentare la resilienza delle comunità civili e dei sistemi economici agli effetti del cambiamento climatico devono contemperare le esigenze di tutti gli utilizzatori e portatori di interesse della risorsa idrica e prevedere tre campi di azione: realizzazione di nuove infrastrutture di riserva e di distribuzione idrica e potenziamento ed efficientamento di quelle esistenti (l'Italia ha praticamente la stessa capacità di invaso di cinquant'anni fa, ma con necessità certamente aumentate negli anni); innovazione tecnologica in campo irriguo e agronomico; circolarità di utilizzo della risorsa idrica negli usi civili, economici, agricoli ed energetici.

Le azioni da realizzare prioritariamente, per quanto di competenza dei Consorzi di Bonifica, sono le seguenti:

- **Piano di interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria dei corsi fluviali e della rete idrografica di prelievo, adduzione e distribuzione della risorsa idrica per la messa in sicurezza del territorio.** Il Piano comporta l'effettuazione di vari interventi di sistemazione idraulica e forestale per il rafforzamento idrogeologico a difesa del territorio e dei centri abitati e contro il dissesto idrogeologico (riordino idraulico, consolidamento e ripristini spondali, risagomatura e ricalibratura degli alvei, ripristino dei dissesti e consolidamento delle frane; realizzazione di opere per la laminazione delle piene, di briglie e di sifoni idraulici, regimazione di torrenti e corsi d'acqua minori, ristrutturazione e potenziamento delle idrovore). Oltre a questi, sono importanti ai fini della sicurezza idrogeologica della città di Roma, anche interventi all'interno dell'area urbana quali la pulizia delle caditoie e della rete di scolo per il regolare deflusso delle acque e la manutenzione straordinaria e ordinaria del reticolo urbano del fiume Tevere e dei suoi affluenti, sulla scorta degli esempi virtuosi delle città metropolitane

di Firenze e di Milano. Nel primo caso, con l'emissione di un ruolo manutentivo poco più che simbolico per i cittadini, è stata affidata al locale Consorzio di bonifica la manutenzione del tratto urbano dell'Arno; nel secondo caso, mediante una convenzione ad hoc tra il Comune e il locale Consorzio di bonifica è stata affidata la manutenzione del tratto urbanizzato dei navigli;

- **Piano straordinario per la realizzazione di nuovi invasi sostenibili e multifunzionali di riserva idrica per la raccolta delle acque piovane.** Di fronte al cambiamento climatico in atto è necessario realizzare una rete diffusa di piccoli-medi bacini idrici per la raccolta e la conservazione sul territorio delle acque pluviometriche per poterle utilizzare nel momento del bisogno e impedendo il loro rapido rilascio verso il mare. Tali invasi, con basso impatto paesaggistico ed in equilibrio con i territori e sono la testimonianza di una visione di futuro mirata a garantire un'adeguata disponibilità idrica non solo per fini irrigui ma anche per il potabile e il civile, l'industriale, l'energetico, l'ambientale, il turistico-ricreativo, senza esclusione dell'importante funzione di sicurezza sociale e territoriale della laminazione delle piene e dell'antincendio. L'individuazione di zone per la realizzazione di bacini per la laminazione delle piene adiacenti alla città di Roma potrebbe trasformare questi spazi utili per la sicurezza idrogeologica in parchi umidi urbani di valorizzazione della biodiversità naturale e fruibili per il tempo libero dei cittadini.
- **Ampliamento ed efficientamento della superficie attrezzata con impianti irrigui collettivi e soluzioni innovative in campo irriguo nell'ottimizzazione d'uso della risorsa idrica,** come quelli di digitalizzazione, monitoraggio e gestione automatizzata e telecontrollata delle reti di adduzione e distribuzione e avanzati servizi climatici a sostegno del processo decisionale irriguo per un uso razionale ed efficiente della risorsa idrica. I droni e i satelliti, declinati al servizio di una "resilienza" idrica territoriale ormai improcrastinabile, possono essere di grande aiuto al risparmio della risorsa idrica nei sistemi irrigui.
- **Soluzioni per consentire un maggiore utilizzo in agricoltura delle acque reflue depurate.** Attualmente in Italia vengono dispersi circa 9 miliardi di metri cubi all'anno di acqua reflua rigenerata da efficienti impianti di depurazione che, se in grado garantire la tutela della qualità e salubrità delle produzioni agricole, potrebbe essere impiegata a scopo irriguo. Va, però, certificata una gestione attiva e sicura delle acque reflue in agricoltura, con buoni livelli qualitativi e l'efficacia degli attuali trattamenti depurativi anche verso "nuovi" inquinanti (microplastiche, metalli pesanti, elementi radioattivi, antibiotici, ecc.).

4

**Priorità e obiettivi
dell'adattamento
climatico a Roma**

4 Priorità e obiettivi dell'adattamento climatico a Roma

Nei 2.776 anni trascorsi dalla sua fondazione, Roma ha visto enormi cambiamenti ambientali, sociali e culturali e vissuto innumerevoli eventi alluvionali del Tevere e dei suoi affluenti, subito frane e dissesti per via della delicata situazione idro-geologica che la caratterizza. Sulla facciata della Basilica di Santa Maria sopra Minerva si possono leggere, segnati su targhe in marmo, i riferimenti dei livelli che l'acqua aveva raggiunto nelle alluvioni che tra il 1422 e il 1870 hanno devastato la città, con ingenti danni al patrimonio storico, morti e feriti. L'ultima grande esondazione del Tevere di fine dicembre del 1870 avvenne a pochi mesi dalla Breccia di Porta Pia, raggiungendo un'elevazione di oltre 17 metri all'igrometro di Ripetta e allagando due terzi della città. Tutto il Paese ne fu scosso, portando il Governo appena insediato a Roma a decidere di avviare i lavori per la costruzione di un sistema a difesa della città dalle piene del Tevere, un intervento di enorme rilevanza su cui si aprì un lungo e aspro dibattito che vide tra i protagonisti l'allora Deputato Giuseppe Garibaldi che considerava l'intervento fondamentale per mettere in sicurezza la Capitale d'Italia.

Roma è ancora oggi a rischio alluvioni. L'Autorità di Bacino ha evidenziato come molti quartieri si trovino in aree caratterizzate da rischio idraulico elevato e, pertanto, da un'alta vulnerabilità ai fenomeni di piogge intense. La risoluzione di questi problemi risulta oggi ancora più importante alla luce della continua crescita delle emissioni e dell'accelerazione della crisi climatica del Pianeta. L'incertezza rispetto allo scenario del XXI secolo è ancora grande secondo gli scienziati, non conosciamo esattamente cosa avverrà in ogni quartiere di Roma, ma in tutte le proiezioni di variazione climatica al 2050 elaborate dalla Fondazione CMCC per Roma si può leggere **una prospettiva inequivocabile, in cui la temperatura media, già cresciuta in questi decenni, continuerà ad aumentare assieme a fenomeni come ondate di calore. Associata a tali fenomeni è atteso anche un aumento in frequenza e intensità di fenomeni di piogge intense ma anche di periodi di siccità.**

È evidente **la responsabilità di affrontare questo nuovo scenario, soprattutto in considerazione del contesto specifico e delle sue vulnerabilità.** I prossimi anni saranno infatti decisivi per preparare la città per un prevedibile salto di scala negli impatti con conseguenze che, senza interventi, potrebbero mettere in pericolo la vita di tante persone e risultare devastanti per molte attività economiche. Per rafforzare la resilienza della città è dunque fondamentale intervenire a partire dagli ambiti e dalle infrastrutture che già oggi sono a maggior rischio idrogeologico e dai quartieri più vulnerabili durante le ondate di calore mentre, in parallelo, si portano avanti le articolate misure di adattamento necessarie ad affrontare un contesto scenario di questa complessità.

La scelta di elaborare la prima Strategia di adattamento della città si motiva proprio con la necessità di avere un quadro di riferimento chiaro e coerente, che consenta di dare risposta alle vulnerabilità evidenziate ma anche di approfondire le analisi per affrontare gli ambiti più complessi, laddove si evidenzia un intreccio delle questioni. Come negli articolati paesaggi agricoli, nella ricca biodiversità presente, nei tanti e diversi tessuti urbani di cui è composta l'area urbana, nel diffuso patrimonio storico e archeologico.

Disporre di uno strumento di riferimento per le politiche di adattamento è oggi indispensabile alla luce dell'ampio spettro di ambiti e settori coinvolti dagli impatti del cambiamento climatico, dalle azioni articolate necessarie per contrastarli e dall'ampio numeri di attori da coinvolgere.

L'adattamento, infatti, non è una questione specifica e settoriale, ad esempio solo di tipo ambientale, sanitaria o urbanistica. Riguarda anche questi aspetti, ma l'intreccio delle questioni e la dimensione degli impatti è tale da mettere in crisi un approccio tradizionale agli interventi e obbliga a assumere un nuovo quadro di riferimento per individuare le azioni più efficaci, e una chiave di lettura originale per leggere dentro le grandi sfide che la città si trova ad affrontare e che rischiano di mettere in crisi il suo futuro, la sua vivibilità e la sua attrattività.

La proposta di Strategia individua le priorità, gli obiettivi e le misure di adattamento indispensabili per adattare il territorio agli impatti in corso e a quelli prevedibili come conseguenza degli scenari climatici e degli impatti che potranno avvenire al 2050.

L'adattamento è anche una grande opportunità per ripensare gli spazi urbani, le infrastrutture e i quartieri. Può diventare un'occasione per affrontare in modo innovativo i problemi di messa in sicurezza degli spazi pubblici, attraverso soluzioni innovative per ripensare piazze e quartieri, edifici e abitazioni per renderli sicuri e vivibili grazie a un attento uso di alberature, spazi verdi, ombreggiature, materiali da costruzione, acqua. Come dimostrano le città europee che hanno puntato su una riqualificazione urbana con al centro la qualità e innovazione ambientale è possibile tenere assieme crescita economica e benessere dei cittadini, attrarre investimenti, creare nuove imprese e lavoro.

Diversi studi internazionali¹ dimostrano che gli investimenti nell'adattamento sono vantaggiosi da un punto di vista della spesa pubblica, riducono la spesa crescente che i Paesi pagano come conseguenza dei danni provocati da fenomeni meteorologici e producono benefici in termini di aumento della biodiversità, qualità dell'aria, gestione idrica, emissioni di gas serra, oltre che di vivibilità e qualità degli spazi pubblici.

La Strategia è un passo indispensabile per aprire un confronto sul futuro della città, su una **visione²** di cambiamento in cui ci si adatta al nuovo contesto e per questo è importante che sulla proposta si apra una consultazione che coinvolgerà attori istituzionali, economici e sociali, cittadini e associazioni, per far conoscere i risultati delle analisi e le questioni aperte, le nuove problematiche che interesseranno i territori, le opportunità che si potrebbero creare, gli obiettivi e le misure proposte.

GLI OBIETTIVI DI ADATTAMENTO CLIMATICO PER ROMA

Il quadro analitico dei problemi e il profilo climatico della città identificano con chiarezza gli ambiti su cui intervenire per ridurre il rischio climatico e le associate vulnerabilità del sistema urbano. Le politiche di adattamento non incidono sulle cause - laddove invece hanno un ruolo fondamentale le

1 Si veda: European Environment Agency, <https://www.eea.europa.eu/publications/assessing-the-costs-and-benefits-of> e "Saving lives and livelihoods: The benefits of investments in climate change adaptation and resilience" https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/wp-content/uploads/2021/03/Saving-lives-and-livelihoods_the-benefits-of-investments-in-climate-change-adaptation-and-resilience.pdf

2 Si veda pagina 93, Allegato II al Piano Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici, "Metodologie per la definizione di strategie e piani locali di adattamento ai cambiamenti climatici".

politiche di mitigazione alla scala globale, che chiamano in causa tutti i Paesi -, ma sulle modalità con cui a livello locale si è capaci di reagire e rafforzare la propria resilienza attraverso azioni specifiche e integrate, che entrano dentro i tessuti della città e in ogni componente in modo trasversale.

Gli obiettivi di adattamento climatico indicano i risultati che si intende raggiungere nell'arco temporale scelto e sono una sfida a trasformare la città in una direzione capace di tenere assieme la risposta agli impatti dell'emergenza climatica con quelle grandi e trasversali che la città si troverà ad affrontare per diventare più vivibile, attraente e inclusiva. Rispetto ai 17 obiettivi dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite (gli SDGs) le politiche di adattamento intervengono su sette di questi³.

1 RIDURRE I RISCHI PER LA SICUREZZA E LA SALUTE DELLE PERSONE

È aumentata in ogni parte del mondo la percezione della condizione nuova e precaria in cui ci troviamo come conseguenza dei cambiamenti climatici, dei rischi crescenti che le temperature e le precipitazioni possono arrecare, la fragilità di spazi pubblici ed edifici di fronte a fenomeni di una forza e frequenza senza precedenti. Obiettivo prioritario delle politiche di adattamento è di ridurre i rischi e le associate vulnerabilità *a tutela della salute come fondamentale diritto dell'individuo e interesse della collettività*, come prevede l'articolo 32 della Costituzione italiana.

Se oramai è evidente che l'alternarsi di eventi di piogge estreme molto localizzati, di lunghi periodi di siccità e di ondate di calore, aumenta la vulnerabilità dei sistemi naturali, infrastrutturali e insediativi, dobbiamo sapere che **Roma non è tutta uguale di fronte ai rischi**. Ci sono zone dove le precipitazioni possono provocare danni più rilevanti con frane e smottamenti, perché i terreni sono a rischio idrogeologico. In alcuni quartieri, piogge intense possono far diventare pericolose le abitazioni nei piani interrati e mandare in crisi la rete fognaria molto prima che in altri, perché sono stati costruiti abusivamente e dunque con infrastrutture di smaltimento inadeguate. In alcuni ambiti della città le giornate e le notti di caldo intenso provocano maggiori impatti sulla salute e un più alto tasso di mortalità, ricoveri ospedalieri, accessi in pronto soccorso perché all'effetto isola di calore urbana si somma la maggiore concentrazione di popolazione vulnerabile in appartamenti senza aria condizionata. Alcuni quartieri sono più a rischio di altri, quando si alza il livello del Tevere o in caso di mareggiate violente. Per questo occorre una conoscenza del territorio capace di garantire efficaci **sistemi di allerta e di prevenzione** in tutta la città, rafforzando gli strumenti di **protezione civile** in modo da garantire misure efficaci a partire da dove le conseguenze rischiano di essere più gravi. Allo stesso modo, **in ogni intervento che riguardi infrastrutture, piazze, quartieri occorre cambiare approccio e introdurre obiettivi di adattamento climatico** per ridurre l'impatto sia delle piogge intense (anche con la creazione di cisterne sotterranee) che al contempo delle ondate di calore, a tutela della sicurezza e salute delle persone, e della vivibilità degli spazi.

2 RIPENSARE IL RAPPORTO DELLA CITTÀ CON L'ACQUA E IL MARE

Regina aquarum, è la definizione che ha accompagnato Roma nel corso dei secoli. L'Acqua è stata sin dalla sua fondazione uno degli elementi più importanti per una città la cui storia è strettamente

³ SDGs: 3 Salute e benessere, 6 Acqua pulita e servizi igienico-sanitari, 7 Energia pulita e accessibile, 10 Ridurre le disuguaglianze, 11 Città e comunità sostenibili, 13 Lotta contro il cambiamento climatico, 15 Vita sulla terra.

connessa con il Tevere e con il suo sistema di affluenti, dall'Aniene a quelli minori, fino ai canali di bonifica. Il sistema di acquedotti di Roma per storia e dimensione non ha paragoni al mondo, con circa 800 chilometri di condotte di epoca romana a partire dal primo dell'Aqua Marcia del 312 a.C., con terme e fontane monumentali, bacini per le naumachie, laghi artificiali. Nel corso dei secoli questo sistema ha vissuto situazioni di crisi, degrado e interventi di recupero, fino alla costruzione dei più moderni acquedotti – come il Peschiera – e sistemi di distribuzione dell'acqua potabile dalle sorgenti alle pendici del Monte Nuria, nel reatino. Roma ancora oggi beneficia di un quadro invidiabile quanto ad accesso alle risorse idriche, per quantità e qualità degli approvvigionamenti di acqua potabile. Ma questa situazione rischia di soffrire crescenti problemi e fragilità di fronte a un contesto in così rapido cambiamento, e dunque deve portare a ripensare il modello di gestione dell'acqua per ridurre consumi e sprechi, attraverso una maggiore attenzione al risparmio, recupero, depurazione e riuso per tutti gli usi compatibili.

Garantire la sicurezza dell'accesso all'acqua. Oggi Roma ha uno dei più bassi tassi di perdite della rete idrica in Italia, inoltre sono in corso importanti investimenti per la messa in sicurezza degli approvvigionamenti idrici e una più efficiente gestione e riduzione delle. Questi interventi sono fondamentali per garantire gli approvvigionamenti anche in periodi di stress e già hanno consentito di superare crisi avvenute nel passato, scongiurando negli ultimi anni qualsiasi prelievo da risorse naturali delicate come quelle dal lago di Bracciano. Ma il consumo della preziosa acqua di sorgente va ridotto drasticamente, attraverso scelte innovative di risparmio idrico negli usi domestici, agricoli, industriali e la sostituzione con acqua proveniente dall'accumulo di quella piovana e dai depuratori, dunque pulita e utilizzabile per tutti gli usi compatibili come previsto dalle Direttive europee. Se l'intervento di raddoppio del Peschiera metterà in sicurezza l'approvvigionamento di acqua potabile, la più efficace garanzia per il futuro è ridurre le perdite – con l'obiettivo di portarle al di sotto del 20% – e creare una nuova rete di collegamento dei grandi depuratori della città ai parchi, alle grandi utenze industriali, per tutti gli altri usi possibili (spazzamento strade, irrigazione di aree verdi e agricole).

Rafforzare il ruolo del suolo come "spugna". Roma ha una fortunata situazione, unica tra le grandi città europee, di un territorio dove circa due terzi dei suoli sono liberi da edificazioni, in larga parte ad uso agricolo, con parchi e giardini che penetrano dentro l'area urbana. Inoltre, Roma ha un sistema di risorse idriche nel sottosuolo significativo, con un'articolata circolazione sotterranea tra le falde da salvaguardare e valorizzare nella capacità di ricarica, fermando i processi di trasformazione e impermeabilizzazione dei suoli. In ogni quartiere, a partire da quelli dove maggiore è l'effetto isola di calore urbana, bisogna aumentare gli spazi dove l'acqua può penetrare nel terreno per tre ragioni diverse e integrate. Perché in questo modo si può ridurre il rischio idraulico durante piogge intense, e si ricarica la falda con un drenaggio naturale, infine perché togliendo asfalto e piantando alberi si rendono più freschi gli spazi urbani. Un approccio che si deve applicare in ogni progetto e scala di intervento, dalle piazze ai parchi, dagli orti urbani ai parcheggi.

Il litorale costiero romano è un delicato ecosistema da tutelare. Anche qui, Roma è una delle poche capitali europee ad avere un tratto di mare, con caratteri urbani, portuali e naturali. In questi anni sono aumentati i processi di erosione e in una prospettiva di innalzamento del livello del mare i modelli di simulazione dei cambiamenti della linea di costa indicano con chiarezza gli ambiti a maggior rischio, perché ad una quota inferiore al livello del mare, e quelli dove potrebbero intensificarsi i processi di risalita del cuneo salino. L'adattamento del litorale a questo scenario va affrontato dentro

un contesto territoriale ampio, della Città Metropolitana, perché occorre coordinare gli interventi e individuare le priorità per la messa in sicurezza degli edifici e delle infrastrutture, per l'adattamento climatico del litorale attraverso azioni di tutela e rinaturalizzazione.

3 RIDURRE IL CALDO NEI QUARTIERI, MIGLIORARE LA VIVIBILITÀ

Tutte le città del Mondo si trovano ad affrontare situazioni di crescente aumento delle temperature, che possono raggiungere in alcuni quartieri livelli che mettono in pericolo la salute delle persone. Perché alle più frequenti ondate di calore si somma l'effetto isola di calore urbana creato dall'impermeabilizzazione dei terreni, da materiali come asfalto e cemento che assorbono il caldo, e dalla presenza delle auto. A Roma il numero di notti tropicali e di periodi di caldo è cresciuto negli ultimi decenni e crescerà ancora e perciò è necessario intervenire a partire dai quartieri maggiormente vulnerabili – ossia quelli caratterizzati da condizioni socioeconomiche meno vantaggiose e da un costruito urbano più sfavorevole a mitigare il calore - e a rischio.

È un'esperienza che percepiamo nei mesi estivi e confermata dai monitoraggi: mettendo a confronto piazze ombreggiate dagli alberi, quartieri vicini ai parchi o al Tevere, aree agricole collinari, con spazi analoghi ma asfaltati e senza ombreggiature si hanno differenze oltre i 5 gradi di temperatura. Durante le ondate di calore, quando le temperature per giorni possono superare i 40 gradi celsius di giorno e i 30 gradi di notte, la somma degli impatti può avere conseguenze anche letali per la salute delle persone più fragili.

Le misure di adattamento possono contribuire a ridurre le temperature percepite, valorizzando il ruolo positivo che svolgono la biodiversità, l'acqua, gli ombreggiamenti, i materiali con il più alto albedo, attraverso l'implementazione di Nature-Based Solutions (NBS), ossia azioni basate sulla natura in grado di fornire benefici non solo ambientali e di vivibilità, ma di una maggiore resilienza sociale e economica, supportate anche dalla Commissione Europea. Come già si sta facendo in alcuni interventi nella città - con il più grande programma di forestazione che Roma ha mai avuto e la creazione di "Piazze dell'Acqua" - descritti nella seconda parte del documento. Diffuse misure di questo tipo, che attenuano l'intensità della radiazione solare, che favoriscono l'evapotraspirazione e la ventilazione, inquadrare in una strategia urbana di forestazione per incrementare la biodiversità, le connessioni per rafforzare la rete ecologica, possono contribuire a ridurre le temperature nei quartieri di diversi gradi. In parallelo, per ridurre l'impatto del caldo sulla salute delle persone è indispensabile garantire l'accesso all'acqua nelle piazze e nelle strade. Roma possiede la più **estesa rete di fontanelle di distribuzione dell'acqua potabile** in Europa, che si vuole salvaguardare ed estendere, già con gli interventi per il Giubileo del 2025, in quartieri oggi sprovvisti e attraverso progetti integrati di recupero delle acque e riuso per l'irrigazione degli alberi e del verde.

4 PARTIRE DAI QUARTIERI PIÙ FRAGILI

L'adattamento climatico deve puntare a ridurre rischi e impatti a partire dai quartieri dove maggiore è il rischio idrogeologico e dove più rilevante è il rischio per la salute delle persone durante i fenomeni di ondate di calore. In questi quartieri, occorre rafforzare le azioni di prevenzione, le analisi epidemiologiche per monitorare gli impatti sulla salute del caldo e dell'inquinamento

in collaborazione con il Dipartimento di Epidemiologia (DEP Lazio), il ruolo dei presidi sociali nei quartieri assieme alle associazioni del Terzo Settore, per non far sentire le persone sole, renderle consapevoli dei rischi e darle la possibilità di accedere ai servizi e agli interventi che possono ridurre le conseguenze sulla salute. Le analisi internazionali mettono in evidenza come proprio la solitudine e la non informazione sui rischi, la povertà e l'assenza di sistemi di raffrescamento delle abitazioni sono alla base dell'aumento della mortalità durante le ondate di calore.

L'intervenire in questi quartieri dovrà avvenire attraverso **una visione integrata degli obiettivi di mitigazione e adattamento climatico**, in progetti di riqualificazione ambientale e urbanistica di piazze, giardini e strade, ma anche di retrofit energetico degli edifici – per ridurre in modo strutturale il caldo nei mesi estivi, attraverso isolamento termico e raffrescamento delle abitazioni, schermature e l'autoproduzione da solare fotovoltaico con la creazione di comunità energetiche – a partire dal patrimonio di edilizia residenziale pubblica e dagli asili, che sono gli edifici scolastici più utilizzati nei mesi estivi e che possono diventare delle oasi per le persone più fragili durante le più calde ore diurne.

5 UN'ECONOMIA RESILIENTE AGLI IMPATTI CLIMATICI

Le analisi della Banca d'Italia e quelle del Piano nazionale di Adattamento climatico evidenziano i rischi derivanti dalla perdita di biodiversità, da condizioni sociali e lavorative deteriorate che influiscono sulla crescita effettiva e potenziale dell'economia. A Roma questi rischi riguardano attività industriali, artigianali e agricole che stanno subendo danni sempre più rilevanti come conseguenza di piogge violente e una più difficile gestione idrica per i prolungati periodi di siccità. E interessano diverse attività che con più lunghi e intensi periodi di caldo devono ripensare l'organizzazione del lavoro, a partire dal settore agricolo dove interessa anche il tipo di colture e i sistemi di irrigazione. Riguarda certamente un settore strategico della città come il turismo, con il centro storico che in tutte le analisi satellitari risulta di giorno l'area più calda della città e che rischia di vedere una riduzione dei flussi estivi, perché la città non risulta più attraente viste le temperature. Per un'economia come quella romana il rischio è che aumenti la divaricazione tra attività che hanno la possibilità di investire nell'adattamento e altre che invece non riescono, e che rischiano di chiudere o veder peggiorare le condizioni di lavoro. L'adattamento a questo scenario deve avere risposta all'interno del quadro articolato di interventi che la città dovrà mettere in campo nei prossimi anni, ma dovrà portare anche a ripensare gli investimenti da parte delle imprese, a partnership per ricerche e sperimentazioni, a collaborazioni pubblico-private nel percorso della Strategia per salvaguardare attività e lavoro, investire in formazione e creare nuove opportunità nel territorio romano.

DAGLI OBIETTIVI ALLE MISURE DI ADATTAMENTO CLIMATICO

La sfida di adattare Roma a uno scenario complesso come quello descritto nella prima parte del documento dipenderà dalla capacità di portare avanti, in parallelo, un quadro articolato di misure, di cui alcune specifiche – di risposta alle quattro priorità individuate – e altre trasversali, ma tutte inquadrare dentro una lettura integrata degli obiettivi di adattamento da realizzare dentro i tessuti

urbani⁴, nei paesaggi agricoli e naturali, attraverso un ruolo attivo dei tanti soggetti indispensabili ad avere una città informata dei rischi, con sistemi di allerta e intervento efficaci, capace di individuare e realizzare i necessari interventi di prevenzione e messa in sicurezza.

La strategia è il quadro di riferimento delle misure necessarie all'adattamento del territorio di Roma che sarà portata avanti attraverso interventi diversi e che viaggiano in parallelo, che spaziano dall'approvazione di piani e programmi specifici fino a modifiche normative e modelli di gestione e manutenzione delle infrastrutture, proprio per l'articolazione delle questioni e delle responsabilità sui diversi temi.

Le misure dovranno preparare il territorio di Roma agli impatti in corso e a quelli prevedibili come conseguenza degli scenari climatici e degli impatti che potranno avvenire al 2050. Il quadro dei fenomeni che la città si troverà di fronte ha margini di incertezza, che impongono di monitorare, studiare e approfondire i processi, mentre si rafforzano i sistemi di allerta e di protezione civile e si realizzano gli interventi nelle aree individuate come a più rilevante rischio, dove gli impatti di alluvioni, incendi, frane determinano già impatti rilevanti.

Le misure di adattamento dovranno essere realizzate, progettate o approvate, a seconda dei casi, entro il 2030. Un campo così largo e articolato di interventi diversi coinvolgerà inevitabilmente molti soggetti, con tempi e responsabilità articolate, che comportano da un lato di individuare le responsabilità per monitorare la capacità di rispondere ai problemi e dall'altro una fase di confronto e condivisione che dovrà continuare per tutta la fase di implementazione del lavoro.

1 MISURE DI PREVENZIONE, ALLERTA, PROTEZIONE CIVILE

Le azioni di informazione e sensibilizzazione dei cittadini sui rischi e i corretti comportamenti in caso di eventi, di allerta in prossimità di un evento emergenziale, di pronto intervento per la messa in sicurezza delle persone e di manutenzione e gestione del territorio e degli alvei a rischio, sono decisive per aumentare l'efficacia della prevenzione negli spazi e nelle infrastrutture urbane.

Il Piano di Protezione Civile è lo strumento con cui, ai sensi di Legge, si predispongono e coordinano gli interventi di soccorso e tutela della popolazione e dei beni a rischio e che all'interno della Strategia di adattamento avrà **un ruolo fondamentale di incrocio di competenze, analisi e coordinamento degli interventi tra le diverse strutture interne al Comune e con Enti e Istituzioni**. Il Piano di Protezione Civile di Roma Capitale verrà periodicamente aggiornato attraverso nuove attività e nel nuovo piano, che sarà approvato nel 2024, per rafforzare le azioni di prevenzione si punterà su quattro linee strategiche principali:

- **Coordinamento delle attività di prevenzione e manutenzione**, per rafforzare la condivisione del lavoro con le strutture capitoline che hanno la responsabilità di gestione e manutenzione del reticolo idraulico e fognario, nelle attività di monitoraggio e di supporto per la realizzazione degli interventi manutentivi in modo da anticipare il verificarsi degli eventi meteorici. L'adeguata e aggiornata conoscenza del territorio, della frequenza delle esondazioni permette infatti di programmare gli interventi di difesa degli edifici e delle infrastrutture da

⁴ Si veda sul tema il Piano Nazionale di Adattamento nella parte relativa agli insediamenti urbani https://www.mase.gov.it/sites/default/files/PNACC_DOCUMENTO_DI_PIANO.pdf

piogge intense e alluvioni e di individuare i più efficaci interventi di innalzamento, rafforzamento e costante manutenzione degli argini, di adeguamento della sezione idraulica dei canali, di manutenzione del verde in uno scenario di ondate di calore e venti più intensi. Attraverso il tavolo di lavoro congiunto tra **Dipartimento Protezione Civile, Dipartimento SIMU, VVFF ed ACEA**, per la pianificazione e realizzazione delle misure di espansione della rete degli idranti nelle aree attualmente non servite consentirà di individuare le aree dove ampliare la flotta di spegnimento anche attraverso l'acquisto di nuovi mezzi per le organizzazioni di Volontariato. Il lavoro congiunto con il **Dipartimento Ambiente** permetterà di monitorare lo stato di salute e di manutenzione degli alberi, per individuare le aree a maggior rischio e su cui intervenire per una corretta gestione e prevenzione in caso di piogge intense e venti forti, nonché quelli più frequentati durante i picchi di calore estivi, come le fermate dei mezzi pubblici, dove realizzare soluzioni di ombreggiamento. Il lavoro coordinato con il **Dipartimento SIMU** ha come obiettivo di studiare e individuare le misure più efficaci di prevenzione e messa in sicurezza nelle aree interessate dai rischi idrogeologici e flash floods, mentre quello con il **Dipartimento Mobilità** di individuare gli interventi nelle stazioni e infrastrutture ferroviarie urbane a maggior rischio durante piogge intense e ondate di calore. Verrà creato un tavolo di lavoro con le società che si occupano delle reti infrastrutturali, energetiche e di comunicazione per il coordinamento delle misure di rafforzamento della resilienza.

- **Preparazione alla gestione dell'emergenza**, attraverso dotazioni tecnologiche, soluzioni operative e logistiche per il più efficace monitoraggio e intervento da parte della Sala Coordinamento e Intervento Operativo e della Sala del Centro Operativo Comunale, il rafforzamento delle reti informative regionali (WebSOR e rete meteo-pluvio-idrometrica regionale) per un miglior tracciamento degli eventi in emergenza attraverso anche strumentazioni aggiuntive sui teatri d'intervento (droni, ecc.) con il coinvolgimento delle associazioni di volontariato.
- **Comunicazione ai cittadini di informazione e allerta**, rafforzando: i canali istituzionali (sito, pagine news), i canali social e il nuovo canale informativo WhatsApp sviluppato recentemente da Roma Capitale, lo sviluppo della piattaforma CRM-Comunicazione di Protezione Civile/Marketing Cloud, che permetterà di trasmettere direttamente a tutti i cittadini registrati nella piattaforma istituzionale CRM messaggi e avvisi di protezione civile, anche specifici per gruppi di cittadini residenti in prossimità di un evento emergenziale o di una particolare area di attesa sicura da raggiungere.
- **Cultura di protezione civile**, per puntare a far conoscere le buone prassi e le norme di autoprotezione della popolazione e i comportamenti corretti in emergenza, la generale riduzione dell'esposizione al rischio. Saranno ampliati i materiali informativi sui rischi di protezione civile e sulle buone prassi di autoprotezione cui ciascun cittadino deve ispirarsi, saranno realizzate esercitazioni al fine di favorire conoscenza e partecipazione, e iniziative formative presso gli istituti scolastici.

2 MISURE DI MONITORAGGIO, STUDIO E APPROFONDIMENTO

Il quadro conoscitivo della prima parte della Strategia mette in evidenza la complessità dei processi in corso e degli scenari che potrebbero avvenire e evolvere in forme e con salti di scala ancora da comprendere appieno, in particolare nei confronti degli ecosistemi, della sicurezza e salute

dei cittadini, per l'economia. Occorre dunque organizzare le forme attraverso le quali la città nei prossimi anni amplierà la lettura dei fenomeni e individuerà le priorità di analisi e approfondimento per prevenire possibili evoluzioni negative, comprenderne i caratteri e gli impatti sulla vulnerabilità sociale e ambientale della città.

Nel territorio di Roma sono presenti diverse stazioni termopluviometriche di rilevamento dei dati meteorologici ed idrologici operate da istituzioni e enti di ricerca. Con l'obiettivo di avere una lettura dei processi il più possibile aggiornata, completa e integrata saranno **rafforzate le collaborazioni e la condivisione di analisi e monitoraggi** tra Roma Capitale (attraverso il Dipartimento di Protezione Civile), l'Autorità distrettuale di bacino dell'Appennino centrale, la Regione Lazio e gli Enti di ricerca per arrivare a **un sistema integrato con una banca dati** condivisa e open-source.

Verrà **ampliato il monitoraggio delle temperature attraverso l'installazione di nuove centraline nelle aree** dove più rilevanti sono gli impatti delle ondate di calore, e saranno promosse nuove **analisi satellitari ed epidemiologiche** degli effetti del caldo sulla salute, attraverso una lettura integrata con i dati della qualità dell'aria in collaborazione con DEP Lazio.

Gli scenari climatici per il territorio del Comune e della Città Metropolitana di Roma Capitale evidenziano la necessità di realizzare studi specifici per valutare gli impatti in corso rispetto a una serie di fattori che solo in parte sono oggi prevedibili e di ambiti dove si evidenzia un intreccio di possibili impatti. Saranno definiti **accordi con Enti di ricerca e università per progetti di ricerca nazionali e europei** di analisi dei processi e sperimentazione di interventi di adattamento nel territorio di Roma e della Città Metropolitana.

In particolare, saranno definiti protocolli per lo studio:

- delle specie autoctone che presentino tratti morfo-funzionali legati a un maggiore potenziale di raffrescamento necessario per il comfort termico nelle aree urbane, anche attraverso valutazioni dei servizi ecosistemici e della capacità di rimozione degli inquinanti atmosferici, di mitigazione climatica, di deflusso dell'acqua, per **rafforzare la biodiversità** nei sistemi urbani;
- dei **processi erosivi del litorale costiero** e delle cause, attraverso una stima del volume di sedimenti accumulato negli invasi e delle dinamiche sedimentarie lungo il tratto terminale del Tevere, e dell'analisi degli interventi effettuati per la difesa della costa e di ripascimento delle coste per valutare i risultati e individuare le tipologie di intervento più idonee e i volumi di sabbia e i costi necessari per la manutenzione e il ripascimento;
- del ruolo delle **zone umide presenti** per la regolazione climatica e dell'apporto dalla **creazione di ecosistemi umidi artificiali e di spazi per il deflusso delle acque durante piogge intense**, del rafforzamento delle connettività tra gli ecosistemi per obiettivi climatici e di salvaguardia delle specie;
- dei rischi climatici per **i sistemi agro-zootecnici** nel territorio del Comune e della città metropolitana, sulla situazione e la possibile evoluzione per rafforzare la resilienza, attraverso analisi delle colture dei suoli, dei sistemi irrigui e delle fonti idriche;
- della **vulnerabilità dei beni culturali**, con erosione e danni delle superfici di monumenti e edifici storici, siti archeologici, oggetti conservati in musei, dovuta all'aumento di intensità e frequenza di eventi di piogge intense, di esposizione a ondate di calore e inquinamento atmosferico, di deposizione di particolato emesso da incendi boschivi.

3 MISURE PER RAFFORZARE LA RESILIENZA RISPETTO AGLI IMPATTI CLIMATICI

La strategia individua 25 misure di adattamento climatico per rafforzare la resilienza degli spazi urbani, degli ecosistemi, del tessuto sociale e economico rispetto agli impatti prioritari individuati per il territorio di Roma che riguardano:

- **La maggiore intensità e frequenza di piogge intense e alluvioni**, con conseguenze per le infrastrutture e gli spazi urbani, maggiori rischi di esondazioni fluviali.
- **La sicurezza degli approvvigionamenti idrici**, in uno scenario di più lunghi periodi di siccità.
- **La crescita delle temperature e delle ondate di calore**, in una città dove già il caldo è cresciuto e con quartieri dove si riscontra un preoccupante effetto isola di calore urbano.
- **L'intensificarsi di impatti sul litorale costiero**, dai processi di erosione costiera, agli impatti di mareggiate e trombe d'aria, in uno scenario di innalzamento del livello del mare.

Le misure individuate intervengono su ambiti molto diversi, perché differenti sono i fenomeni e i rischi, coinvolgono più istituzioni e prevedono l'elaborazione di nuovi piani e programmi di intervento, l'individuazione di modelli e processi di gestione e sperimentazione innovativi, di modifiche normative e di governance.

Molte misure intervengono in ambiti oggetto di specifici piani e politiche, dove la chiave dell'adattamento climatico dovrà portare a rivedere l'approccio a partire dalle azioni individuate e poi quello complessivo. Vale per l'urbanistica e i lavori pubblici, per la pianificazione e progettazione delle infrastrutture. E vale particolarmente in agricoltura, dove l'intreccio delle vulnerabilità è profondo e occorre ragionare in termini di protezione del suolo dai fenomeni erosivi, di gestione migliore delle risorse idriche attraverso azioni coordinate di raccolta e recupero, sistemi di irrigazione più efficienti, di colture più capaci di adattarsi al clima e di catena alimentare integrata dalla produzione al consumo, in una logica di multifunzionalità del settore agricolo e di salvaguardia del contributo come servizi ecosistemici.

MISURE PER RAFFORZARE LA RESILIENZA NEI CONFRONTI DI PIOGGE INTENSE E ALLUVIONI

Misure di adattamento	Competenza
1) Realizzazione degli interventi prioritari individuati dal Piano di Gestione del Rischio alluvioni riguardanti la gestione delle piene fluviali a monte di Roma e gli affluenti del Tevere.	Autorità di bacino distrettuale, Regione Lazio, Governo.
2) Realizzazione degli interventi per la mitigazione del rischio idraulico nelle zone di bonifica	Autorità di bacino Distrettuale, Regione Lazio, Governo, Consorzi di bonifica
3) Messa in sicurezza dei 26 siti in frana prioritari individuati da ISPRA e inseriti nel Piano stralcio di Assetto idrogeologico.	Autorità di bacino distrettuale, Regione Lazio, Governo.
4) Manutenzione del reticolo fognario delle acque bianche con il rafforzamento del piano caditoie, l'individuazione degli interventi di riqualificazione e prevenzione, a partire dalle aree a maggior rischio idraulico e soggette a flash floods.	Roma Capitale, Città Metropolitana, EGATO

5) Rafforzamento degli interventi di resilienza delle reti infrastrutturali e energetiche, creazione di un tavolo di coordinamento con le imprese, introduzione di linee guida progettuali.	Roma Capitale, Città Metropolitana
6) Tutela delle aree a rischio idraulico e di quelle soggette a flash floods, rafforzamento degli indici minimi di permeabilità dei terreni e degli indirizzi per l'invarianza idraulica e la gestione delle acque piovane nelle trasformazioni urbanistiche.	Roma Capitale, Autorità di bacino distrettuale
7) Rafforzamento degli obiettivi di adattamento climatico all'interno del Contratto di Fiume del Tevere per la condivisione con gli attori istituzionali e locali degli indirizzi e degli interventi nei territori fluviali.	Città Metropolitana

La tutela del territorio dai fenomeni di dissesto idrogeologico e l'intervento di messa in sicurezza interessano competenze articolate che attraverso la Strategia dovranno trovare efficaci forme di collaborazione. L'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale ha la responsabilità di tutela e pianificazione idrogeologica per il territorio in cui è ricompresa Roma Capitale (lo strumento di riferimento in vigore è il PAI – il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico) e di approvazione del Programma Triennale degli interventi, in un percorso istituzionale che vede coinvolto il Governo, con i Ministeri dell'Ambiente, delle Infrastrutture, dell'Agricoltura, dei Beni Culturali e la Regione Lazio attraverso la Conferenza Istituzionale Permanente (CIP). La Regione Lazio ha la potestà normativa, di realizzazione e manutenzione in materia di opere idrauliche, opere ed impianti di bonifica, opere di consolidamento e difesa degli abitanti, opere di difesa delle coste. La Regione, inoltre, individua gli ambiti dove deve essere organizzato un servizio pubblico di manutenzione per la difesa dal rischio esondazione, e le responsabilità di intervento per i corsi d'acqua, fondamentale per una efficace governance. La Città Metropolitana di Roma Capitale svolge il ruolo di indirizzo e coordinamento delle strategie territoriali, essenziale rispetto a tematiche che superano la dimensione comunale quali gli interventi che riguardano le reti infrastrutturali e energetiche, i distretti produttivi e per la valorizzazione dei Contratti di Fiume. Roma Capitale ha competenza diretta di manutenzione del reticolo fognario e delle caditoie, di tutela del territorio e di riqualificazione urbanistica e ambientale, di indirizzo e coordinamento per gli interventi che coinvolgono i soggetti che gestiscono reti e infrastrutture

MISURE PER GARANTIRE LA SICUREZZA DEGLI APPROVVIGIONAMENTI IDRICI

Misure di adattamento	Competenza
1) Realizzare il raddoppio e la messa in sicurezza dell'acquedotto Peschiera	EGATO, ACEA ATO 2
2) Ridurre le perdite del sistema acquedottistico attraverso interventi di distrettualizzazione, digitalizzazione dei sistemi di monitoraggio, sostituzione delle condotte degradate.	EGATO, ACEA ATO2
3) Adeguare la rete dei collettori fognari, completare l'allaccio alla rete di depurazione delle utenze ancora sprovviste, potenziare il dimensionamento dei depuratori per garantire gli standard di trattamento previsti dal Regolamento sul riutilizzo dell'Acqua 741/2020.	EGATO, ACEA ATO 2
4) Creare una rete di distribuzione dell'acqua proveniente dai depuratori per tutti gli usi compatibili a partire dall'irrigazione di parchi e giardini, per i fabbisogni industriali, per la pulizia strade e gli usi agricoli.	EGATO, ACEA ATO 2, Roma Capitale

5) Ampliare la rete di invasi per la raccolta di acque meteoriche nei parchi e nelle aree agricole per il loro utilizzo da parte delle aziende agricole e negli orti urbani	Roma Capitale, Città Metropolitana
6) Tutela delle acque sotterranee e monitoraggio dei pozzi, sperimentazione di interventi per favorire l'infiltrazione delle acque meteoriche in eccesso verso le falde, l'utilizzo dell'acqua dei pozzi per l'irrigazione dei parchi pubblici.	Roma Capitale
7) Promuovere la riduzione dei consumi, il recupero e trattamento delle acque bianche e grigie negli edifici e nelle attività produttive per tutti gli usi compatibili.	Roma Capitale
8) Sperimentazione di modelli innovativi di gestione integrata delle risorse idriche nei distretti produttivi e nelle aree agricole attraverso modelli più efficienti di recupero e riuso.	Roma Capitale, Città Metropolitana

L'adattamento climatico ha come obiettivo prioritario una gestione sostenibile e efficiente delle risorse idriche in un quadro di incertezza rispetto alla disponibilità e alle modifiche nella frequenza e intensità delle emissioni, che deve puntare su riduzione dei consumi e delle perdite delle reti, riutilizzo delle acque depurate, sperimentazione di innovazioni nel recuperare e trattenere l'acqua, nella gestione efficiente attraverso reti separate nei tessuti urbani e industriali. È l'EGATO (l'ente di governo dell'ambito territoriale ottimale, a cui partecipano i Comuni ricadenti nel perimetro) ad avere la responsabilità di programmazione e pianificazione degli interventi sulle reti idriche e di depurazione (Roma fa parte dell'ambito 2). Invece, la realizzazione degli interventi spetta al soggetto che ha la concessione del servizio idrico integrato (ACEA ATO 2) per i servizi di captazione, adduzione e distribuzione di acqua adatta al consumo umano e dai servizi di fognatura e depurazione delle acque reflue domestiche o assimilate. Roma Capitale, con la Città Metropolitana, ha un ruolo centrale nelle innovazioni necessarie a portare avanti gli obiettivi di recupero e gestione integrata delle risorse idriche, di tutela delle acque sotterranee.

MISURE PER RIDURRE L'IMPATTO DELLE ONDATE DI CALORE E DELL'AUMENTO DELLE TEMPERATURE

Misure di adattamento	Competenza
1) Approvare un piano di intervento per l'adattamento alle ondate di calore delle aree urbane a maggior rischio durante le ore diurne e notturne, per mitigare gli impatti sulle fasce più vulnerabili della popolazione e sulle attività.	Roma Capitale
2) Introdurre Linee guida per gli interventi che interessano lo spazio pubblico e gli edifici, a partire dalle scuole, per ridurre l'effetto isola di calore, con indicazioni sui materiali e le soluzioni NBS (Nature based solutions), l'utilizzo di programmi di simulazione sulle temperature pre e post intervento.	Roma Capitale
3) Approvare un piano della rete ecologica e della biodiversità della città metropolitana di indirizzo per gli interventi di forestazione e di messa a dimora/sostituzione di alberature stradali a partire dalle aree più vulnerabili alle ondate di calore e per il rafforzamento delle connessioni ecologiche.	Roma Capitale, Città Metropolitana

4) Revisione delle norme tecniche e del regolamento edilizio per rafforzare la tutela della permeabilità dei suoli e le connessioni della rete ecologica (zone umide, reticolo minore, zone protette e parchi urbani), per introdurre soluzioni che vanno nella direzione dell'adattamento climatico (Natural Based Solutions, gestione idrica, tetti verdi, schermature solari, ecc.).	Roma Capitale
5) Estensione della rete di fontanelle di acqua potabile nelle piazze e spazi pubblici sprovvisti a partire dalle aree a maggior rischio durante le ondate di calore.	EGATO, ACEA ATO 2, Roma Capitale
6) Creazione di un sistema integrato di monitoraggio delle temperature diffuso nel territorio comunale che integri i rilevamenti esistenti con nuove centraline nelle aree dove maggiore è l'effetto isola di calore urbana	Roma Capitale

L'adattamento della città a ondate di calore più frequenti comporta attività di pianificazione, progettazione e realizzazione di un insieme di interventi che sono in larga parte di competenza diretta di Roma Capitale, ma che prevedono la collaborazione con le altre istituzioni per l'accesso ai finanziamenti. Roma Capitale è stata selezionata dalla Commissione Europea, nell'ambito del programma TSI (Technical Support Instrument) di supporto alle amministrazioni pubbliche, per la definizione entro il 2025 di un piano di azione per la riduzione degli impatti dell'effetto isola di calore urbana nelle aree a maggior rischio, con il coinvolgimento degli stakeholder locali, e per la redazione di Linee Guida per gli interventi che riguardano lo spazio pubblico in modo da tenere assieme i diversi obiettivi di adattamento (Progetti NBS, gestione integrata del sistema idrico con recupero e riuso delle acque di depurazione, materiali e schermature solari, trasformazione di aree a parcheggio asfaltate e impermeabilizzate, ecc.). La collaborazione con Città Metropolitana, avviata con gli interventi di forestazione del PNRR, svolgerà un ruolo fondamentale per una lettura alla scala territoriale della biodiversità e la pianificazione delle aree di intervento prioritarie dove rafforzare le connessioni ecologiche e intervenire per ridurre l'impatto del caldo nei quartieri più vulnerabili.

MISURE PER RAFFORZARE LA RESILIENZA DEL LITORALE E DEGLI ABITATI COSTIERI

Misure di adattamento	Competenza
1) Approvazione del Piano di difesa e gestione delle Coste, programmazione e realizzazione degli interventi di difesa dei litorali e degli abitati costieri secondo obiettivi di adattamento climatico	Autorità di bacino distrettuale, Regione Lazio
2) Coordinamento degli interventi sul litorale costiero, monitoraggio e indirizzo delle azioni di adattamento climatico e di contrasto alla risalita del cuneo salino	Città Metropolitana, Regione Lazio
3) Approvazione del nuovo Piano di utilizzazione degli arenili (PUA) con la ridefinizione delle aree e degli accessi per favorire la libera fruizione e la riqualificazione dell'offerta con strutture amovibili e ecocompatibili.	Adozione Roma Capitale, approvazione Regione Lazio
4) Realizzazione di interventi di rafforzamento e estensione del sistema dunale costiero	Roma Capitale, Regione Lazio

L'attenzione ai processi che riguardano il litorale costiero assumerà un ruolo crescente in una

prospettiva di innalzamento del livello dei mari e per il rischio che si aggravino gli impatti già in corso di erosione e dei danni da mareggiate e venti intensi. La responsabilità della pianificazione in materia di difesa e gestione delle coste è in capo all'Autorità di bacino distrettuale dell'Italia centrale mentre alla Regione spetta la programmazione degli interventi di difesa delle coste e degli abitati costieri. Un ruolo decisivo per l'efficacia degli interventi sul litorale lo avrà il coordinamento degli interventi e il monitoraggio dei cambiamenti in corso, con un ruolo centrale della Regione Lazio e della Città Metropolitana, per fissare indirizzi per adattare nel modo più efficace la costa agli impatti dell'erosione e delle mareggiate, ma anche alla risalita del cuneo salino che ha effetti sulla biodiversità, sull'agricoltura e la falda. Roma Capitale ha approvato a Novembre 2022 il Piano di Utilizzazione degli Arenili (PUA), ora in fase di approvazione da parte della Regione Lazio, che regola le aree demaniali marittime del territorio costiero comunale e fissa i criteri per garantire il diritto all'accesso, alla visibilità e alla libera fruizione del patrimonio naturale pubblico, nonché il suo utilizzo eco-compatibile in termini di sviluppo turistico, ricreativo e sportivo.

IL FINANZIAMENTO DELLE MISURE

La Strategia individua le misure di adattamento climatico, le istituzioni competenti e il percorso per finanziarne la realizzazione. Alcuni interventi già dispongono di finanziamenti, mentre per quelli da individuare in alcuni casi sarà possibile accedere a risorse statali ed europee. Diverse misure individuate hanno bisogno di approfondimenti e stime dei costi, per cui la quantificazione della spesa e la programmazione andrà periodicamente aggiornata.

Per le misure individuate che rafforzano la resilienza nei confronti di piogge intense e alluvioni, che riguardano il litorale, hanno un ruolo centrale nella programmazione e finanziamento **l'Autorità distrettuale di bacino, la Regione Lazio, il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza energetica** (per gli interventi in materia di dissesto idrogeologico) e **il Ministero delle Infrastrutture** (per gli interventi in materia di dighe e invasi). L'Autorità di Distretto ha la responsabilità di approvare il Programma triennale degli interventi, da condividere all'interno della Conferenza Istituzionale Permanente (CIP) nella quale sono coinvolti i Ministeri competenti e la Regione Lazio.

Per gli interventi che riguardano la rete idrica è **l'EGATO** a definire le priorità e la programmazione, con investimenti che si potranno ripagare attraverso le tariffe idriche.

Per le misure di contrasto agli impatti delle ondate di calore si dovranno approfondire possibili canali di finanziamento nazionali (attraverso il percorso del **Piano Nazionale di Adattamento al Cambiamento Climatico**), programmi e progetti europei di supporto a interventi di carattere ambientale, edilizio, urbanistico.

Questi aspetti saranno approfonditi nell'ambito del lavoro che Roma Capitale porterà avanti con il programma della **Commissione Europea** di supporto alle PA, **il Technical Support Instrument (TSI)**, che permetterà di elaborare un'analisi delle aree a maggior rischio degli impatti delle ondate di calore e un piano di interventi. Per portare avanti gli interventi sarà importante la collaborazione con la **Banca Europea degli Investimenti (BEI)** e **CDP**, la definizione di partenariati pubblico-privati.

Misure finanziate

- La realizzazione dell'Acquedotto Peschiera, per una spesa totale di 1,2 miliardi, di cui 700 milioni stanziati nella Legge di bilancio 2023 e la restante parte coperta con la tariffa del servizio idrico integrato.
- Investimenti coperti da fondi PNRR e Piani stralcio MASE 2020-2021-2023 per la messa in sicurezza idraulica: dei fossi Malafede (zona urbana di Vitinia), Tor Sapienza (zona urbana), Acqua Acetosa (a monte di via C. Colombo), e dei canali Bagnolo e Pantano, Palocco (località Infernetto e ricalibratura influente C), Dragoncello (ricalibratura rete scolante consortile), per complessivi 56.516.401 Euro (soggetti attuatori: Regione Lazio, Consorzio di Bonifica Litorale Nord, Commissario rischio idrogeologico della Regione Lazio, Comune di Roma). Finanziamenti per la progettazione degli interventi per la messa in sicurezza, coperti da fondi per la progettazione di opere pubbliche, dei fossi Vallerano (zona urbana del torrino), Caffarella (realizzazione cassa di espansione), Tor Bella Monaca (ripristino alveo), del Torrente Acquatraversa (realizzazione cassa di espansione) di manutenzione straordinaria del corpo arginale e di ripristino dell'officiosità idraulica dell'alveo del fiume Tevere nel tratto compreso tra Pone Marconi e la foce) per complessivi 2.063.707 Euro.
- Investimenti per complessivi 343 milioni di euro per la riduzione delle perdite idriche su tutto il perimetro dell'ATO2, comprensivi dei fondi PNRR, per il periodo 2023-2028.
- Investimenti per circa 180 milioni di euro per la realizzazione di interventi di adeguamento dei collettori fognari, manutenzione e riqualificazione delle caditoie, di forestazione urbana, realizzazione di nuovi Parchi lungo il Fiume Tevere e a Ostia, di progetti di adattamento climatico nell'ambito del programma sperimentale del MASE, di interventi di riqualificazione di piazze con obiettivi di adattamento climatico, con finanziamenti nell'ambito del Giubileo 2025, del PNRR, da risorse nazionali e dell'amministrazione comunale.

Misure non finanziate di cui si dispone di una stima dei costi

L'Autorità di bacino ha individuato il quadro degli interventi prioritari per la messa in sicurezza e la riduzione del rischio idrogeologico nel territorio di Roma, di seguito dettagliata, che prevede una spesa complessiva di circa 840 milioni di Euro. Per questi interventi la procedura per l'accesso alle risorse prevede l'inserimento, secondo la priorità e urgenza di intervento, nel programma triennale degli interventi da parte dell'Autorità di Bacino e il finanziamento da parte dei Ministeri competenti e della Regione Lazio.

Interventi per la mitigazione del rischio di esondazione del fiume Tevere a Roma

Stima redatta dall'Autorità di Bacino per il programma triennale degli interventi, per complessivi 590 milioni di euro:

- Fiume Tevere tratto Orte - Castel Giubileo: Interventi strutturali per laminazione e la regolazione delle portate (31,465,000 €);
- Fiume Tevere zona Settebagni - Castel Giubileo: arginature, casse di espansione (88,000,000

€);

- Fiume Tevere area urbana: opere di mitigazione, muri in CA, panconature metalliche amovibili Ponte Flaminio (88,000,000 €);
- Fiume Tevere tratto Ponte Marconi – foce: manutenzione straordinaria del corpo arginale e di ripristino dell'officiosità idraulica dell'alveo (30,000,000 €);
- Fiume Paglia: realizzazione del sistema di gestione delle acque a scopi multipli 1° lotto funzionale (183,000,000 €);
- Fiume Paglia: realizzazione del sistema di gestione delle acque a scopi multipli 2° lotto funzionale (170,000,000 €).

Interventi per la mitigazione del rischio idraulico del reticolo secondario affluente del fiume Tevere

Stima redatta dall'Autorità di Bacino per programma triennale degli interventi, per complessivi 82 milioni di euro:

- Prima Porta: manutenzione impianti idrovori comprensorio idraulico (1,000,000 €);
- Fosso di Vallerano: messa in sicurezza idraulica della zona urbana del torrino (9,454,550 €);
- Fosso di Vallerano: opere di mitigazione, arginature, sovrizzo arginale, risagomatura d'alveo, cassa di espansione (19,000,000 €);
- Fosso della Caffarella: realizzazione cassa di espansione (5,511,578 €);
- Fosso di Pratolungo: completamento lavori di ripristino dell'officiosità idraulica, manutenzione straordinaria dell'alveo e opere di accumulo e laminazione delle piene (3,257,000 €);
- Torrente Valchetta: opere varie (600,000 €);
- Fosso di Tor Bella Monaca: ripristino alveo (6,250,000 €);
- Torrente Acquatraversa: realizzazione cassa di espansione (5,350,000 €);
- Torrente Acquatraversa: interventi vari (12,640,000 €);
- Rio Galeria: interventi di mitigazione del rischio (7,865,000 €);
- Fosso di San Vittorino – fiume Aniene: interventi vari (10,801,055 €);

Interventi per la mitigazione del rischio idraulico nelle zone di bonifica

Stima redatta dal Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi Roma Tre per l'intervento di assoluta priorità relativo alla cassa di espansione sul Canale Palocco ed al tratto di arginatura del Canale Palocco stesso a monte della cassa: 150 milioni di €.

Stima redatta dall'Autorità di Bacino per programma triennale degli interventi, per complessivi 131 milioni di euro:

- Lavori di sistemazione idraulica canali Bagnolo e Pantano 2° lotto (11,000,000 €);
- Interventi per la mitigazione del rischio idraulico nell'area Roma Sud da quadro Consorzio Bonifica Litorale Nord - Priorità 1A, Canale Palocco fino a cassa compresa (7,830,000 €);
- Interventi per la mitigazione del rischio idraulico nell'area Roma Sud da quadro Consorzio Bonifica Litorale Nord - Priorità 1, Palocco dopo cassa, Madonnetta, Influenti C M M0, Canale Pantano, Canale Dragoncello valle Ostiense (34,194,919€);
- Creazione di una zona umida e gestione sperimentale Collettore Generale delle Acque Basse

- (1,830,000 €);
- Lavori di adeguamento arginature e attraversamenti del Canale Palocco a valle della via C. Colombo (8,610,000 €);
 - Realizzazione cassa di espansione madonnetta in destra idraulica del Canale Palocco e della paratoia controllo deflussi (25,000,000 €);
 - Canale Bagnolo e rete canali di bonifica nel X Municipio (12,972,489 €);
 - Interventi per la mitigazione del rischio idraulico nell'area Roma Sud da quadro Consorzio Bonifica Litorale Nord - Priorità 2, Influenti E ed L, Canale Dragoncello monte Ostiense, Canale Casali, Canale della Lingua, Influento B Dragoncello (29,654,926 €).

Interventi per la messa in sicurezza delle 26 situazioni prioritarie a rischio frana

Stima dal sistema ReNDIS (Repertorio Nazionale degli interventi per la Difesa del Suolo gestito da ISPRA per conto del Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica) preliminare del fabbisogno economico complessivo per l'intervento nelle 26 situazioni a rischio frana è di 40 milioni di €.

Occorre considerare, in aggiunta a questo quadro, la spesa necessaria per gli interventi di manutenzione ordinaria del reticolo idraulico principale, in particolare i fiumi Tevere e Aniene, nonché quelli di miglioramento della rete di drenaggio urbano, di manutenzione ordinaria del reticolo idraulico secondario e affluenti, di manutenzione ordinaria del sistema di canali, opere di bonifica e impianti, con competenze diverse.

Misure che riguardano la rete idrica finanziate in tariffa

Gli interventi previsti di riduzione delle perdite del sistema acquedottistico, di completamento dell'allaccio alla rete di depurazione delle utenze ancora sprovviste, di adeguamento dei depuratori possono rientrare nella programmazione dell'Egato e essere coperti come finanziamento attraverso le tariffe idriche, con una realizzazione a carico di Acea Ato2.

Misure che riguardano la rete idrica non finanziate in tariffa

Attualmente non è prevista la copertura attraverso la tariffa delle spese per gli interventi di realizzazione di infrastrutture di adduzione e distribuzione delle acque provenienti da depuratori con l'obiettivo di valorizzarne l'utilizzo per tutti gli usi compatibili. Per questi interventi è necessario elaborare degli studi che motivino i vantaggi per il servizio idrico integrato dell'utilizzo dell'acqua di depurazione e aprire un'interlocuzione con ARERA che nelle più recenti delibere ha aperto al riconoscimento in tariffa per sperimentazioni che vanno nella direzione di un più efficiente utilizzo delle risorse idriche. L'EGATO dovrà elaborare uno studio con una stima di costi per la realizzazione di collegamenti ai depuratori per gli usi compatibili, a partire dall'irrigazione di parchi e giardini, per i fabbisogni industriali, per la pulizia strade e gli usi agricoli.

Misure di cui è necessario completare studi e stima della spesa

La strategia prevede diverse misure che presuppongono l'elaborazione di piani, programmi e studi di cui vengono individuate le competenze e che porteranno a una stima dei costi per il necessario finanziamento:

- Sperimentazione di interventi per favorire l'infiltrazione delle acque meteoriche in eccesso verso le falde, l'utilizzo dell'acqua dei pozzi per l'irrigazione dei parchi pubblici.
- Sperimentazione di modelli innovativi di gestione integrata delle risorse idriche nei distretti produttivi e nelle aree agricole attraverso modelli più efficienti di recupero, riuso, riciclo.
- Realizzazione di interventi che interessano lo spazio pubblico e gli edifici, a partire dalle scuole, per ridurre l'effetto isola di calore, individuati dal piano di intervento per l'adattamento alle ondate di calore delle aree urbane a maggior rischio durante le ore diurne e notturne.
- Realizzazione di interventi che interessano i quartieri a maggior rischio Flash Floods, per favorire il deflusso, aumentare la permeabilità dei suoli, la presenza di alberature e spazi verdi.
- Realizzazione di interventi di forestazione e di messa a dimora di alberature stradali a partire dalle aree più vulnerabili alle ondate di calore e per il rafforzamento delle connessioni ecologiche, individuati dal piano della rete ecologica e della biodiversità della città metropolitana
- Creazione di una rete di invasi per la raccolta di acque meteoriche e il loro utilizzo da parte delle aziende agricole e negli orti urbani
- Estensione della rete di fontanelle di acqua potabile nelle piazze e spazi pubblici sprovvisti a partire dalle aree a maggior rischio durante le ondate di calore.
- Creazione di un sistema integrato di monitoraggio delle temperature diffuso nel territorio comunale che integri i rilevamenti esistenti con nuove centraline nelle aree dove maggiore è l'effetto isola di calore urbana
- Realizzazione di interventi di difesa dei litorali e degli abitati costieri, di estensione del sistema dunale costiero e di contrasto alla risalita del cuneo salino, individuati dal Piano di difesa e gestione delle Coste.

5

**Il processo di piano
per l'adattamento
di Roma Capitale**

5 Il processo di piano per l'adattamento di Roma Capitale

L'adattamento climatico è un processo che coinvolge un ampio numero di soggetti istituzionali, economici e sociali, che chiama in causa le diverse strutture interne all'amministrazione e ai Municipi, comporta la definizione di accordi con Città Metropolitana, Regione e Governo, Autorità distrettuale di Bacino per aggiornare piani e politiche, individuare misure e risorse.

La scelta del Comune è di fare della **strategia lo strumento di riferimento e guida del processo**, dove si condividono priorità e obiettivi di un lavoro che deve procedere in parallelo sui temi e assieme ai soggetti che ne sono responsabili, che si attua attraverso diversi percorsi e che periodicamente sarà monitorato e aggiornato.

Proprio perché gli scenari dei prossimi anni potranno avere caratteri diversi, mutare dentro un quadro che gli scienziati definiscono di incertezza si dovrà porre grande attenzione a come piani, programmi e interventi di adattamento nel tempo potranno e dovranno cambiare, e dunque essere affrontati con la necessaria **flessibilità**, per essere pronti a migliorare e rivedere le scelte per ridurre i rischi per le persone e gli spazi pubblici.

Per queste ragioni la fase di consultazione sulla proposta di strategia è particolarmente importante. Occorre infatti far conoscere il quadro aggiornato delle analisi sui rischi e sulle vulnerabilità del territorio, far comprendere la portata delle sfide che la città si trova di fronte, aprire un confronto sulle priorità individuate, entrare nel merito degli obiettivi e delle misure previste. Solo in questo modo sarà infatti possibile arrivare a condividere un percorso che consenta di accelerare la realizzazione degli interventi più urgenti di prevenzione per ridurre gli impatti e farsi trovare pronti con sistemi di allerta e di pronto intervento per salvare la vita delle persone, mentre in parallelo si migliorano i sistemi predittivi, le analisi e i monitoraggio per comprendere la porta dei fenomeni in corso e i cambiamenti di intensità e frequenza, si mette mano a politiche strutturali di adattamento a questi nuovi scenari..

Sulla proposta di Strategia, dopo l'adozione in Giunta, si apre un percorso di consultazione pubblica che durerà fino ad Aprile 2024 con l'obiettivo di concludere il percorso di revisione e arrivare alla definitiva approvazione in Assemblea capitolina entro l'estate.

Gli obiettivi di questa fase di informazione e partecipazione sono in particolare tre.

Il primo è di comunicazione ai **cittadini** del lavoro che si intende portare avanti su un tema così importante, di grande attualità e che responsabilizza ognuno rispetto ai propri comportamenti e alla necessità di prestare attenzione al possibile rischio che si potrebbe correre.

Il secondo è di confronto e **approfondimento scientifico** delle diverse questioni che dal quadro conoscitivo vengono fuori, per coinvolgere competenze e individuare campi di ricerca e sperimentazione che possono non solo arricchire, migliorare o rivedere la strategia ma soprattutto

aprire percorsi di lavoro nel portare avanti gli obiettivi di adattamento nei diversi ambiti.

Infine, si vuole aprire diversi tavoli di lavoro con i **portatori di interesse (stakeholder)** fondamentali per portare avanti le politiche climatiche e dove si tengono assieme adattamento e mitigazione, in un percorso che accompagnerà la strategia nel suo orizzonte al 2030.

Il percorso di consultazione e informazione sulla proposta di Strategia viaggerà dunque su binari paralleli, perché diversi e molteplici sono i soggetti da coinvolgere.

IL CONFRONTO ISTITUZIONALE E LA GOVERNANCE

Il primo ambito di confronto sulla proposta di Strategia e per la sua implementazione nel tempo è quello **istituzionale**. Sono infatti articolate le competenze e i ruoli che rispetto ai diversi aspetti e temi svolgono il Governo, l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale, la Regione Lazio, la Città Metropolitana, i Municipi. Occorre inoltre considerare che il percorso di attuazione di molti degli obiettivi fissati nella strategia dovrà avvenire attraverso la redazione e approvazione di piani specifici, la revisione di strumenti di programmazione, con procedure di finanziamento di progetti e interventi che il più delle volte non sono di competenza di Roma Capitale. Dunque, la condivisione del percorso, degli obiettivi e delle priorità sarà fondamentale per rendere efficace la governance e accelerare le diverse fasi di selezione, progettazione e realizzazione degli interventi di adattamento.

Il percorso della Strategia deve puntare a rafforzare il confronto e la **sinergia con piani e programmi** che intervengono nel territorio. Infatti, il campo delle misure di adattamento non è un ambito nuovo di intervento che si somma a quelli di conservazione della natura e tutela idrogeologica, di riqualificazione urbana e rinnovo infrastrutturale ma, al contrario, è una chiave per ripensare obiettivi e priorità, approcci ai problemi.

In particolare, con il **Governo** l'ambito del confronto sulle priorità e sugli interventi da realizzare sarà il **Piano nazionale di adattamento climatico**, approvato il 21 Dicembre 2023. **Con l'Autorità distrettuale di bacino dell'Appennino centrale** si dovranno approfondire le misure nell'ambito della **programmazione triennale degli interventi** che vede un ruolo centrale del Governo, attraverso il MASE e il MIT, e della Regione Lazio, per il finanziamento. Con la **Regione Lazio**, a cui spetta la potestà legislativa in materia, si dovrà affrontare il tema della governance rispetto alle competenze, oggi articolate, rispetto alla manutenzione dei corsi d'acqua secondari e alla relativa copertura dei costi. Con **la città metropolitana** andrà affrontato il tema del coordinamento e indirizzo strategico degli interventi dei Comuni di forestazione e di adattamento del litorale costiero.

La governance interna all'amministrazione del processo sarà rafforzata per rendere chiaro il percorso di attuazione delle misure e l'integrazione delle politiche di adattamento e mitigazione climatiche attraverso la creazione di un **gruppo di lavoro coordinato dall'Ufficio Clima presso il Gabinetto del Sindaco, con il coinvolgimento dei diversi dipartimenti**, come previsto dalla Memoria di Giunta Capitolina n. 74/2023. Inoltre, per portare avanti gli obiettivi si vuole rafforzato **il lavoro con le aziende controllate** per condividere le priorità e coordinare gli interventi, con quelle che gestiscono le reti infrastrutturali, e saranno organizzati moduli di **formazione** per aggiornare le competenze dei tecnici dell'amministrazione.

IL COINVOLGIMENTO DEGLI STAKEHOLDER

La percezione del cambiamento climatico, la preoccupazione per l'intensificazione degli impatti è oggi diffusa tra i cittadini. Per questo l'informazione rispetto al processo che si apre con la Strategia è di grande importanza, per far conoscere il quadro conoscitivo sui rischi e le vulnerabilità, gli scenari e le misure proposte per rafforzare la sicurezza e riqualificare gli spazi della città, condividendo il percorso per informare e responsabilizzare i cittadini, coinvolgere le organizzazioni e gli attori sociali ed economici nel portare avanti obiettivi e impegni.

Osservazioni da parte di cittadini, associazioni, gruppi di interesse

La proposta di strategia sarà pubblicata sul sito di Roma Capitale e tutti i cittadini potranno inviare fino al **30 aprile 2024** osservazioni, proposte, richieste di chiarimenti, all'indirizzo email:

pianoclima@comune.roma.it

Conferenze e workshop tematici

Per approfondire le analisi, le priorità e le misure previste dalla strategia saranno organizzati appuntamenti di confronto e approfondimento che vedranno la partecipazione dei ricercatori che hanno lavorato alla parte conoscitiva della Strategia, di tecnici di Roma Capitale, di associazioni, gruppi di interesse e cittadini. Saranno organizzati i seguenti appuntamenti, a cui si aggiungeranno quelli nei Municipi e altri sulla base delle interlocuzioni con gli stakeholder:

Conferenze sulle priorità individuate dalla strategia

- **Rafforzare la resilienza nei confronti di piogge intense e alluvioni**
8 febbraio 2024, ore 15-19
Bioparco di Roma, Sala Lecci, Ingresso pedonale Via Aldovrandi angolo Viale Rossini
- **Ridurre le perdite, rafforzare il recupero e riuso delle acque depurate e meteoriche, garantire la sicurezza degli approvvigionamenti**
27 febbraio 2024, ore 15-19
Rappresentanza del Parlamento Europeo, "Esperienza Europa – David Sassoli", Piazza Venezia 6
- **Adattare la città alle ondate di calore e all'aumento delle temperature**
13 Marzo 2024, ore 15-19
Palazzo Valentini, Aula del Consiglio della Città Metropolitana, Via IV Novembre 119a
- **Ridurre gli impatti sul litorale**
17 Aprile 2024, ore 15-19
Università Roma Tre, Ostia, Aula magna nuovo polo universitario, via Leopoldo Ori

Workshop tematici

- **L'economia di Roma in uno scenario di climate change**
Impatti sui sistemi economici, produttivi, sulle disuguaglianze
21 febbraio 2024, ore 15-19
Università La Sapienza, Piazzale Aldo Moro 5.
- **Il centro storico di Roma con 40 gradi: le sfide per la vivibilità e attrattività turistica**

22 Marzo 2024, ore 10-13.30

Facoltà di architettura, Piazza Borghese 9

- **Biodiversità e aree protette per la mitigazione e l'adattamento alla crisi climatica**

11 Aprile 2024, ore 15-19

Orto botanico, Largo Cristina di Svezia 23

Tavoli di confronto con gli stakeholder su adattamento e mitigazione climatica

Sulla proposta di Strategia di adattamento climatico saranno organizzate riunioni con le tante e articolate "parti interessate" (stakeholder) per aprire un confronto sulle analisi e le misure, approfondire progetti e interventi, coinvolgere i diversi attori nell'attuazione. I tavoli tematici accompagneranno tutto il percorso della strategia e continueranno oltre l'approvazione della proposta, riguarderanno anche le azioni di mitigazione climatica nell'ambito del percorso di attuazione del PAESC (Piano di azione per l'energia sostenibile e il clima) approvato il 14 Novembre 2023 dall'assemblea capitolina e di redazione del *Climate City Contract* previsto dalla Mission "100 carbon-neutral and smart cities by 2030" della Commissione europea.

I tavoli saranno organizzati con:

- Organizzazioni di imprese
- Conferenza agricola cittadina
- Stati generali del verde
- Associazioni ambientaliste, del Terzo Settore, Sindacati
- Enti di ricerca e università
- Aziende delle reti infrastrutturali, energetiche, tecnologiche.

Sarà elaborata e aggiornata, in collaborazione con il Dipartimento Partecipazione, una **mappatura degli stakeholder**, in modo da individuare gli attori da coinvolgere nel processo di consultazione (parti sociali, gruppi di interesse, organizzazioni della società civile, cittadini, ecc.) e negli incontri tematici.

Per dare continuità al lavoro sarà creato **un portale internet sul clima** di Roma Capitale, dove piani, programmi, progetti e iniziative, analisi e monitoraggio in materia di adattamento e mitigazione saranno accessibili e aggiornati periodicamente.

Il processo di consultazione pubblica ha come obiettivo di attivare e coinvolgere le comunità locali e gli stakeholder in un confronto che vuole aumentare l'informazione diffusa e la sensibilità sul cambiamento climatico. Inoltre, si vuole far comprendere i rischi per le persone a partire dalle aree prioritarie e conoscere sia gli interventi di prevenzione necessari che i comportamenti responsabili che riducono gli impatti e incidono sulla vulnerabilità. Questo lavoro è stato avviato con il progetto Agora in un workshop organizzato a Novembre 2023 che ha coinvolto stakeholders rilevanti della città di Roma appartenenti a diversi settori per un approccio multidisciplinare al tema. Lo scopo di questo incontro era di iniziare l'attività di identificazione e valutazione degli elementi vulnerabili e dei bisogni legati alla capacità adattativa in vari settori della città di Roma. In particolare, il workshop ha riguardato l'analisi delle vulnerabilità e i dei bisogni nei settori di acqua, biodiversità, agricoltura, ecosistemi marini, società, salute, patrimonio culturale, reti e infrastrutture, e insediamenti urbani.

Diversi Elementi multisettoriali sono stati evidenziati, tra questi la necessità di una gestione di spazi dismessi o non utilizzati, incremento delle aree verdi, la necessità di rafforzamento del collegamento delle reti esistenti di associazioni locali⁵.

Nel percorso di attuazione della Strategia si vuole coinvolgere gli stakeholder anche con un ruolo attivo nell'azione e nel monitoraggio delle azioni previste, allo scopo di rendere cittadini e gruppi locali e di interesse direttamente responsabili nella riduzione del rischio per le attività e negli spazi in cui lavorano e vivono. In modo da realizzare interventi di adattamento che riescano a tenere conto delle esigenze di funzionalità e di sicurezza, oltre che di qualità e vivibilità degli spazi, di riduzione dei costi di manutenzione e favorire così il rafforzamento di comunità resilienti attraverso l'informazione, la conoscenza e la sensibilizzazione sulle problematiche affrontate e sulle possibili soluzioni. Nelle fasi di attuazione della strategia si vuole infatti realizzare percorsi partecipativi rispetto alle scelte progettuali e al tipo di soluzioni da adottare, anche in forme di co-progettazione. Il processo vedrà il supporto di azioni di comunicazione, formazione e informazione, con la finalità di creare reti tra i soggetti locali e progetti condivisi che riescano a rafforzare l'efficacia e l'implementazione delle misure della strategia, promuovendo una maggiore consapevolezza nei diversi soggetti della propria capacità di azione e del ruolo che possono svolgere rispetto al processo di adattamento, e dunque a facilitare un cambio dei comportamenti verso modelli più sostenibili e responsabili.

Il monitoraggio della strategia e l'implementazione delle azioni

Le misure di adattamento individuate hanno come orizzonte temporale il 2030 per la loro realizzazione o, a seconda dei casi, messa in esercizio, progettazione e finanziamento, approvazione. Il monitoraggio è una componente fondamentale del processo di adattamento per verificare l'implementazione delle azioni e il raggiungimento degli obiettivi.

La strategia prevede un monitoraggio con la presentazione di analisi dello stato di attuazione delle misure con cadenza biennale – nel 2026, 2028, 2030 – per monitorarne **l'attuazione**, per verificare che quanto deciso sia stato portato avanti, e l'altro sulle variabili climatiche e ambientali, per comprendere gli **effetti** e i **cambiamenti** in corso e intervenire per **adeguare, implementare, ridefinire le azioni selezionate**.

Sarà definito un programma di monitoraggio attraverso indicatori che permettano di comprendere l'evoluzione in corso rispetto alle azioni previste dalla strategia e alle priorità individuate.

Il **programma di monitoraggio** evidenzierà:

- 1) Aggiornamento periodico dei rilevamenti sulle temperature, le precipitazioni, l'inquinamento attraverso **indicatori climatici** per comprendere l'evoluzione nel tempo dei fenomeni.
- 2) Lo stato di avanzamento dell'attuazione della Strategia, attraverso **indicatori di realizzazione** per ciascuna azione, laddove possibile, correlati alle attività previste.
- 3) La verifica del **finanziamento delle misure** e l'individuazione di programmi di accesso alle risorse.

⁵ <https://adaptationagora.eu/newsevents/>

Appendice

APPENDICE

APPENDICE 1.2 VALUTAZIONE DEGLI SCENARI FUTURI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO

Giuliana Barbato, Paola Mercogliano, Alessandro Pugliese, Giuseppe Giugliano, Alfredo Reder, Marta Ellena (Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici Divisione REMHI)



Allegato 1: Lista delle simulazioni climatiche adottate

Tabella A1: Lista delle simulazioni climatiche adottate (modello climatico globale, modello climatico regionale, realizzazione).

Modello climatico globale	Modello Climatico Regionale	Realizzazione*
HadGEM2-ES (MOHC)	RCA4 (SMHI)	r1i1p1
EC-EARTH ICHEC (ICHEC)	RCA4 (SMHI)	r12i1p1
NorESM1-M (NCC)	RCA4 (SMHI)	r1i1p1
MPI-ESM-LR (MPI)	RCA4 (SMHI)	r1i1p1
EC-EARTH ICHEC (ICHEC)	CLM4-8-17 (CLMcom)	r12i1p1
MPI-ESM-LR (MPI)	REMO2009 (MPI-CSC)	r1i1p1
MPI-ESM-LR (MPI)	REMO2009 (MPI-CSC)	r2i1p1
NorESM1-M (NCC)	REMO2015 (GERICS)	r1i1p1
HadGEM2-ES (MOHC)	RACMO22E (KNMI)	r1i1p1
EC-EARTH ICHEC (ICHEC)	RACMO22E (KNMI)	r12i1p1
M-CM5 (CNRM-CERFACS-CM5)	RACMO22E (KNMI)	r1i1p1
HadGEM2-ES (MOHC)	HIRHAM5 (DMI)	r1i1p1
EC-EARTH ICHEC (ICHEC)	HIRHAM5 (DMI)	r3i1p1
M-CM5 (CNRM-CERFACS-CM5)	ALADIN63 (CNRM)	r1i1p1

*La realizzazione r<N>i<N>p<N> viene utilizzata per distinguere simulazioni strettamente correlate che differiscono, ad esempio, per condizioni iniziali o parametrizzazioni fisiche.

Allegato 2: Lista degli indicatori climatici adottati per l'analisi della variabilità climatica attesa

Tabella A2: Lista degli indicatori climatici adottati per l'analisi della variabilità climatica effettuata nel presente lavoro.

Indicatore [English version] (unità di misura)	Descrizione	Pericolo climatico rappresentato	Settore
TG Temperatura media giornaliera [Mean temperature] (°C)	Media della temperatura giornaliera	Aumento delle temperature	Generale
WD Giorni caldi e secchi [Warm&Dry days] (giorni [days])	Numero di giorni con temperatura media giornaliera maggiore del 75° percentile della temperatura giornaliera, e con precipitazione giornaliera minore del 25° percentile di precipitazione giornaliera	Impatti su Salute, Agricoltura, Infrastrutture	Salute, Agricoltura
WW Giorni caldi e umidi [Warm&Wet days] (giorni [days])	Numero di giorni con temperatura media giornaliera maggiore del 75° percentile della temperatura giornaliera, e con precipitazione giornaliera maggiore del 25° percentile di precipitazione giornaliera		
HDDs Gradi/giorno di riscaldamento [Heating Degree Days] (GG [DD])	Somma di 18°C meno la temperatura media giornaliera, se la temperatura media giornaliera è minore di 15°C	Impatti sulla domanda di energia per riscaldamento e raffreddamento	Energia
CDDs Gradi/giorno di raffrescamento [Cooling Degree Days] (GG [DD])	Somma della temperatura media giornaliera meno 21°C se la temperatura media giornaliera è maggiore di 24°C	Impatti sulla domanda di energia per riscaldamento e raffreddamento	Energia

<i>PRCPTOT</i> <i>Precipitazione cumulata nei giorni piovosi [Cumulative precipitation in wet days] (mm)</i>	<i>Somma della precipitazione giornaliera per i giorni con precipitazione giornaliera maggiore o uguale a 1 mm</i>	<i>Dissesto geo-idrologico</i>	<i>Vari settori in quanto il dissesto geo-idrologico costituisce un pericolo che interessa la maggior parte dei settori, ognuno con diverso grado di esposizione</i>
<i>R20</i> <i>Giorni con precipitazione intensa [Days with intense precipitation] (giorni [days])</i>	<i>Numero di giorni in cui la precipitazione giornaliera supera i 20 mm</i>		
<i>RX1DAY</i> <i>Massimo di precipitazione giornaliera [Annual maximum daily precipitation] (mm)</i>	<i>Valore massimo di precipitazione giornaliera per i giorni con precipitazione giornaliera maggiore o uguale a 1 mm</i>		
<i>PR95PRCTILE</i> <i>95° percentile di precipitazione giornaliera [99th percentile of daily precipitation] (mm)</i>	<i>Valore di precipitazione giornaliera associato ad un livello di probabilità di non superamento del 95%, estratto dal campione di valori di precipitazione giornaliera maggiori o uguali a 1 mm</i>		
<i>PR99PRCTILE</i> <i>99° percentile di precipitazione giornaliera [95th percentile of daily precipitation] (mm)</i>	<i>Valore di precipitazione giornaliera associato ad un livello di probabilità di non superamento del 99%, estratto dal campione di valori di precipitazione giornaliera maggiori o uguali a 1 mm</i>		
<i>SDII</i> <i>Indice di intensità di precipitazione giornaliera [Simple Daily precipitation Intensity Index] (mm/giorno [mm/day])</i>	<i>Somma della precipitazione giornaliera divisa per il numero di giorni</i> <i>In cui la precipitazione giornaliera è maggiore o uguale a 1 mm</i>		

<i>CDD</i> <i>Giorni secchi consecutivi [Consecutive Dry Days] (giorni [days])</i>	<i>Numero massimo di giorni consecutivi con precipitazione giornaliera minore di 1 mm</i>	<i>Siccità</i>	<i>Produzioni agricole, Risorse Idriche ed Ecosistemi terrestri</i>
<i>SPI</i> <i>Indice standard di precipitazione [Standardized Precipitation Index] per periodi di accumulazione di 3, 6, 12 e 24 mesi (-)</i>	<i>Distanza (espressa in numero di deviazioni standard) rispetto alla media della precipitazione cumulata su un periodo di accumulazione breve (3 mesi), medio (6, 12 mesi) e lungo (24 mesi)*</i>		
<i>PET</i> <i>Evapotraspirazione potenziale [Potential Evapo-Transpiration] (mm)</i>	<i>Evapotraspirazione potenziale mensile calcolata secondo la formula di Thornthwaite</i>		
<i>CSDI</i> <i>Indice di durata dei periodi di freddo [Cold Spell Duration Index] (giorni [days])</i>	<i>Numero di giorni in cui la temperatura minima giornaliera è inferiore al 10° percentile della temperatura minima giornaliera per almeno 6 giorni consecutivi</i>	<i>Ondate di freddo</i>	<i>Salute, Energia</i>
<i>FD</i> <i>Giorni di gelo [Frost Days] (giorni [days])</i>	<i>Numero di giorni in cui la temperatura minima giornaliera è inferiore a 0°C</i>		
<i>WSDI</i> <i>Indice di durata dei periodi di caldo [Warm Spell Duration Index] (giorni [days])</i>	<i>Misura del calore percepito che risulta dall'effetto combinato dell'umidità e della temperatura. Categoria 5: numero di giorni in cui l'indice HUMIDEX è maggiore di 45°C</i>	<i>Ondate di caldo</i>	<i>Salute, Energia</i>

HUMIDEX4 <i>Indice di disagio termico [Thermal discomfort index] (giorni [days])</i>	<i>Misura del calore percepito che risulta dall'effetto combinato dell'umidità e della temperatura. Categoria 4: numero di giorni in cui l'indice HUMIDEX è tra 40°C e 45°C.</i>	Disagio termico	Salute
HUMIDEX5 <i>Indice di disagio termico [Thermal discomfort index] (giorni [days])</i>	<i>Misura del calore percepito che risulta dall'effetto combinato dell'umidità e della temperatura. Categoria 5: numero di giorni in cui l'indice HUMIDEX è maggiore di 45°C</i>		
SU95p <i>Giorni estivi [Summer Days] (giorni [days])</i>	<i>Numero di giorni con temperatura massima giornaliera maggiore di 29.2°C. Tale soglia è stata definita per il territorio italiano (PNACC)</i>		
TR <i>Notti tropicali [TRopical nights] (giorni [days])</i>	<i>Numero di giorni con temperatura minima giornaliera superiore a 20°C</i>		
HW <i>Ondate di caldo [Hot Waves] (giorni [days])</i>	<i>Numero di giorni con temperatura massima giornaliera maggiore di 35°C.</i>		
HWN <i>Numero di ondate di caldo [yearly number of heat waves] (-)</i>	<i>Numero di ondate di caldo avvenute durante l'anno.</i>		
EWS <i>Velocità estrema del vento [Extreme Wind Speed] (m/s)</i>	<i>98° percentile della velocità massima giornaliera del vento</i>	Tempeste di vento	Insediamenti, Foreste
FWI <i>Indice di pericolo incendi [Fire Weather Index] (-)</i>	<i>È un indice basato su informazioni meteorologiche che si compone di 3 sottoindici primari (che rappresentano l'umidità del combustibile) e 2 intermedi (che rappresentano il tasso di dispersione ed il consumo del combustibile disponibile**</i>	Incendi	Foreste, Ecosistemi terrestri, Insediamenti

*A partire da SPI, la variabile di cui è calcolata la variazione climatica è il numero di eventi di siccità per diversi gradi di severità. L'evento di siccità ha inizio, in generale, quando SPI scende sotto una soglia limite e ha fine quando risale sopra la soglia. L'indicatore rappresenta la percentuale di eventi, sul totale degli eventi di siccità nel trentennio, classificati come "molto asciutti [severe dry]" e "estremamente asciutti [extreme dry]" a seconda dei valori raggiunti da SPI durante l'evento.

**<https://climate.copernicus.eu/fire-weather-index>.

Allegato 3: Sintesi in forma tabellare dei risultati ottenuti in termini di ensemble (EM) e deviazione standard (DS) considerando le simulazioni EURO-CORDEX

Nella Tabella A3.1, le celle contenenti le variazioni sono colorate con una palette dal rosso (che corrisponde ad un aumento della temperatura e/o a una riduzione della precipitazione) al blu (che corrisponde ad una diminuzione della temperatura e/o a un aumento della precipitazione), in cui la posizione centrale è occupata dal bianco, che identifica una variazione pari a zero (nessuna variazione attesa in futuro).

Tabella A3.1: Sintesi delle variazioni annue (ensemble mean e deviazione standard) attese su tutti gli indicatori considerati per il periodo 2036-2065, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, per gli scenari RCP2.6, RCP4.5 e RCP8.5. Valori mediati sull'intero territorio.

Acronimo indicatore	Unità di misura indicatore	Unità di misura var. climatica	Variazione climatica 2036-2065 vs 1981-2010 (set modelli EURO-CORDEX)					
			RCP2.6	DS RCP2.6	RCP4.5	DS RCP4.5	RCP8.5	DS RCP8.5
TG	°C	°C	4,1	0,3	4,5	0,3	4,9	0,3
WD	giorni	giorni	24	12	16	15	45	18
WW	giorni	giorni	17	7	22	6	27	6
HDD5	GG	GG	-238	58	-309	44	-409	54
CDD5	GG	GG	112	67	178	75	219	100
PRECPTOT	mm	%	4	6	-2	6	-1	6
R20	giorni	giorni	1	1	0	1	0	1
R01DAY	mm	%	8	10	6	9	11	12
R03DAY	mm	%	7	9	5	7	7	11
PR05PCTILE	mm	%	5	6	4	5	7	5
PR08PCTILE	mm	%	6	9	7	6	10	10
SDI	%	%	5	4	5	4	5	4
CDD	giorni	giorni	1	4	3	3	2	3
SP13 classe siccità estrema	%	%	1	1	2	2	2	1
SP13 classe siccità severa	%	%	0	1	0	1	0	1
SP16 classe siccità estrema	%	%	1	2	2	2	2	2
SP16 classe siccità severa	%	%	0	2	0	2	1	2
SP112 classe siccità estrema	%	%	0	2	2	3	2	4
SP112 classe siccità severa	%	%	-1	3	1	3	1	2
SP124 classe siccità estrema	%	%	1	5	3	4	4	6
SP124 classe siccità severa	%	%	0	4	2	4	1	3
PET	mm	%	6	2	9	2	12	3
CSI	giorni	giorni	-2	1	-3	1	-4	1
RD	giorni	giorni	-7	4	-9	5	-12	7
WSDI	giorni	giorni	22	14	14	15	48	17
HUMIDEX5	giorni	giorni	7	7	12	9	14	11
HUMIDEX4	giorni	giorni	8	4	10	4	12	4
SU95P	giorni	giorni	13	7	21	5	25	8
TR	giorni	giorni	14	9	22	10	28	14
HW	giorni	giorni	6	4	10	6	12	8
HWN	%	%	125	65	186	57	243	62
SCD	giorni	giorni	0	0	0	0	0	0
EWS	m/s	%	0	1	0	1	0	1
PAVI		%	9	7	17	6	18	5

La Tabella A3.2 riassume le variazioni attese a scala stagionale in termini di *ensemble mean*. Sono esclusi quegli indicatori la cui definizione contiene già un'indicazione della stagione di riferimento o non consente l'applicazione sulla scala più risolta dell'anno (indicatori basati su SPI). Le celle contenenti i valori di *ensemble mean* sono campiti in modo del tutto analogo ai valori in Tabella A3.1. Rispetto a quest'ultima, la Tabella A3.2 mette in evidenza l'effetto della stagionalità, e anche come si risenta diversamente di tale effetto sotto i diversi scenari.

Tabella A3.2: Sintesi delle variazioni stagionali (ensemble mean) attese su tutti gli indicatori considerati per il periodo 2036-2065, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, per gli scenari RCP2.6, RCP4.5 e RCP8.5. Valori mediati sull'intero territorio.

Acronimo Indicatore	Unità di misura dell'indicatore	Unità di misura della variazione climatica	Variazione climatica 2036-2065 vs 1981-2010 [set modelli EURO-CORDEX]											
			RCP2.6				RCP4.5				RCP8.5			
			DIF	MAM	JJA	SON	DIF	MAM	JJA	SON	DIF	MAM	JJA	SON
TG	°C	°C	0,8	0,8	1,2	1,3	1,4	1,1	2	1,7	1,7	1,8	1,8	2,8
WD	giorni	giorni	1	3	10	7	3	8	17	8	3	9	22	12
WW	giorni	giorni	4	2	3	3	3	3	8	3	3	3	4	6
HDDs	GG	GG	-87	-74	-5	-75	-129	-89	-4	-88	-188	-128	-4	-119
CDDs	GG	GG	0	1	88	18	0	2	191	23	0	3	178	38
PROPTOT	mm	%	9	-4	3	3	3	-9	-17	0	-2	-8	-7	4
R20	giorni	giorni	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RX1DAY	mm	%	9	0	39	8	7	0	-8	9	3	1	4	13
RX5DAY	mm	%	7	1	6	8	4	-2	-19	5	1	-1	-1	9
SDII	mm	%	6	0	6	6	4	-1	-4	4	4	2	3	6
PRGSPRCILE	mm	%	5	1	39	6	4	1	1	6	4	3	5	10
PRGPRCILE	mm	%	4	1	11	39	8	2	39	10	5	4	14	15
CDD	giorni	giorni	0	1	0	0	0	0	3	0	1	1	2	0
PET	mm	%	6	4	6	6	10	3	13	8	11	6	15	12
CSI	giorni	giorni	0	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
FD	giorni	giorni	-4	-2	0	-1	-1	-2	0	-1	-1	-2	0	-1
WSDI	giorni	giorni	4	3	8	7	8	4	11	10	8	8	13	13
HUMIDEX3	giorni	giorni	0	0	7	1	0	0	18	1	0	0	13	2
HUMIDEX4	giorni	giorni	0	0	3	2	0	1	7	3	0	1	6	3
SU95P	giorni	giorni	0	1	9	4	0	1	15	3	0	1	13	7
TR	giorni	giorni	-3	-1	18	2	-2	0	21	3	-2	0	13	3
EWS	m/s	%	0	0	1	1	0	0	0	-1	-2	1	0	-1
FWI		%	12	10	8	11	20	17	18	22	22	24	19	22
HW	giorni	giorni	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1
HWN		%	189	76	106	189	233	100	182	236	335	135	202	349

In tabella A3.3 è riportata, per tutti gli indicatori e tutti gli scenari, la deviazione standard inter-modello della variazione climatica su base stagionale. Per tutte le stagioni, si notano valori molto ridotti di incertezza per l'indicatore altamente rappresentativo delle temperature elevate (TG in questo caso).

Al contrario, invece, è possibile osservare come molti indicatori rappresentativi della sola precipitazione siano caratterizzati da elevati valori di incertezza.

Tabella A3.3: Sintesi delle variazioni stagionali (deviazione standard) attese su tutti gli indicatori considerati per il periodo 2036-2065, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, per gli scenari RCP2.6, RCP4.5 e RCP8.5. Valori mediati sull'intero territorio.

Acronimo indicatore	Unità di misura della variazione climatica	Deviazione standard (DS) 2036-2065 vs 1981-2010 (set modelli EURO-CORDEX)											
		RCP2.6				RCP4.5				RCP8.5			
		DJF	MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON
TG	°C	0,3	0,3	0,4	0,8	0,3	0,3	0,3	0,7	0,3	0,4	0,3	0,8
WD	giorni	1	2	6	6	2	2	7	7	2	4	9	7
WNV	giorni	2	1	4	2	1	1	6	1	1	2	6	1
HDDs	GG	28	26	4	29	30	26	5	26	26	26	5	23
CDDs	GG	0	1	46	20	0	2	50	22	0	2	66	44
PRCPTOT	%	16	9	19	13	7	6	26	14	7	7	19	20
R20	giorni	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
RX1DAY	%	12	10	28	12	8	9	26	11	6	9	21	16
RX5DAY	%	13	10	26	11	7	7	26	11	7	6	19	17
SDII	%	8	6	20	7	5	5	20	6	2	4	12	10
PR35PCTILE	%	9	7	14	10	7	6	11	6	4	4	12	11
PR95PCTILE	%	11	11	28	11	11	10	17	10	6	9	21	16
CDD	giorni	1	1	4	1	1	1	2	1	1	2	2	1
PET	%	4	2	3	3	5	3	4	4	9	3	5	5
CS DI	giorni	3	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0	1
FD	giorni	3	1	1	1	4	2	1	1	5	2	1	1
WSDI	giorni	2	2	1	9	2	2	4	10	2	2	5	12
HUMIDEX5	giorni	0	0	6	1	0	0	7	1	0	0	9	2
HUMIDEX4	giorni	0	0	2	2	0	1	5	2	0	1	5	3
SU95P	giorni	0	1	4	4	0	1	3	4	0	1	3	6
TR	giorni	7	2	22	2	7	2	22	2	7	2	14	5
EWS	%	2	2	2	3	2	3	2	3	3	3	3	3
FWI	%	7	10	20	11	9	6	9	12	9	20	6	16
HW	giorni	0	0	4	1	0	0	3	1	0	0	7	2
HWN	%	67	49	62	192	57	56	52	229	72	58	66	212

APPENDICE 2.1.1 SISTEMA IDRICO E RISCHIO IDROGEOLOGICO

Michela Langone, Luigi Petta

ENEA, Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Laboratorio Tecnologie per l'uso e gestione efficiente di acqua e reflui



ANALISI DEGLI IMPATTI IN CORSO E DEI RISCHI

Identificazione dei rischi e delle vulnerabilità

I cambiamenti climatici mettono a dura prova l'equilibrio tra la domanda di risorsa e la disponibilità di forniture idriche. I sempre più estesi periodi di siccità ed il contestuale incremento dei deflussi superficiali e delle inondazioni a livello urbano e territoriale, oltre al lento ma progressivo innalzamento del livello medio del mare, determinano effetti sia sul fabbisogno idrico sia sulla disponibilità di risorsa, sui quali incidono in diversa misura lo stato delle infrastrutture del SII, gli effetti sulla qualità dell'acqua, nonché gli effetti dei sempre più frequenti allagamenti e delle isole di calore in ambito urbano.

Il miglioramento della gestione delle risorse idriche richiede una strategia di adattamento climatico a scala di sub-bacino, che preveda da un lato azioni finalizzate all'incremento della disponibilità della risorsa e, dall'altro lato, una razionalizzazione dei consumi di acqua (in ambito civile, agricolo e industriale). Tra le azioni richieste per aumentare la disponibilità della risorsa idrica rientra in primo luogo la riduzione delle perdite lungo la rete idropotabile, nell'ambito di un generale adeguamento delle infrastrutture che costituiscono il SII, prevedendo altresì la realizzazione di nuove opere di captazione, di impianti di ricarica delle falde, oltre ad opere tese a migliorare e completare il collettamento e la depurazione delle acque reflue; inoltre, si rende necessaria l'implementazione di interventi in ambito urbano e peri-urbano volti a prevenire fenomeni alluvionali e la conseguente compromissione delle riserve (es. realizzazione di NBS, Natural Based Solutions), favorendo poi il ricorso a fonti idriche non convenzionali come le acque piovane o le acque reflue trattate. La razionalizzazione dei consumi, invece, richiede specifiche azioni di sensibilizzazione nei confronti dei cittadini e delle utenze produttive, mediante l'installazione di sistemi a risparmio idrico in ambito sia residenziale che industriale e agricolo, favorendo l'installazione di *smart metering devices* e provvedendo in generale ad interventi per migliorare l'efficienza idrica dei processi e delle attività antropiche.

In Tabella 1 si riportano i rischi legati all'effetto dei cambiamenti climatici nel sistema idrico, mentre in Tabella 2 le azioni di adattamento in essere e da implementare.

Tabella 1. Rischi nel settore idrico

Rischio	Descrizione
<i>Incremento della domanda di acqua</i>	- Incremento della popolazione e dei flussi turistici nelle aree urbane, maggiori consumi di acqua per fini igienici (es. durante eventi pandemici, Langone et al 2021), incremento dei fabbisogni idrici del comparto industriale e agro-zootecnico. - Incremento dei fabbisogni energetici e della relativa domanda idrica, con relativi rischi di competizioni tra i possibili usi dell'acqua (domestici, agricoli, industriali, energia, ricreativi, protezione dell'ecosistema).
<i>Peggioramento della qualità delle acque</i>	- Nei periodi di siccità, i ridotti livelli idrici nei bacini e nei corsi d'acqua e le temperature medie più elevate portano ad una riduzione dell'ossigeno disciolto con conseguenti fioriture algali e l'aumento della concentrazione di batteri e altri inquinanti nelle acque. - I sempre più frequenti eventi meteorici intensi sovraccaricano i sistemi fognari (per la maggior parte di tipo misto) e provocano deflussi superficiali e possibili eventi alluvionali. Lo scarico incontrollato di acque reflue non trattate pone a rischio la qualità dei corpi idrici superficiali con il rischio di compromissione delle riserve e di fenomeni di contaminazione lungo la rete di distribuzione idropotabile. - L'innalzamento del livello del mare pone a rischio le risorse di acqua dolce lungo le coste a seguito dei fenomeni di intrusione salina, soprattutto in corrispondenza di fenomeni siccitosi che portano all'abbassamento del livello dei bacini e dei corsi idrici superficiali. Ciò può costringere i gestori a cercare altre fonti di acqua dolce o aumentare la necessità di desalinizzazione. Vanno inoltre considerate le alterazioni della vegetazione e della fauna costiera ed acquatica. - Le variazioni della qualità delle acque dei corpi idrici influenza anche il costo dei trattamenti delle acque potabili. - L'incremento dell'intensità delle precipitazioni comporta, in corrispondenza di tali eventi, il rischio di intrusione di acqua dolce nelle acque salate costiere con rischi associati di migrazione di molluschi, fioriture algali e interruzioni della balneazione. Le acque costiere più calde possono avere un impatto sull'abbondanza di specie che presentano fastidi alla balneazione, comprese piccole meduse o larve di insetti.

Rischio	Descrizione
<i>Danni alle infrastrutture</i>	- L'aumento dei giorni consecutivi senza precipitazione (CDD), soprattutto nei mesi estivi, potrebbe comportare una serie di impatti alle infrastrutture del SII, e in particolare: — interruzione temporanea all'approvvigionamento idrico, dovuta ad es. alla riduzione della capacità di presa, a variazioni delle caratteristiche dell'acqua alla fonte, alla rottura delle condotte. — problematiche nella gestione delle acque reflue, sia lungo la rete fognaria (es. sviluppo di cattivi odori) che negli impianti di depurazione (es. incremento della concentrazione degli inquinanti negli influenti all'impianto, ridotta efficacia dei trattamenti di clorazione o incremento dei sottoprodotti della clorazione a causa delle elevate temperature). — riduzione della produzione di energia nelle centrali idroelettriche. - L'incremento dell'intensità delle precipitazioni, di contro, comporta un rischio legato alla capacità di trattamento delle acque reflue degli impianti di depurazione. I sistemi di fognatura e depurazione andranno verificati, soprattutto in città dotate di sistema di collettamento misto. - L'innalzamento del livello del mare (nel 2100, in assenza di azioni di mitigazione, il Mediterraneo si innalzerà di circa 60 centimetri rispetto ad oggi Sannino et al., 2022) determinerà il progressivo allagamento delle zone costiere e la salinizzazione delle riserve idriche, con conseguenze anche sulle infrastrutture del SII (es. fenomeni corrosivi dei manufatti, ridotta efficienza dei trattamenti depurativi biologici).
	L'incremento delle precipitazioni intense, associato alla scarsa impermeabilizzazione del suolo, comporta il rischio di allagamenti pluviali localizzati (<i>pluvial flooding</i>) causati dal mancato o difficoltoso smaltimento delle acque piovane da parte del sistema fognario ed alla capacità di trattamento delle acque reflue degli impianti di depurazione.
	L'incremento delle precipitazioni intense comporta il rischio di allagamenti fluviali (<i>fluvial flooding</i>).
<i>Isole di calore</i>	L'incremento delle temperature e dei giorni consecutivi senza precipitazioni (CDD) comporta l'insorgenza di isole urbane di calore, ovvero un microclima più caldo all'interno delle aree urbane cittadine, con conseguenze sulla salute umana e sui maggiori fabbisogni idrici.

Tabella 3. Azioni di adattamento nel settore idrico

Azioni		
Rischio	In essere	Da implementare
<i>Incremento della domanda di acqua</i>	Ad oggi sono stati previsti importanti investimenti per l'acquedotto del Peschiera, al fine di porre Roma in sicurezza per i prossimi decenni dal punto di vista dell'approvvigionamento idrico.	- Sistemi di razionalizzazione (riduzione) degli usi dell'acqua sia in ambito domestico che agricolo e industriale. - Realizzazione di sistemi di recupero e riutilizzo delle acque piovane, a livello di edificio/quartiere/azienda. - Realizzazione di sistemi di recupero e riutilizzo delle acque reflue urbane per gli usi urbani consentiti (es. lavaggio strade e piazzali, irrigazione del verde pubblico, antincendio, etc.). - Installazione di sistemi di recupero e riutilizzo in ambito residenziale, a livello di edificio/quartiere (es. recupero delle acque grigie) ed in ambito industriale. - Realizzazione di sistemi di ricarica delle falde in condizioni controllate (se in linea con la normativa vigente). - Interventi per l'incremento della permeabilità urbana (es. tetti verdi, rain garden, parcheggi drenanti) e contestuale creazione di micro e grandi invasi, incluso il ripristino di pianure alluvionali e zone umide, da utilizzare come bacini di ritenzione idrica con funzione di contenimento e protezione dalle alluvioni e di approvvigionamento in tempi di siccità, oltre alla valenza di tipo ambientale e/o ricreativo. - Introduzione di meccanismi incentivanti/premiali per le industrie, le imprese e la popolazione al fine di ridurre il loro consumo idrico. - Azioni di simbiosi industriale a livello territoriale tra il comparto depurativo ed i comparti industriale e agricolo (ENEA, 2023).
	Sono stati previsti interventi per la riduzione delle perdite lungo le reti di acquedotto e distribuzione. Installazione di nuovi punti di erogazione di acqua potabile in città	
	Realizzazione di sistemi di recupero e riutilizzo delle acque reflue urbane per usi irrigui.	
<i>Peggioramento della qualità delle acque</i>	Monitoraggio degli scolmatori di piena.	- Sistemi di recupero e riutilizzo delle acque piovane, a livello di edificio o quartiere. - Interventi per l'incremento della permeabilità urbana (es. tetti verdi, rain garden, parcheggi drenanti). - Creazione di micro e grandi invasi in ambito urbano e realizzazione di NBS (es. giardini pluviali, fossati verdi, laghi e canali) a scopo di contenimento e trattamento dei deflussi urbani in tempo di pioggia, prevenendone lo sversamento incontrollato nei corpi idrici.

Azioni		
Rischio	In essere	Da implementare
<i>Danni alle infrastrutture</i>	Monitoraggio degli scolmatori di piena.	- Incremento della permeabilità delle superfici urbane (es. tetti verdi, rain garden, parcheggi drenanti).
	Telecontrollo delle reti.	- Sistemi di recupero e riutilizzo delle acque piovane, a livello di edificio o quartiere. - Creazione di micro e grandi invasi in ambito urbano e realizzazione di NBS (es. giardini pluviali, fossati verdi, laghi e canali) a scopo di contenimento e trattamento dei deflussi urbani in tempo di pioggia, prevenendone lo sversamento incontrollato nei corpi idrici. - Adeguamento e completamento delle reti di collettamento, favorendo l'introduzione di reti separate. - Adeguamento infrastrutturale e funzionale degli impianti di depurazione al fine di favorire il riutilizzo degli effluenti depurati.
<i>Allagamenti pluviali</i>		- Incremento della permeabilità delle superfici urbane (es. tetti verdi, rain garden, parcheggi drenanti). - Creazione di invasi, ripristino di pianure alluvionali e zone umide come bacini di ritenzione idrica in tempi di alluvione e come riserva idrica in tempo di siccità.
<i>Isola di calore</i>		- Sulla base delle esperienze in altri paesi, creazione di una rete di spazi verdi uniformemente distribuiti sulla superficie urbana con una percentuale significativa di copertura arborea, tale da incrementare il tasso di evaporazione ed abbassare le temperature superficiali della città, contribuendo a ridurre l'effetto dell'isola di calore urbana. - Realizzazione di laghetti, ruscelli e fontane, da creare anche con acque recuperate, come misure di contrasto alle isole di calore ma anche a scopo ricreativo se accessibili alla cittadinanza.

APPENDICE 2.2.1 LA BIODIVERSITÀ DEL TERRITORIO DI ROMA: SPECIE, HABITAT, ECOSISTEMI, ECOLOGIA VEGETALE

Carlo Blasi (responsabile), Giulia Capotorti, Eva Del Vico, Duilio Iamónico, Sandro Bonacquisti, Laura Zavattero

CENTRO DI RICERCA INTERUNIVERSITARIO
BIODIVERSITÀ, SERVIZI ECOSISTEMICI
E SOSTENIBILITÀ



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

RETE ECOLOGICA PROVINCIALE DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE

Le "aree core" (83 poligoni) corrispondono ai seguenti poligoni:

- Tutti i 50 Sic presenti nel territorio provinciale;
- 23 boschi con funzione di conservazione della biodiversità e del germoplasma;
- 12 Siti di Interesse Regionale;
- 6 laghi;
- 5 Oasi di protezione della fauna;
- 4 Siti di interesse nazionale;
- 4 Riserve naturali regionali;
- 3 Monumenti naturali;
- 2 Zone di ripopolamento e cattura;
- 2 Zone di protezione speciale;
- 2 Riserve Naturali Provinciali;
- 2 poligoni di 2 sottosistemi di elevato valore naturalistico;
- 1 poligono militare (Torre Astura);
- il fiume Tevere.

Le 17 "aree buffer" corrispondono a:

- porzioni di territorio di elevato valore naturalistico;
- 6 Zone di Ripopolamento e cattura;
- 5 Siti di interesse Regionale;
- 5 Parchi Naturali regionali;
- 4 Siti di Interesse Nazionale;
- 4 Riserve Naturali Regionali;
- 3 Zone di protezione speciale;
- 2 Riserve Naturali Statali;

- 2 Riserve Naturali Provinciali;
- 2 Oasi di protezione della fauna;
- 1 Parco Urbano;
- 1 Monumento naturale.

Le “aree di connessione primaria” sono rappresentate da:

- porzioni di territorio ben conservati;
- 6 Zone di Ripopolamento e cattura;
- 6 Riserve Naturali Regionali;
- 5 Siti di Interesse Regionale;
- 5 Monumenti naturali;
- 4 Zone di protezione speciale;
- 3 Siti di Interesse Nazionale;
- 3 Oasi di protezione della fauna;
- 2 Parchi Urbani;
- 1 Parco Suburbano Regionale;
- 1 Parco Naturale regionale;
- 1 parco naturale archeologico;
- l'Unità Territoriale Ambientale “Alluvioni della Valle del Tevere”;
- le fasce di rispetto fiumi, costa e laghi (ex legge Galasso, ora Codice Urbani);
- i boschi.

PRINCIPALI AMBIENTI DI INTERESSE CONSERVAZIONISTICO PARTICOLARMENTE VULNERABILI

Si tratta di un primo elenco di habitat di interesse comunitario che fa riferimento al Manuale italiano di Interpretazione degli habitat di Direttiva (Biondi e Blasi 2008) sicuramente da integrare nel corso delle prossime fasi.

Già da questo primo elenco emergono comunque i collegamenti con gli obiettivi della Strategia europea e nazionale per la Biodiversità specialmente quando si chiede di intervenire con il ripristino della fasce ripariali e si suggerisce di mettere a dimora una grande quantità di alberi (si parla di ben 3,5 miliardi di alberi autoctoni per l'Europa) per favorire il recupero della resilienza delle foreste anche per mitigare gli effetti del cambiamento climatico in termini di stoccaggio della CO₂ e rimozione del particolato nei sistemi urbani.

Habitat costieri e di vegetazione alofitica

- 1120* Praterie di Posidonia (*Posidonium oceanicae*): raro – vulnerabile
- 1310 Vegetazione annua pioniera a *Salicornia* e altre specie delle zone fangose e sabbiose:

raro – vulnerabile

- 1410 Pascoli inondati mediterranei (*Juncetalia maritimi*): vulnerabile

Habitat di dune marittime

- 2110 Dune embrionali mobili: vulnerabile
- 2120 Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria* (dune bianche): raro – vulnerabile
- 2210 Dune fisse del litorale (*Crucianellion maritimae*): raro – vulnerabile
- 2230: Dune con prati dei *Malcolmietalia* (vulnerabile)
- 2240: Dune con prati dei *Brachypodietalia* e vegetazione annua
- 2250* Dune costiere con *Juniperus* spp.: vulnerabile
- 2270*: Dune con foreste di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster*

Habitat di acqua dolce

- 3120 Acque oligotrofe a bassissimo contenuto minerale, su terreni generalmente sabbiosi del Mediterraneo occidentale, con *Isoetes* spp.: raro – vulnerabile
- 3170* Stagni temporanei mediterranei: raro – vulnerabile
- 3260 Fiumi delle pianure e montani con vegetazione del *Ranunculion fluitantis* e *Callitricho-Batrachion*: raro – vulnerabile
- 3280 Fiumi mediterranei a flusso permanente con vegetazione dell'alleanza *Paspalo-Agrostidion* e con filari ripari di *Salix* e *Populus alba*: raro – vulnerabile

Habitat di formazioni arbustive

- 5230* Matorral arborescenti di *Laurus nobilis*: raro
- **Habitat di formazioni erbacee**
- 6220* Percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei *Thero-Brachypodietea*: raro – vulnerabile
- 6420 Praterie umide mediterranee con piante erbacee alte del *Molinio-Holoschoenion*: raro – vulnerabile

Habitat forestali

- 91B0 Frassineti termofili a *Fraxinus angustifolia*: raro – vulnerabile
- 91E0* Foreste alluvionali di *Alnus glutinosa* e *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*)
- 91M0 Foreste Pannonico-Balcaniche di cerro e rovere: importanza biogeografica -
- Foreste di *Quercus suber*: importanza biogeografica – vulnerabile
- 9340 Foreste di *Quercus ilex*: vulnerabile

Elenco dei taxa di interesse conservazionistico

Sono riportati di seguito i taxa di interesse conservazionistico. Ad ognuno di essi è associata la rarità (con riferimento ad Anzalone et al. 2010), la vulnerabilità (con riferimento a Conti et al. 1997) e l'ambiente preferenziale del taxon nel Lazio. La nomenclatura segue il Portale della Flora d'Italia (aggiornata al 28 giugno 2023; PFAI 2023+).

I taxa sono citati in ordine alfabetico (Anzalone, B., Iberite, M., & Lattanzi, E. (2010). *La flora vascolare del Lazio. Informatore Botanico Italiano*, 42(1), 187-317; Conti, F., & Associazione Italiana per il World Wildlife Fund. (1997). *Liste rosse regionali delle piante d'Italia. Univ. degli Studi di Camerino, Dipto. di Botanica ed Ecologia*; PFAI 2023+. *Portale della Flora d'Italia*. <https://dryades.units.it/floritaly/> (accessed 28 June 2023).

Agrostis canina L. subsp. canina - R - Ambienti umidi
Agrostis canina L. subsp. monteluccii Selvi - R - VU* - Sorgenti sulfuree
Ajuga iva (L.) Schreber subsp. iva - PC - Prati aridi
Andrachne telephioides L. - MR - LR - Prati aridi
Antinoria insularis Parl. - RR - Ambienti umidi
Antirrhinum siculum Mill. - R - Muri e rupi
Aphanes australis Rydb. - PC - Pratelli terofitici
Asparagus aphyllus L. - RR - Prati aridi
Asphodelus fistulosus L. - R - Prati aridi
Avellinia festucoides (Link) Valdés & H.Scholz - R - Pratelli terofitici
Baldellia ranunculoides (L.) Parl. - R - VU - Ambienti umidi-pozze
Beckmannia eruciformis (L.) Host subsp. eruciformis - R - Ambienti umidi
Callitriche obtusangula Le Gall - MR - Ambienti umidi-pozze
Callitriche truncata Guss. subsp. truncata - MR - LR - Ambienti umidi-pozze
Cardamine parviflora L. - MR - VU - Ambienti umidi-pozze
Carduus nutans L. subsp. leiophyllus (Petrovič) Stoj. & Stef. - R - Prati aridi
Carex elata L. subsp. elata - R - LR - Ambienti umidi
Carex punctata Gaudin - R - LR - Ambienti umidi
Cerastium siculum Guss. - MR - VU - Pratelli terofitici
Ceratophyllum submersum L. subsp. submersum - MR - CR - Ambienti acquatici
Cicendia filiformis (L.) Delarbre - MR - Ambienti umidi
Coronilla juncea L. - RR - VU - Ambienti dunali
Cynara cardunculus L. subsp. cardunculus - PC - Prati aridi
Damasonium alisma Mill. - R - LR - Ambienti umidi-pozze
Daphne sericea Vahl - R - Ambienti dunali
Deschampsia cespitosa (L.) Beauv. - RR - Ambienti umidi
Digitaria debilis (Desf.) Willd. - MR - Ambienti umidi

Elatine alsinastrum L. - RR - VU - Ambienti umidi-Pozze
Eleocharis acicularis (L.) Roem. & Schult. - RR - Ambienti umidi
Equisetum palustre L. - PC - Ambienti umidi
Eragrostis barrelieri Daveau - RR - Prati aridi
Eragrostis minor Host - PC - Prati aridi
Eryngium pusillum L. - MR - VU - Ambienti umidi-Pozze effimere
Eudianthe laeta (Aiton) Fenzl - MR - Pratelli terofitici
Euphorbia corallioides L. - PC - Boschi
Euphorbia cuneifolia Guss. - R - Pratelli terofitici
Exaculum pusillum (Lam.) Caruel MR - VU - Ambienti umidi
Fedia graciliflora Fisch. & C.A.Mey. - RR - Incolti e ambienti ruderali
Festuca bromoides L. - PC - Prati aridi
Festuca drymeia Mert. et Koch - RR - Boschi
Filago asterisciflora (Lam.) Sweet - RR - Prati aridi
Frangula alnus Miller subsp. *alnus* - R - Ambienti umidi
Fumaria densiflora DC. MR - Ambienti ruderali
Gladiolus byzantinus Miller - PC - Prati aridi
Gypsophila vaccaria (L.) Sm. - RR - LR - Incolti e ambienti ruderali
Helichrysum luteoalbum (L.) Rchb. - MR - Ambienti umidi
Heliotropium supinum L. - RR - VU - Ambienti umidi-Pozze effimere
Helosciadium inundatum (L.) W.D.J.Koch - MR - Ambienti umidi-Pozze effimere
Hydrocharis morsus-ranae L. - R - LR - Ambienti acquatici
Hypocoum procumbens L. subsp. *procumbens* - RR - LR - Prati aridi
Ilex aquifolium L. - PC - Boschi mesofili
Illecebrum verticillatum L. - MR - VU - Ambienti umidi-Pozze effimere
Isoëtes histrix Bory - R - LR - Ambienti umidi-Pozze effimere
Isoëtes sabatina Troia & Azzella - RR - Ambienti acquatici
Juncus anceps Laharpe - R - Ambienti umidi-pozze
Juncus heterophyllus Dufour - MR - Ambienti umidi-pozze
Juncus hybridus Brot. - RR - Ambienti umidi
Juncus inflexus L. - R - Ambienti umidi
Kickxia cirrhosa (L.) Fritsch - RR - LR - Prati aridi
Kundmannia sicula L.(DC.) - R - Prati aridi
Lamarckia aurea (L.) Moench - MR - Muri e rupi
Leersia oryzoides (L.) Swartz R - LR - Ambienti umidi
Leontodon saxatilis Lam. subsp. *saxatilis* - R - Ambienti umidi
Linum maritimum L. - MR - LR - Ambienti umidi
Linum radiola L. - R - Ambienti umidi

Lotus conimbricensis Brot. - R - VU - Pratelli terofitici
Lotus corniculatus L. subsp. *preslii* (Ten.) P.Fourn. - PC - Ambienti umidi
Lupinus albus L. subsp. *graecus* (Boiss. & Spruner) Franco & P.Silva - MR - LR - Prati aridi
Lycopus exaltatus L. - RR - VU - Ambienti umidi
Malcolmia nana (DC.) Boiss. RR - VU - Ambienti dunali
Medicago monspeliaca (L.) Trautv. - MR - Prati aridi
Melica ciliata L. subsp. *magnolii* (Godr. et Gren.) K. Richter - PC - Prati aridi
Melica minuta L. - MR - Muri e rupi
Mentha microphylla K.Koch - MR - Incolti e prati umidi
Mentha spicata L. - R - Incolti e prati umidi
Micromeria microphylla (d'Urv.) Benth - RR - VU* - Muri e rupi
Middendorfia borysthenica (Schrank) Trautv. - RR - Ambienti umidi
Moehringia pentandra Gay - PC - Boschi mesofili
Moenchia erecta (L.) Gaertn., Mayer et Schreb. subsp. *erecta* R - Ambienti umidi
Molineriella minuta (L.) Rouy - R - Pratelli terofitici
Montia arvensis Wallr. - R - LR - Ambienti umidi-Pozze effimere
Myriophyllum alterniflorum DC. - RR - LR - Ambienti acquatici
Oenanthe lachenalii C.C. Gmelin MR - Ambienti umidi-Pozze
Oenanthe silaifolia Bieb. - R - LR - Ambienti umidi-Pozze
Ononis spinosa L. subsp. *procurrens* (Wallr.) Briq. - RR - Prati aridi
Onopordum horridum Viv. - R - Incolti e ambienti ruderali
Ophioglossum lusitanicum L. - R - LR - Ambienti umidi-Pozze effimere
Ophrys speculum Link - MR - CR - Garighe
Parietaria lusitanica L. subsp. *lusitanica* - PC - Muri e rupi
Petrorhagia nanteulii (Burnat) P.W.Ball et Heywood - R - Pratelli terofitici
Plantago weldenii Rchb. - R - Ambienti dunali
Polycnemum arvense L. - MR - Pratelli terofitici
Polypogon maritimus Willd. subsp. *maritimus* - MR - Ambienti dunali
Posidonia oceanica (L.) Delile - C - Ambienti acquatici
Potamogeton polygonifolius Pourr. - MR - LR - Ambienti acquatici
Potamogeton trichoides Cham. & Schldl. - MR - LR - Ambienti acquatici
Pteris cretica L. - RR - VU-EN* - Muri e rupi
Pulicaria sicula (L.) Moris MR - LR - Ambienti umidi
Pulicaria vulgaris Gaertn. PC - Ambienti umidi
Quercus x crenata Lam. - - - Boschi
Ranunculus parviflorus L. RR - LR - Ambienti umidi-Pozze effimere
Romulea rollii Parl. - R - EN - Pratelli terofitici
Rorippa palustris (L.) Besser - R - Ambienti umidi

Sclerochloa dura (L) P. Beauv. - RR - Incolti e ambienti ruderali
 Scutellaria galericulata L. - R - LR - Ambienti umidi
 Sedum caespitosum (Cav.) DC. - R - Muri e rupi
 Simethis mattiazzii (Vandelli) Saccardo - MR - EN - Radure nella macchia mediterranea
 Sinapis pubescens L. subsp. pubescens - RR - CR - Praterie e incolti
 Sisymbrium irio L. - R - Incolti e ambienti ruderali
 Soleirolia soleirolii (Req.) Dandy - MR - LR - Muri e rupi
 Solenopsis laurentia (L.) C. Presl - R - Ambienti umidi
 Staphylea pinnata L. - PC - Boschi
 Styrax officinalis L. - PC - Arbusteti
 Tamarix dalmatica Baum - RR - VU - Ambienti umidi
 Teesdalia coronopifolia (J.P. Bergeret) Thell. - R - LR - Pratelli terofitici
 Torilis arvensis (Hudson) Link subsp. neglecta (Schultes) Thell. - RR - LR - Praterie e incolti
 Trachelium caeruleum L. subsp. caeruleum - MR - Muri e rupi
 Tragus racemosus (L.) All. - R - Pratelli terofitici
 Trifolium latinum Sebast. - RR - Prati aridi
 Trifolium michelianum Savi - RR - LR - Ambienti umidi
 Trifolium strictum L. - PC - Pratelli terofitici
 Triglochin laxiflora Guss. - RR - VU - Ambienti umidi
 Tuberaria praecox (Salzm. ex Boiss. & Reut.) Grosser - MR - LR - Pratelli terofitici
 Ulex europaeus L. subsp. europaeus MR - VU - Macchia
 Urtica pilulifera L. - MR - Incolti e ambienti ruderali
 Utricularia australis R. Br. - R - VU - Ambienti acquatici
 Valerianella dentata (L.) Pollich - R - Pratelli terofitici
 Veronica scutellata L. R - VU - Ambienti umidi
 Vicia disperma DC. RR - VU - Prati aridi
 Vinca difformis Pourr. - MR - CR - Margini boschivi
 Viola kitaibeliana Schult. - MR - LR - Incolti e ambienti ruderali

Numero di entità di interesse conservazionistico nei vari ambienti preferenziali

Ambiente	Numero di taxa
Ambienti acquatici	8
Ambienti umidi	32
Ambienti umidi-Pozze/pozze effimere	18
Incolti e prati umidi	2

Praterie e incolti	2
Prati aridi	20
Pratelli terofitici	15
Muri e rupi	9
Incolti e ambienti ruderali	8
Ambienti dunali	5
Boschi	4
Boschi mesofili	2
Margini boschivi	1
Arbusteti	1
Macchia	1
Radure nella macchia mediterranea	1
Garighe	1
Sorgenti sulfuree	1

APPENDICE 2.2.2 IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA BIODIVERSITÀ

Elisabetta Salvatori, Patrizia Menegoni, Giancarlo Morgana, Valentina Iannilli (Enea, Dipartimento di Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali)



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

Impatto dell'Isola di calore urbana sulla biodiversità

Il fenomeno dell'isola di calore urbana (Urban Heat Island, UHI) si verifica quando la temperatura dell'aria risulta più elevata in un'area urbana che nei suoi dintorni rurali e naturali. Questa differenza di temperatura è direttamente imputabile all'urbanizzazione che, provocando un cambiamento radicale di uso del suolo, determina un'alterazione del bilancio energetico della città. L'UHI è responsabile non solo della riduzione del benessere dei cittadini durante il periodo estivo, ma può esacerbare le conseguenze delle sempre più frequenti ondate di calore, determinando un aumento di mortalità e morbidità soprattutto nelle fasce di popolazione più a rischio (es. anziani, malati cronici), nonché causando effetti negativi sulla specie animali e vegetali. Gli spazi verdi urbani quali parchi, foreste urbane e alberature stradali, rappresentano soluzioni basate sulla natura che possono contribuire in maniera efficace alla mitigazione dell'UHI, riducendo la temperatura dell'aria attraverso la traspirazione, l'ombreggiamento e il cambiamento dell'albedo superficiale (Wong et al., 2021).

Nell'area metropolitana di Roma, il fenomeno dell'UHI è presente con temperature medie diurne nel periodo primaverile ed estivo superiori di 1 °C rispetto alle circostanti aree rurali e naturali. Durante la notte, inoltre, il fenomeno risulta di maggiore intensità, con l'area urbana che raggiunge temperature fino a 3,17°C superiori rispetto alle aree circostanti (Marando et al., 2019).

Impatti sui sistemi spiaggia-duna

Le spiagge sabbiose e le dune sono tra gli ambienti più vulnerabili, minacciati, disturbati e danneggiati dall'intervento dell'uomo e dai cambiamenti climatici. Rappresentano habitat complessi e delicati, sensibili a qualsiasi variazione dei loro fattori abiotici. Sebbene il valore economico e sociali delle spiagge sia ampiamente riconosciuto, spesso si sottovalutano le caratteristiche ecologiche e la preziosa biodiversità che ospitano. Questi ecosistemi unici sono particolarmente vulnerabili ai cambiamenti climatici poiché subiranno il peso maggiore dell'innalzamento del livello del mare e delle maggiori mareggiate. Gli sforzi per contrastare i cambiamenti ambientali delle spiagge, come l'erosione e il ritiro della costa, attraverso interventi umani come armature costiere o ripascimento delle spiagge, possono causare gravi impatti ecologici e perdita di biodiversità a livello locale, ma si prevede che abbiano anche conseguenze cumulative su scala globale. Il litorale romano è, tra i litorali laziali, più colpiti dall'erosione costiera, nonostante i numerosi interventi di opere rigide e ripascimenti.

Il piano sopralitorale è caratterizzato da una varietà di microhabitat di grande rilevanza dal punto

di vista naturalistico. Le condizioni ambientali estreme presenti in questa zona generano situazioni di forte stress, alle quali le comunità animali, solitamente composte da pochi gruppi tassonomici, rispondono con un alto grado di specializzazione (La Greca, 2002)

Le comunità di artropodi dei sistemi sopralitorali sabbiosi svolgono un ruolo chiave nella funzionalità dell'ecosistema, contribuendo alla sua biodiversità, alla conservazione delle specie e all'equilibrio ecologico. Sono costituite da una vasta gamma di organismi di grande importanza ecologica che svolgono un ruolo fondamentale nei cicli biogeochimici dell'ecosistema spiaggia-duna, aiutano a decomporre la materia organica, contribuendo al riciclo di sostanze nutritive (Pavesi et al., 2007), costituiscono una fonte fondamentale di cibo per numerose specie di uccelli, piccoli mammiferi, rettili e anfibi. L'abbondanza e la diversità degli invertebrati influenzano l'intera catena alimentare dell'ecosistema costiero (Pavesi et al., 2009). Sono, inoltre, coinvolti nella riproduzione delle piante. Questo contribuisce alla dispersione e alla formazione di nuovi habitat.

I sistemi spiaggia duna possiedono caratteristiche che consentono di mettere in evidenza l'azione dei cambiamenti climatici molto più che in altri ambienti. Tra queste, le più importanti sono la limitata distribuzione spaziale delle specie ad una stretta fascia di sabbia tra i sistemi terrestri e marini, che le rende accessibili e facili da studiare; la presenza di forti gradienti termici; e il ruolo relativamente minore svolto dalle interazioni competitive nella strutturazione delle comunità di invertebrati, che facilita l'interpretazione dei cambiamenti ecologici (Shoeman et al., 2014). Lo studio di queste comunità fornisce informazioni preziose sullo stato di salute dell'ecosistema, sull'efficacia delle misure di conservazione e sui cambiamenti ambientali legati al cambiamento climatico.

Le conoscenze sull'artropodofauna dei sistemi spiaggia-duna del litorale romano sono frammentate in studi locali o carattere specialistico. In Italia non ci sono specie di invertebrati tipici di spiagge o dune la cui tutela sia considerata di interesse comunitario, questo a causa di carenza nelle conoscenze e segnalazioni ufficiali. Tuttavia, sono molte le specie di grande interesse faunistico ed ecologico, in molti casi si tratta di elementi endemici italiani. L'analisi dei dati nel tempo, consentirà di stabilire trend e individuare taxa sensibili (Audisio, 2002). Alcune specie sono considerate ottimi bioindicatori e vengono da tempo utilizzate nella valutazione della contaminazione da metalli pesanti (Ungherese et al., 2010) e microplastiche (Iannilli et al., 2018; Ciotti et al., 2023). Gli invertebrati delle spiagge reagiscono prontamente e intensamente ai cambiamenti delle condizioni ambientali, inclusi quelli causati dai cambiamenti climatici, possono essere quindi utilizzati efficacemente come indicatori degli effetti sull'ecosistema.

La gestione delle spiagge spesso si concentra solo sugli attributi fisici, in particolare quelli relativi al ripristino dei bilanci di sabbia, il mantenimento dell'ampiezza della spiaggia, la stabilità del litorale e la protezione delle infrastrutture umane. Al contrario, la conservazione di habitat, specie e funzioni ecologiche è spesso un aspetto marginale della 'gestione delle spiagge'. Di conseguenza, gli impatti sugli ecosistemi sono raramente inclusi nelle valutazioni d'impatto. Poiché le spiagge sostengono molte attività economiche e sono cruciali in termini di protezione del litorale, diversi stakeholders hanno interessi attivi, ma non necessariamente corrispondenti. Pertanto, la gestione delle coste sabbiose dovrà operare sempre più nel quadro della gestione integrata delle coste per ottenere risultati sostenibili (Schlacher et al., 2008).

Vista l'entità del problema, la sopravvivenza delle spiagge come ecosistemi funzionali dipenderà in larga misura dagli sforzi diretti di conservazione. A tale scopo, sarà cruciale basarsi sempre di più su

un solido corpus di teoria ecologica specificamente sviluppata per questi ecosistemi.

Impatti sugli ecosistemi d'acqua dolce

Il cambiamento climatico può colpire le comunità di acqua dolce sovrapponendosi ad altri importanti fattori di stress, come lo sfruttamento dell'acqua, con effetti ancora poco conosciuti. L'esacerbazione dei periodi naturali di magre è stata segnalata come un importante effetto idrologico, con gravi impatti sulle comunità di macroinvertebrati bentonici fluviali.

Si prevede che la qualità delle acque risponda ai cambiamenti nell'entità e nella tempistica del deflusso. Il flusso ridotto in diverse stagioni combinato con l'aumento delle temperature probabilmente diminuirà la dissoluzione degli inquinanti e le concentrazioni di ossigeno (DO), mentre è probabile che aumentino la frequenza e l'intensità degli eventi meteorologici estremi, aumentando l'apporto di limo e ulteriori inquinanti (Poff et al., 2002).

Si prevede che il cambiamento dei regimi termici causi la migrazione di specie localmente verso monte e verso Nord, le specie ai limiti meridionali dei loro areali migreranno o subiranno estinzioni locali. Tuttavia, in molte aree la migrazione verso nord o a monte dei bacini possono essere limitate da barriere o dalla frammentazione degli habitat dovuta a dighe e sbarramenti, bacini di raccolta e deviazioni idriche (Poff et al., 2002; Moore et al., 1997; Smith, 2004). Ci sono alcune prove sperimentali della dispersione di taxa Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera (EPT) attraverso i bacini idrografici del Galles, la naturale frammentazione dei bacini fluviali non sembra essere direttamente un ostacolo alla ripresa su larga scala (Masters et al., 2007). Tuttavia, questo sarà meno probabile per le specie meno vagili o meno abili nel volo.

Il regime fluviale a carattere sempre più frequentemente intermittente, dove l'acqua può scomparire dal letto del fiume o da parti di esso per lunghi periodi.

Una conseguenza è un impoverimento della biodiversità fluviale che, a sua volta, porta a un collasso della funzionalità. Molti organismi non hanno il tempo di adattarsi e superare i periodi più secchi. I più sensibili sono gli animali con un ciclo vitale lungo che non avranno un habitat stabile dove completare il loro ciclo vitale. Al contrario, organismi opportunisti che sviluppano rapidamente una popolazione saranno avvantaggiati. Acque più calde, più lente e meno abbondanti favoriscono anche specie come alghe filamentose e batteri comuni. I macroinvertebrati non sono più in grado di metabolizzare l'abbondante materia organica (<https://www.nature.com/articles/d43978-022-00089-y>).

Impatto del cambiamento climatico su zone umide: compromissione dei servizi ecosistemici

I cambiamenti climatici hanno un impatto sulle zone umide e minacciano la loro capacità di fornire benefici e servizi (IPCC, 2022). Tra le funzioni importanti delle zone umide vi sono l'immagazzinamento dell'acqua, la ricarica delle falde acquifere, la protezione dalle tempeste, la stabilizzazione delle coste, il controllo dell'erosione e la ritenzione di carbonio, nutrienti, sedimenti e sostanze inquinanti (Dugan, 1990).

Le zone umide producono anche beni di notevole valore economico, come acqua, risorse ittiche, legname, torba e risorse e opportunità turistiche. L'innalzamento del livello del mare, i cambiamenti

idrologici e le variazioni della temperatura dei corpi idrici possono portare a una riduzione dei tali beni e servizi.

Le zone umide sono inoltre regolatori delle acque. Ad esempio, le pianure alluvionali dei fiumi agiscono come aree tampone dal punto di vista idrologico, che permettono di immagazzinare acqua e ridurre naturalmente il rischio di inondazioni nei tratti a valle, a fronte di tecniche di regolazione dei flussi, spesso molto costose e non favorevoli al mantenimento della biodiversità. Le zone umide non regolano solo i flussi dell'acqua, ma anche la loro qualità. In queste zone, per esempio, la presenza di elofite favorisce la rimozione di inquinanti e di nutrienti in eccesso. In termini di mitigazione, le zone umide fungono da serbatoi di carbonio catturando circa il 40% dei gas serra generati sul pianeta; pertanto, la loro scomparsa influirebbe sul processo di cattura di questi inquinanti. Altri contributi delle zone umide nel campo della mitigazione e della gestione dei rischi sono associati alla stabilizzazione delle coste; sono inoltre la prima barriera di difesa contro l'azione di uragani e tempeste gravi, riducono l'impatto dei venti forti e forniscono risorse per il consumo.

Zone umide: definizioni, esempi, individuazione.

La definizione di zona umida sancita dalla Convenzione di Ramsar (1971): "aree di prati umidi, paludi, torbiere o aree inondate, sia naturali che artificiali, permanenti o temporanee, con acque ferme o in movimento, sia dolci che salmastre o salate, comprese le aree di acqua di mare la profondità delle quali a marea bassa non superi i sei metri" ha tenuto in considerazione particolarmente le aree dove si rende indispensabile la protezione degli habitat per gli uccelli. L'art. 2.1 specifica che "i confini di ogni zona umida dovranno essere descritti in maniera precisa e riportati su di una mappa, essi potranno includere delle zone rivierasche o costiere contigue alla zona umida, ed isole o distese di acqua marina di profondità superiore a sei metri a marea bassa, circondate dalle zone umide, in particolare allorché dette zone, isole o distese d'acqua, abbiano un'importanza in quanto habitats degli uccelli acquatici". L'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN) ha realizzato una categorizzazione di 39 ecotipi riferiti alle zone umide, raggruppati in acque dolci, acque saline ed sistemi acquatici artificiali (Dugan, 1990).

Esempi di *zone umide* sono i laghi, le torbiere, i fiumi e le foci, gli stagni, le lagune, le valli da pesca, le paludi salmastre, i litorali con le acque marine costiere. Comprendono le pianure alluvionali e le aree adiacenti a fiumi e laghi inondate stagionalmente così come le aree costiere interessate da fluttuazioni giornaliere del livello del mare. Sistemi artificiali sono rappresentati per esempio dalle casse di espansione, gli invasi artificiali di ritenuta, i canali, le saline, le vasche di colmata.

LEVEL 4	LEVEL 3	LEVEL 2	LEVEL 1
Combines 39 wetlands types, identified by geomorphology, soil types, land use, vegetation etc.	Tidal	Marine	Saltwater
	Intertidal		
	Tidal	Estuary	
	Intertidal		
	Lagoon		
		Salt pans	
	Perennial	Rivers	Freshwater
	Temporary		
	Permanent	Lacustrine	
	Seasonal		
	Emergence	Palustrine	
	Forest		
	Aquaculture	Artificial	
	Agriculture		
	Salt Pans		
Urban/Industry			
Reservoir			

Fig. X. Classificazione delle zone umide secondo la IUCN (Dugan et al., 1990)

A livello gestionale, l'individuazione delle zone umide da inserire nei Registri delle aree protette dei Piani di Gestione dei Distretti Idrografici si basa sulla presenza di aree in cui ci siano specie ed habitat di interesse conservazionistico (WGH, 2000):

- specie che vivono in acque superficiali; habitat che sono costituiti da acque superficiali o che sono completamente coincidenti con le acque superficiali;
- specie che dipendono dalle acque superficiali per almeno una fase del loro ciclo vitale; habitat che dipendono da inondazioni frequenti delle acque superficiali o dal livello delle acque sotterranee;
- specie che dipendono da habitat non acquatici ma dipendenti dall'acqua; habitat non acquatici che dipendono dall'influenza delle acque superficiali.

Impatti su Zone umide d'acqua dolce

L'elevato grado di variabilità strutturale dei sistemi di zone umide è strettamente connesso alle loro caratteristiche idrologiche. Il cambiamento climatico determina l'impatto più pronunciato sulle zone umide attraverso le alterazioni dei regimi idrologici, in particolare per quanto riguarda la variabilità delle stagioni umide e secche e la frequenza e la gravità degli eventi estremi (IPCC, 2002; Bates et al., 2008). I maggiori impatti dei cambiamenti nei processi idrologici sulla produttività dei fiumi deriveranno dalla riduzione delle portate dei torrenti, stimata per alcune medie latitudini, dai cambiamenti nella quantità delle precipitazioni invernali e dall'aumento dell'entità o della frequenza degli eventi estremi (inondazioni e siccità). La riduzione delle portate dei corsi d'acqua dovuta alla diminuzione delle precipitazioni e/o all'aumento dell'evapotraspirazione può aumentare la probabilità di flusso intermittente nei piccoli corsi d'acqua, in particolare quando la componente freatica dei flussi fluviali è bassa e in diminuzione. La riduzione delle portate dei corsi d'acqua per periodi prolungati può portare a variazioni della produttività dell'ecosistema, poiché diminuisce l'estensione dell'habitat acquatico a disposizione del biota e l'ambiente acquatico può risultare compromesso da minori concentrazioni di ossigeno disciolto. Aumenti relativamente piccoli della variabilità delle precipitazioni possono influenzare notevolmente la flora e la fauna delle zone umide in diverse fasi del loro ciclo vitale. In particolare, nelle zone umide stagionali, come le pozze invernali, la biodiversità

può essere fortemente influenzata dai cambiamenti nei trend delle precipitazioni e variazione dei regimi di umidità del suolo.

Impatti su zone umide in ambiente costiero

I cambiamenti climatici possono influire sul deflusso dai bacini idrografici che alimentano la zona costiera. Nel complesso, i cambiamenti nel volume del deflusso di acqua dolce nei periodi dell'anno influenzeranno la disponibilità di sedimenti e nutrienti e i regimi di umidità negli ecosistemi costieri. Si stima che circa il 20% delle zone umide costiere del mondo potrebbe andare perduto entro il 2080 a causa dell'innalzamento del livello del mare. Tali perdite potrebbero rafforzare altre tendenze negative nella perdita di zone umide, la maggior parte delle quali sono il risultato di altre attività umane (Bates et al., 2008). L'impatto dell'innalzamento del livello del mare sugli ecosistemi costieri varierà da regione a regione e dipenderà dai processi di erosione da parte del mare e di sedimentazione da parte del suolo. L'innalzamento del livello del mare e le mareggiate potrebbero anche influire negativamente sulle riserve di acqua dolce disponibili nelle zone umide costiere attraverso l'intrusione di acqua salata nelle falde acquifere di acqua dolce (Bates et al., 2008).

Approccio alla gestione delle zone umide a livello locale

La conservazione e la riqualificazione delle zone umide possono essere elementi validi di una strategia locale di mitigazione dei cambiamenti climatici. In relazione alla pianificazione e alla gestione del territorio costiero romano, sono necessarie maggiori informazioni sulla struttura e funzionalità delle zone umide presenti e sul loro ruolo nella regolazione climatica per facilitare l'attuazione di misure di conservazione delle stesse e promuovere l'uso sostenibile delle loro risorse. Particolarmente, le strategie di adattamento dovrebbero prevenire la frammentazione delle zone umide. La connettività tra gli ecosistemi consente gli spostamenti di specie in risposta ai cambiamenti climatici. Il ripristino delle zone umide degradate e la creazione di ecosistemi umidi artificiali potrebbero compensare in qualche misura la perdita delle funzioni naturali delle zone umide. Il ripristino ecologico delle zone umide può essere una valida alternativa agli sforzi di controllo dei deflussi per far fronte all'aumento delle inondazioni, eventualmente associato ai cambiamenti climatici.

APPENDICE 2.6 SISTEMA AGRICOLO E ZOOTECNICO

Massimo Iannetta (Enea), Michele Munafò (Ispra), Nicola Colonna (Enea), Valentina Tolaini (Enea), Alice Cavalli (Ispra), Ines Marinosci (Ispra)



Tabella 1. Superficie irrigua servita dal CBLN, 2022.

Municipio	Superficie (ha)
X	864,0
XI	317,9
XII	876,4
XIII	821,4
Totale	2879,7

Tabella 2 Uso del suolo del comune di Roma Capitale (2016), con dettaglio delle aree agricole. Fonte: Carta di uso del suolo della Regione Lazio.

Classe uso del suolo (CdS Lazio 2016)	Uso del suolo (ha)	Uso del suolo (%)
Uso Urbano	44.177	34,37
Seminativi in aree non irrigue	46.181	35,92
Seminativi in aree irrigue	7.831	6,09
Vigneti	1.716	1,34
Frutteti e frutti minori	682	0,53
Oliveti	1.339	1,04
Altre colture permanenti	184	0,14
Superfici a copertura erbacea densa a composizione floristica rappresentata principalmente da graminacee non soggette a rotazione	6.144	4,78
Colture temporanee associate a colture permanenti	404	0,31
Sistemi colturali e particellari complessi	373	0,29
Aree prevalentemente occupate da cultura agraria con presenza di spazi naturali importanti	96	0,07
Uso naturale	18.478	14,37
Acque	945	0,74

Tabella 4 Principali flussi di uso del suolo 2000-2016 nelle classi di uso del suolo agricole (con riferimento ai cambiamenti maggiori di 5 ettari). Fonte: Carta di uso del suolo della Regione Lazio.

2000 \ 2016	Insedimento continuo	Insedimento discontinuo	Insedimento industriale, commerciale e dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	Infrastrutture stradali e ferroviarie e spazi accessori, smistamento merci, distribuzione idrica e produzione e trasporto dell'energia	Aree portuali	Aree aeroportuali ed eliporti	Aree estrattive	Discariche e depositi di rottami	Cantieri
Insedimento industriale, commerciale e dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Infrastrutture stradali e ferroviarie e spazi accessori, smistamento merci, distribuzione idrica e produzione e trasporto dell'energia	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aree estrattive	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cantieri	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Seminativi in aree non irrigue	485	916	513	164			237	24	277
Seminativi in aree irrigue	20	110	187	68				-	16
Vigneti	21	32	17	9			5	-	-
Frutteti e frutti minori		14	5	-			-		-
Oliveti	-	56	6	-			-		-
Superfici a copertura erbacea densa a composizione floristica rappresentata principalmente da graminacee non soggette a rotazione	233	515	225	69	-		54		117
Sistemi colturali e particellari complessi	7	42	-					-	-
Aree prevalentemente occupate da cultura agraria con presenza di spazi naturali importanti	-	6	-	6				-	18

2000 2016	Aree verdi urbane	Aree ricreative e sportive	Cimiteri	Seminativi in aree non irrigue	Seminativi in aree irrigue	Vigneti	Altre colture permanenti	Superfici a copertura erbacea densa a composizione floristica rappresentata principalmente da graminacee non soggette a rotazione	Colture temporanee associate a colture permanenti	Sistemi colturali e partecellari complessi
Insediamen- to indu- striale, commerciale e dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	-	-	-	398				11		-
Infrastrutture stradali e ferroviarie e spazi accessori, smistamento merci, distribuzione idrica e produzione e trasporto dell'energia	-	-	-	25	-			56		-
Aree estrattive	-	-	-	39				21		-
Cantieri	-	-	-	51	6			70		-
Seminativi in aree non irrigue	81	74	25					14		-
Seminativi in aree irri- gue	15	13						5		
Vigneti	-									
Frutteti e frutti minori	-									
Oliveti	-			-						
Superfici a copertura erbacea densa a com- posizione floristica rappresentata prin- cipalmente da grami- nacee non soggette a rotazione	74	48	-	-						
Sistemi colturali e par- ticellari complessi			-							
Aree prevalentemente occupate da cultura agrariacon presenza di spazi naturali impor- tanti		-								

Tabella 5 Consumo di suolo 2006-2021 sulle classi di uso agricolo nel comune di Roma Capitale. Fonte: Elaborazioni ISPRA su carta ISPRA-SNPA sul consumo di suolo (Munafò, 2022) e carta Uso del suolo della Regione Lazio.

	Consumo di suolo 2006-2021 (ha)	Consumo di suolo 2006-2021 %	Rinaturalizzazioni 2006-2021 (ha)	Rinaturalizzazioni 2006-2021 %
Altre colture permanenti		0,00		0,00
Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota	0,17	0,01		0,00
Aree a vegetazione arborea e arbustiva in evoluzione	0,17	0,01		0,00
Aree con vegetazione rada		0,00		0,00
Aree prevalentemente occupate da cultura agraria con presenza di spazi naturali importanti	19,73	1,62		0,00
Colture temporanee associate a colture permanenti	1,04	0,09		0,00
Frutteti e frutti minori	5,57	0,46	0,45	0,16
Oliveti	13,11	1,08		0,00
Seminativi in aree irrigue	94,18	7,74	0,84	0,31
Seminativi in aree non irrigue	817,18	67,19	234,11	85,02
Sistemi colturali e particellari complessi	13,3	1,09	0,08	0,03
Superfici a copertura erbacea densa a composizione floristica rappresentata principalmente da graminacee non soggette a rotazione	251,8	20,70	39,88	14,48
Vigneti	44,69	3,67	0,89	0,32
Totale consumo nelle classi agricole	1.216,25	100,00	275,36	100,00

Tabella 6 Percentuale di suolo a rischio erosione nell'area di Roma Capitale. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati ISPRA, AGEA, Arisial, UniMol (2023)

Classi erosione (t ha ⁻¹ yr ⁻¹)	Percentuale di suolo a rischio erosione (%)
0-0,5	66,61
0,5-1	1,44
1-2	1,55
2-5	5,49
5-10	8,04
10-20	8,81
20-50	6,80
>50	1,26

Tabella 7 Uso del suolo agricolo (2016) in aree a pericolosità idraulica (scenario D.lgs 49/2010) del comune di Roma Capitale.

Fonte: Elaborazioni ISPRA su Carta di uso del suolo della Regione Lazio e cartografia SNPA.

Classe uso del suolo (CdS Lazio 2016)	Bassa (P1) ha	Bassa (P1) %	Media (P2) ha	Media (P2) %	Alta (P3) ha	Alta (P3) %
Seminativi in aree non irrigue	3.271	7,16	1.849	4,05	1.258	2,76
Seminativi in aree irrigue	4.819	61,62	4.110	52,55	3.345	42,77
Vigneti	24	1,40	13	0,74	7	0,41
Frutteti e frutti minori	66	9,64	43	6,28	34	4,98
Oliveti	36	2,67	9	0,65	8	0,61
Altre colture permanenti	1	0,79	1	0,79	1	0,79
Superfici a copertura erbacea densa a composizione floristica rappresentata principalmente da graminacee non soggette a rotazione	1.050	17,09	664	10,80	503	8,19
Colture temporanee associate a colture permanenti	1	0,17	1	0,16	0	0,10
Sistemi colturali e particellari complessi	4	1,00	3	0,93	1	0,17
Aree prevalentemente occupate da coltura agraria con presenza di spazi naturali importanti	2	2,00	2	1,90	2	1,74

Tabella 8 Stima della perdita in quintali e percentuale di produzione agricola per superfici di vigneti, frutteti, oliveti,

foraggiere e seminativi tra il 2012 e il 2021 a causa del consumo di suolo. Fonte: Munafò (2022)

	Perdita di produzione agricola (q)	Perdita di produzione agricola (%)
Frutteti	171,83	0,39
Oliveti	284,95	0,64
Vigneti	369,85	0,84
Foraggiere	20.157,36	45,61
Seminativi	23.212,68	52,52

Tabella 9 Stima della perdita in percentuale per agricoltura biologica e tradizionale di produzione agricola per superfici di vigneti, frutteti, oliveti, foraggiere e seminativi tra il 2012 e il 2021 a causa del consumo di suolo. Fonte: Munafò (2022)

	Perdita nell'a- gricoltura bio- logica (%)	Perdita nell'a- gricoltura tradi- zionale (%)
Frutteti	0,14	2,35
Oliveti	0,83	5,03
Vigneti	0,12	2,41
Foraggiere	1,75	16,81
Seminativi	97,17	73,41

APPENDICE IMPATTI DEGLI EVENTI METEO-IDRICO SUL TERRITORIO COMUNALE DI ROMA



Introduzione

Il territorio della Capitale è colpito da due tipologie di fenomeni meteo-idrologici in particolare: le alluvioni ed i periodi siccitosi.

Nel primo caso si tratta di eventi che interessano Roma sin dalle origini antiche. Fin dalla sua fondazione, la città è sempre stata legata alle vicende del Tevere di cui, ancora oggi, si ha testimonianza grazie a lapidi poste nel centro storico su cui sono riportati i livelli raggiunti dalle esondazioni. Questo problema in passato era legato all'esistenza di acquitrini posti a quote inferiori che comunicavano con il fiume e fu ulteriormente aggravato dalla costruzione delle cloache le quali sboccavano direttamente nel Tevere, contribuendo all'immissione ed all'aumento delle acque. Alcuni periodi sono stati caratterizzati da un forte rispetto e dalla valorizzazione del fiume, altri invece segnati da condizioni di degrado, quindi con conseguenze disastrose in caso di esondazioni, a causa di una cattiva gestione e manutenzione dall'alveo del Tevere.

A tutto questo venne messo un primo freno alla fine del 1800 con la costruzione dei muraglioni, ancora oggi presenti, al fine di contenere le piene lungo l'argine, i quali però hanno determinato un cambiamento radicale del paesaggio fluviale. Geologicamente il Tevere risulta essere l'evoluzione della catena appenninica e il suo tracciato si configura come un reticolo rettangolare con una direzione di scorrimento parallela alla dorsale, tagliandola in alcuni punti bruscamente con dei "gomiti". È ricco di affluenti e subaffluenti ma il suo corso può essere ricondotto a 4 sottobacini fondamentali: uno principale costituito dal basso Tevere e dall'asta fluviale del fiume Paglia che riceve poi gli altri tre affluenti costituiti dall'alto Tevere sotteso dalla diga di Corbara, il fiume Nera e il fiume Aniene. In particolar modo il punto di confluenza tra Tevere e Aniene risulta molto fragile a causa di problemi strutturali. La ripetitività degli eventi ha però mostrato un altro elemento di criticità legato allo sviluppo della città, non tanto rispetto al suo rischio idrogeologico intrinseco, quanto alla sua incapacità di assorbire le piogge anche di modesta entità a causa della sua urbanizzazione spesso abusiva e quindi realizzata in aree a rischio idrogeologico e con inadeguate fognature.

Ma la città di Roma, nel 2018 e in generale negli ultimi anni, si è anche trovata a dover fronteggiare un'emergenza di enorme portata e di segno diametralmente opposto come la siccità. In quell'anno, nonostante nei mesi estivi fossero già state emanate ordinanze per limitare l'uso idrico in giardini, piscine, orti e lavaggio auto e alcune zone fossero soggette all'abbassamento di pressione dell'acqua negli appartamenti, tali iniziative non sono state sufficienti ad evitare una crisi e si è dovuto "attingere" dall'acqua del lago di Bracciano. Questi prelievi hanno provocato un aggravamento delle condizioni già critiche del lago che, a seguito delle captazioni, ha visto arrivare il suo livello idrometrico a -164 cm il 22 luglio 2018, giorno in cui è stata richiesta l'interruzione dei prelievi. Secondo gli studi del CNR, è

fissato a 150 cm l'abbassamento massimo ammissibile del sistema lacustre, dopodiché quest'ultimo rischia il collasso, con ripercussioni catastrofiche. Questo livello minimo, oltre che da un punto di vista ecosistemico, serve anche ad assicurare la funzione "autodepurativa" legata al naturale riciclo delle acque del lago; al di sotto di questa quota, per potabilizzare l'acqua, si dovrebbe ricorrere a costosi sistemi di depurazione. Il lago inoltre contribuisce anche alla denitrificazione del carico d'azoto, ma l'abbassamento delle acque (2 cm al giorno) ha comportato la sparizione della striscia di costa in cui avviene il fenomeno di denitrificazione (necessari 10-20 metri lungo la riva), con conseguente eutrofizzazione e trasformazione del lago in palude.

Infine, un'altra criticità nel territorio comunale di Roma riguarda il litorale, in particolar modo colpito nei recenti anni da violente trombe d'aria, ad Ostia specialmente tra il 2019 ed il 2020, che hanno causato danni a stabilimenti balneari e ristoranti, ed alle auto in sosta per via della caduta di alberi, a cui si aggiungono le mareggiate intense e in alcuni casi fuori stagione.

Gli impatti

Dal 2010 a marzo 2023 incluso sono stati 73 gli eventi meteo-idro che hanno causato danni e che sono stati registrati dall'Osservatorio CittàClima per Roma (www.cittaclima.it). Il settore più colpito quello dei trasporti pubblici, metro e ferrovie su tutti, e della viabilità a causa dei 42 allagamenti da piogge intense e dei 14 casi di danni alle infrastrutture causati dalle piogge; 8 i casi di danni da trombe d'aria e forti raffiche di vento, 4 quelli di danni provocati da mareggiate sul litorale romano. Seguono 3 casi di esondazioni fluviali e 1 ciascuno per danni da grandinate e per temperature record.

Tra gli eventi più gravi vanno ricordati quello del 17 giugno 2015 quando le precipitazioni intense hanno compromesso il traffico ferroviario: la circolazione sulle linee Roma-Formia/Roma-Nettuno è stata rallentata per un guasto al sistema di distanziamento dei treni causato da scariche atmosferiche, tre Intercity e dieci treni regionali hanno registrato ritardi fino a 40 minuti, due sono stati limitati nel loro percorso e altri due sono stati cancellati. Situazione che simile il 2 settembre 2019, con allagamenti causati dalle forti precipitazioni che hanno provocato la chiusura della metro della linea A a Colli Albani: i passeggeri ai tornelli avevano l'acqua alle caviglie. Acqua anche nelle stazioni di San Giovanni e di Subaugusta sempre della linea A, dove sono stati chiusi alcuni ingressi. Problemi anche ai treni, a causa delle scariche atmosferiche, tuoni e fulmini: la linea FL4, la Roma-Cassino/Velletri/Frascati/Albano ha subito rallentamenti per guasti tecnici fra Roma Casilina e Ciampino.

Nel 2020 si sono ripetuti allagamenti in tutta l'area urbana. Il 15 e il 7 ottobre alberi caduti a causa del vento e strade allagate a Montesacro e su viale Cristoforo Colombo, danni al mercato di Colli Albani, chiusa la fermata Cipro della metropolitana. Poi, il 23 settembre, gravi disagi hanno coinvolto tutto il quadrante nord della Capitale con allagamenti e chiusure delle arterie principali, delle metropolitane e delle linee tranviarie.

Nel 2021 sono stati 5 gli allagamenti da piogge intense che hanno causato disagi alla viabilità e ai trasporti pubblici. La linea A della metropolitana ha continuato a mostrare le maggiori criticità, con la stazione Cipro allagata il 24 gennaio a causa delle forti piogge. La stazione Termini e la fermata Re di Roma della linea A sono state sospese al servizio, il 19 aprile, sempre a causa di allagamenti provocati

dal maltempo.

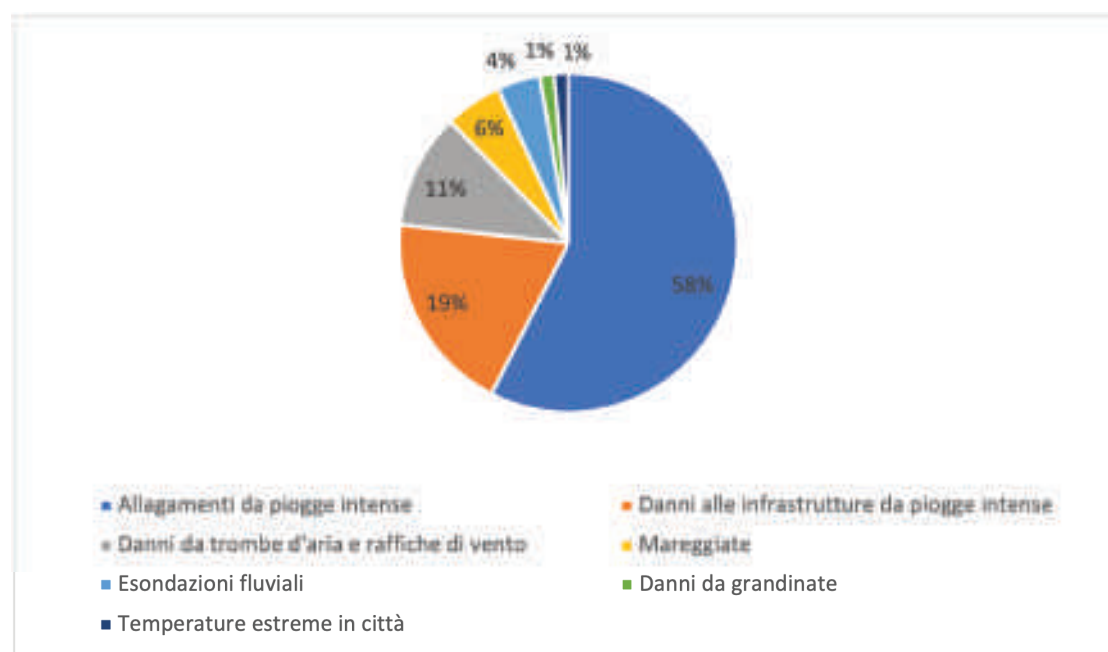
Per il 2022, l'11 ottobre, un forte temporale ha colpito il quadrante est della Capitale, facendo chiudere il sottopasso della metro C all'altezza di Torre Gaia. In precedenza, il 9 agosto e il 22 aprile, il traffico ferroviario è stato sospeso per 3 ore in prossimità di Roma Ostiense per le avverse condizioni meteo, mentre è stata chiusa la stazione della metro B di Circo Massimo a causa delle infiltrazioni d'acqua in seguito a forti piogge.

Gli impatti per tipologia di evento nel Comune di Roma dal 2010 al marzo 2023

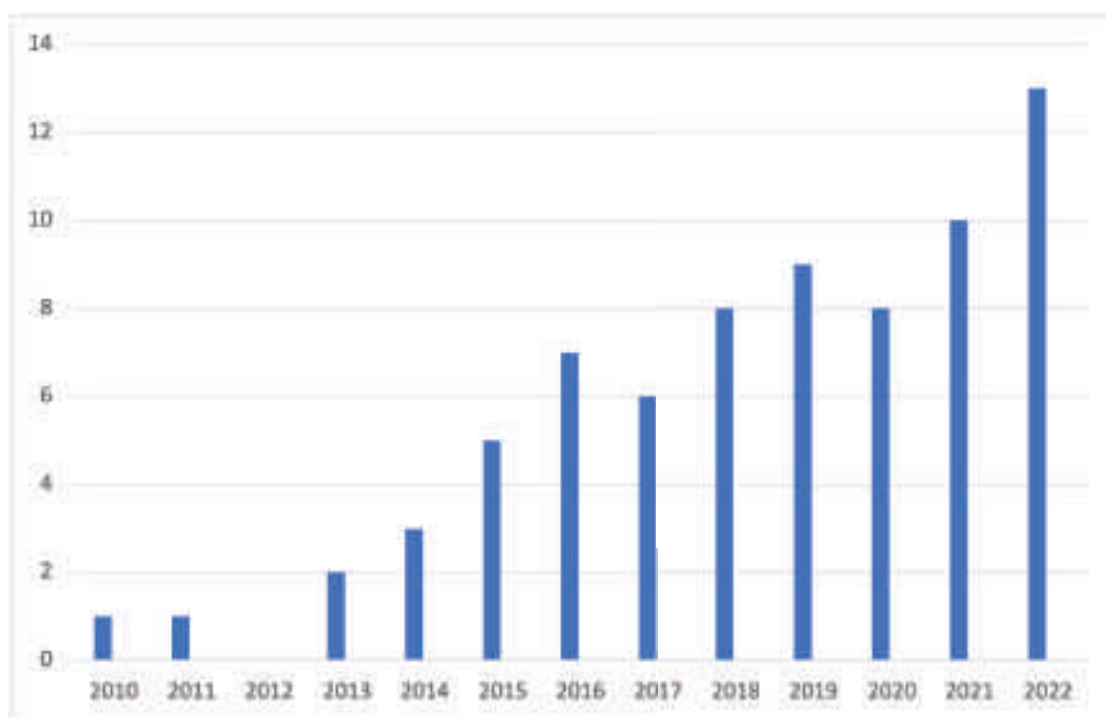
(tabella e grafico)

Tipologia di evento	Numero di casi
Allagamenti da piogge intense	42
Danni alle infrastrutture da piogge intense	14
Danni da trombe d'aria e raffiche di vento	8
Mareggiate	4
Esondazioni fluviali	3
Danni da grandinate	1
Temperature estreme in città	1

Osservatorio CittàClima, 2023

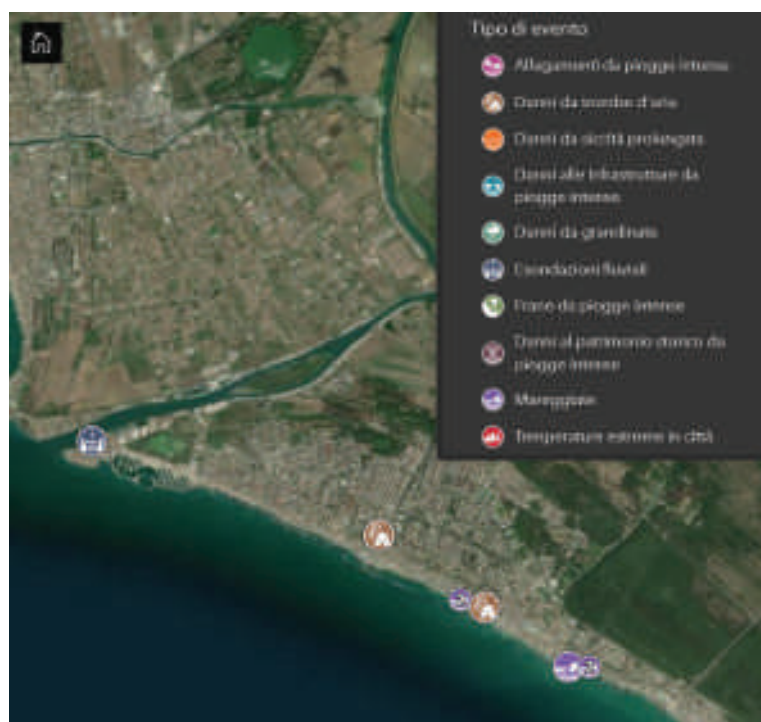


Evoluzione degli eventi meteo-idro negli anni sul territorio del Comune di Roma



Osservatorio CittàClima, 2023

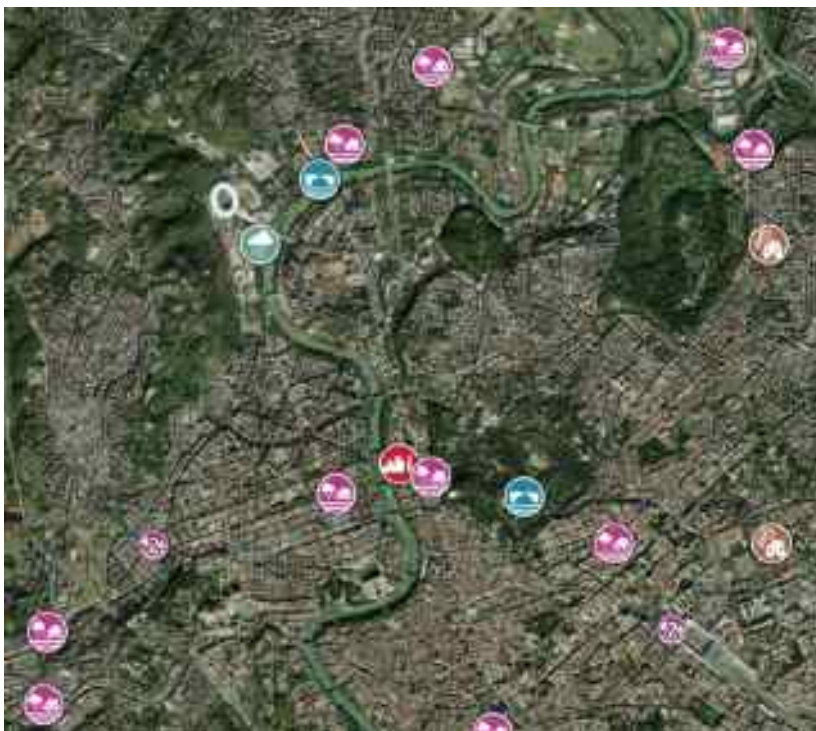
Le mappe tratte da www.cittaclima.it



Ostia e il litorale romano



Quadrante orientale (da Ponte Mammolo a nord a Cinecittà a sud)



Zone centrali e quadrante nord

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

1.1 ANALISI DEI DATI METEOCLIMATICI TRA IL 1971 E IL 2021

- Auci S., Barbieri N., Coromaldi M., Vignani D., 2020, University of Palermo - University of Ferrara - University of Rome N. Cusano - Istat, Innovation for Climate Change Adaptation and Technical Efficiency: an Empirical Analysis, in Rivista Internazionale: Economia Politica (2020) published on line 28.04.2020 ISSN 1120-2890 Springer Editor DOI 10.1007/s40888-020-00182-9 <https://link.springer.com/article/10.1007/s40888-020-00182-9>
- Auci S., Vignani D., 2020, University of Palermo - Istat, Climate Variability and Agriculture in Italy: a Stochastic Frontier Analysis at the Regional Level, in Rivista Internazionale Economia Politica Volume 37 Number 2 (2020) ISSN 1120-2890 Springer Editor Econ Polit (2020) 37:381-409 DOI 10.1007/s40888-020-00172-x <https://link.springer.com/article/10.1007/s40888-020-00172-x>
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023, Climate Change Synthesis Report 2023, DOI 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647, https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_FullVolume.pdf
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022, Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, DOI 10.1017/9781009325844 https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf
- Istat, 2023, Tavole di statistiche e indici di estremi – Temperatura and precipitazione nelle città Capoluogo di Provincia (Anno 2021, Serie storica 2006-2021, Normale Climatologica 1981-2010 <https://www.istat.it/it/archivio/284518>
- Istat, 2023, Statistica Report – Le statistiche dell'Istat sull'acqua (edizioni annuali dal 2016) <https://www.istat.it/it/archivio/282387>
- Istat, 2023, Rapporto SDGs – Informazioni Statistiche per l'Agenda 2030 in Italia, indicatori del Goal 11 Sustainable Cities and Communities (edizioni annuali dal 2018) <https://www.istat.it/it/archivio/285778>
- Istat, 2022, Tavole di statistiche e indici di estremi – Temperatura e precipitazione nei comuni Capoluogo di Provincia (Anno 2020, serie storica 2010-2020) <https://www.istat.it/it/archivio/268397>
- Istat, 2022, Annuario Statistico Italiano (edizioni annuali dal 2010), Capitolo 2 Ambiente ed energia, paragrafo Meteorologia <https://www.istat.it/it/archivio/annuario+statistico+italiano>
- Istat, 2021, Tavole di dati – Temperatura e precipitazione nelle città Capoluogo di Regione e città metropolitane (Anno 2020, serie storica 2010-2020) <https://www.istat.it/it/archivio/263811>
- Istat, 2020, Tavole di dati – Temperatura e precipitazione nelle città Capoluogo di Provincia (Anno 2019) <https://www.istat.it/it/archivio/251803>
- Istat, 2020, Tavole di dati – Temperatura e precipitazione nelle città Capoluogo di Provincia (Anno 2018) <https://www.istat.it/it/archivio/242010>
- Istat, 2019, Tavole di dati – Temperatura e precipitazione nelle città Capoluogo di Provincia (Anno 2017) <https://www.istat.it/it/archivio/236930>
- Istat, 2019, Tavole di dati – Temperatura e precipitazione nelle città Capoluogo di Provincia

- (Anni 2007-2016) <https://www.istat.it/it/archivio/229524>
- Istat, 2018, Statistica Report – Temperatura e precipitazione nelle principali città (Anni 2002-2016) <https://www.istat.it/it/archivio/217402>
 - Istat – Fascicolo documentale della Rilevazione Dati meteorologici ed idrologici Programma Statistico Nazionale IST-02190 (informazioni generali, metodologie, questionario e guida) <https://www.istat.it/it/archivio/202875>
 - UNECE United Nations Economic Commission for Europe, Geneve 2019, Recommendations on the Role of Official Statistics in Measuring Hazardous Events and Disasters, ECE/CES/STAT/2019/3 - ISBN: 978-92-1-117220-1 <https://unece.org/sites/default/files/2021-03/ECECESSTAT20193.pdf>
 - UNECE United Nations Economic Commission for Europe, Geneve 2022, Road Map on Statistics op-le-Smart Sustainable Cities II edition, ECE/CES/STAT/2021/5 - ISBN: 978-92-1-117280-5 https://unece.org/sites/default/files/2022-02/Road_Map_2_E_web.pdf
 - Vignani D., 2023, in BLUE BOOK 2023 I Dati del Servizio Idrico Integrato in Italia, a cura di Utilitatis Fondazione in collaborazione con Istat, ISPRA, Protezione Civile e Autorità di Bacino Italiane E-book, contributo in Capitolo 1 *Acqua e Clima: un legame imprescindibile* <https://www.utilitatis.org/my-product/blue-book-2023>
 - Vignani D., 2023, Istat Statistica Report – Temperatura e precipitazione nelle città capoluogo (Anni 1971-2021) <https://www.istat.it/it/files//2023/05/Dati-meteorologici-Anni-1971-2021.pdf>
 - Vignani D. et al., 2022, Istat Statistica Report – Cambiamenti climatici: misure statistiche (Anno 2020) <https://www.istat.it/it/archivio/268615>
 - Vignani D., 2022, Cambiamenti del Clima nelle principali città italiane, Istat - Fondazione CMCC-SISC https://www.cmcc.it/it/lectures_conferences/cambiamenti-del-clima-nelle-principali-citta-italiane
 - Vignani D., 2020, in Rapporto sul Territorio: ambiente, economia e società, Istat E-book contributo in Capitolo 3 L'uomo e l'ambiente <https://www.istat.it/it/archivio/240989>
 - Vignani D., 2019, Istat in Utilizzo e Qualità della Risorsa Idrica in Italia – Istat E-book <https://www.istat.it/it/archivio/234904>
 - World Meteorological Organization (WMO) of United Nations (UN), Geneve 2023, State of the Climate in Europe 2022, WMO-No. 1320 <https://wmo.int/resources/publications/state-of-climate-europe-2022>
 - World Meteorological Organization (WMO) of United Nations (UN), Geneve 2023, State of the Global Climate 2022, WMO-No. 1316 – ISBN978-92-63-11316 <https://library.wmo.int/records/item/66214-state-of-the-global-climate-2022>
 - World Meteorological Organization (WMO) of United Nations (UN), 2009, Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation, ISBN 978-92-63-11320-7 <https://library.wmo.int/records/item/66206-state-of-the-climate-in-europe-2022>

1.2 VALUTAZIONE DEGLI SCENARI FUTURI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO

- Collins, M., 2007. Ensembles and probabilities: a new era in the prediction of climate change. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering

- Sciences 365.1857, 1957-1970. <http://doi.org/10.1098/rsta.2007.206>
- Hausfather, Z., Glen P., P., 2020. Emissions – the ‘business as usual’ story is misleading.
 - Hennemuth, T.I., Jacob, D., Keup-Thiel, E., Kotlarski, S., Nikulin, G., Otto, J., Szépszó, G., 2017. Guidance for
 - EURO-CORDEX climate projections data use. Version1. 0-2017.08. <https://www.hereon.de/imperia/md/content/csc/cordex/euro-cordex-guidelines-version1.0-2017.08.pdf>
 - IPCC, 2021. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001
 - Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O.B., Bouwer, L.M. et al., 2014. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change* 14(2), 563-578, <http://doi.org/10.1007/s10113-013-0499-2>
 - Jacob, D., Teichmann, C., Sobolowski, S., Katragkou, E., Anders, I., Beldaet, M. et al., 2020. Regional climate downscaling over Europe: perspectives from the EURO-CORDEX community. *Regional Environmental Change* 20(51), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01606-9>
 - Karl, T.R., Nicholls, N., Ghazi, A., 1999. CLIVAR/GCOS/WMO Workshop on Indices and Indicators for Climate Extremes Workshop Summary. In: Karl, T.R., Nicholls, N., Ghazi, A. (Eds.), *Weather and Climate Extremes*. Springer, Dordrecht, pp.3-7.
 - Kendall, M.G. (1975) *Rank Correlation Methods*. 4th Edition, Charles Griffin, London
 - Kotlarski, S., Keuler, K., Christensen, O.B., Colette, A., Déqué, M., Gobiet, A. et al., 2014. Regional climate modeling on European scales: A joint standard evaluation of the EURO-CORDEX RCM ensemble. *Geoscientific Model Development* 7(4), 1297-1333. <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1297-2014>
 - MIMS, 2021. Cambiamenti climatici, infrastrutture e mobilità (a cura di Carraro, C. et al.) Rapporto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, già Ministero per le Infrastrutture e la Mobilità Sostenibili.
 - Peterson, T., Folland, C., Gruza, G., Hogg, W., Mokssit, A., Plummer, N., 2001. Report on the activities of the working group on climate change detection and related rapporteurs. World Meteorological Organization, Geneva
 - Raffa, M., Adinolfi, M., Reder A., P, Mercogliano. et al. Very High-Resolution Projections over Italy under different CMIP5 IPCC scenarios. *Sci Data* 10, 238 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02144-9>
 - Spano D., Mereu V., Bacciu V., Barbato G., Buonocore M., Casartelli V., Ellena M., Lamesso E., Ledda A., Marras S., Mercogliano P., Monteleone L., Mysiak J., Padulano R., Raffa M., Ruiiu M.G.G., Serra V., Villani V., 2021. “Analisi del rischio. I cambiamenti climatici in sei città italiane”. DOI: 10.25424/cmcc/analisi_del_rischio_2021
 - Von Trentini, F., Leduc, M., Ludwig, R., 2019. Assessing natural variability in RCM signals: comparison of a multi model EURO-CORDEX ensemble with a 50-member single model large ensemble. *Climate Dynamics* 53(3), 1963-1979. <https://doi.org/10.1007/s00382-019-04755-8>

2.1.2 SISTEMA GEO-IDROGEOLOGICO

- Amanti M., Gisotti G. & Pecci M. (1995) – I dissesti a Roma in La Geologia di Roma – Il centro storico. Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia, Vol. 50.
- Amanti M., Casagli N., Catani F., D'orefice M. & Motteran G. (1996) – Guida al censimento dei fenomeni franosi ed alla loro archiviazione. miscell. Serv. Geol. d'It., 7: 109 pp., Roma.
- Amanti M., Battaglini L., Campo V., Cipolloni C., Congi M.P., Conte G., Delogu D., Ventura R. & Zonetti C. (2007) – La carta litologica d'Italia alla scala 1: 100.000. Atti del VI Forum Italiano di Scienze della terra, Geoitalia 2007, Rimini.
- Amanti M., Cesi C. & Vitale V. (2008) – Le frane nel territorio di Roma in La Geologia di Roma – Dal centro storico alla periferia. Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia, Vol. 80.
- Amanti M., Chiessi V. & Guarino P.M. (2012) – The 13 November 2007 rock-fall at viale Tiziano in Rome. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12: 1 – 12.
- Amanti M., Troccoli A. & Vitale V. (2013) - Pericolosità geomorfologica nel territorio di Roma Capitale. Analisi critica di due casi di studio: la Valle dell'Inferno e la Valle dell'Almone. Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia, 93: 35 – 66, 31 figg., 3 tavv., Firenze.
- Amanti M., Berti D., Lucarini M., Troccoli A. (2014) – Eventi estremi di precipitazione e criticità geologico-idrauliche nell'area urbana della capitale. In: Focus su Le città e la sfida dei cambiamenti climatici, X Rapporto sulla Qualità dell'ambiente urbano. ISPRA, Stato dell'ambiente 54/14.
- Amanti M., Fabbri M., Ferri G., Scotto G. A., Succhiarelli C. & Troccoli A. (2014). Le frane a Roma tra territorio e istituzioni. Professione Geologo – Notiziario dell'OdG del Lazio, n. 41, Castelnuovo di Porto (RM)
- Funiciello R., Giordano G. & Mattei M. (2008) – Carta Geologica del Comune di Roma in scala 1: 50.000, Firenze.
- Funiciello R. & Giordano G. (2008) – La nuova Carta Geologica di Roma: litostratigrafia e organizzazione stratigrafica. Mem. Descr. Carta Geol. D'It., 80 (1): 39 - 85, 22 figg., Firenze.

2.1.2 SISTEMA GEO-IDROGEOLOGICO

- Amanti M., Gisotti G. & Pecci M. (1995) – I dissesti a Roma in La Geologia di Roma – Il centro storico. Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia, Vol. 50.
- Amanti M., Casagli N., Catani F., D'orefice M. & Motteran G. (1996) – Guida al censimento dei fenomeni franosi ed alla loro archiviazione. miscell. Serv. Geol. d'It., 7: 109 pp., Roma.
- Amanti M., Battaglini L., Campo V., Cipolloni C., Congi M.P., Conte G., Delogu D., Ventura R. & Zonetti C. (2007) – La carta litologica d'Italia alla scala 1: 100.000. Atti del VI Forum Italiano di Scienze della terra, Geoitalia 2007, Rimini.
- Amanti M., Cesi C. & Vitale V. (2008) – Le frane nel territorio di Roma in La Geologia di Roma – Dal centro storico alla periferia. Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia, Vol. 80.
- Amanti M., Chiessi V. & Guarino P.M. (2012) – The 13 November 2007 rock-fall at viale Tiziano in Rome. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12: 1 – 12.
- Amanti M., Troccoli A. & Vitale V. (2013) - Pericolosità geomorfologica nel territorio di Roma Capitale. Analisi critica di due casi di studio: la Valle dell'Inferno e la Valle dell'Almone. Mem.

Descr. Carta Geol. d'Italia, 93: 35 – 66, 31 figg., 3 tavv., Firenze.

- Amanti M., Berti D., Lucarini M., Troccoli A. (2014) – Eventi estremi di precipitazione e criticità geologico-idrauliche nell'area urbana della capitale. In: Focus su Le città e la sfida dei cambiamenti climatici, X Rapporto sulla Qualità dell'ambiente urbano. ISPRA, Stato dell'ambiente 54/14.
- Amanti M., Fabbri M., Ferri G., Scotto G. A., Succhiarelli C. & Troccoli A. (2014). Le frane a Roma tra territorio e istituzioni. Professione Geologo – Notiziario dell'OdG del Lazio, n. 41, Castelnuovo di Porto (RM)
- Funiciello R., Giordano G. & Mattei M. (2008) – Carta Geologica del Comune di Roma in scala 1: 50.000, Firenze.
- Funiciello R. & Giordano G. (2008) – La nuova Carta Geologica di Roma: litostratigrafia e organizzazione stratigrafica. Mem. Descr. Carta Geol. D'It., 80 (1): 39 - 85, 22 figg., Firenze.

2.1.3 LE ACQUE SOTTERRANEE

- Capelli G., Mazza R., Papiccio C. (2007) Saline intrusion in the Tiber Delta. Geology, hydrology and hydrogeology of the coastal plain of the roman sector. Giornale di Geologia Applicata, 5, p. 13-28.
- Capelli G., Mazza R., Taviani S. (2008) Acque sotterranee nella città di Roma. Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia, 80, p. 221-245. ISSN: 0536-0242.
- Di Salvo C., Di Luzio E., Mancini M., Moscatelli M., Capelli G., Cavinato G.P., Mazza R. (2012) GIS-based hydrostratigraphic modeling of the city of Rome (Italy): analysis of the geometric relationships between a buried aquifer in the Tiber Valley and the confining hydrostratigraphic complexes. Hydrogeology Journal, 20, p. 1549-1567. DOI: 10.1007/s10040-012-0899-2.
- La Vigna F., Capelli G., Mazza R. (2008). Assetto idrogeologico del settore terminale del bacino del fiume Aniene. Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia, 80, p. 121-134. ISSN: 0536-0242.
- La Vigna F., Demiray Z., Mazza R. (2013). Exploring the use of alternative groundwater models to understand the hydrogeological flow processes in an alluvial context (Tiber River, Rome, Italy). Environmental Earth Science. DOI 10.1007/s12665-013-2515-8.
- La Vigna F., Di Salvo C. (2013). Understanding the hydrogeological flow processes in the Holocene alluvial aquifers of Tiber River (Rome). Rendiconti online della Società Geologica Italiana, 24.
- La Vigna F., Mazza R. (Ed) (2015). Carta Idrogeologica di Roma – Hydrogeological Map of Rome Scala/Scale 1:50.000. Roma Capitale.
- La Vigna F., Mazza R., Amanti M., Di Salvo C., Petitta M., Pizzino L., Pietrosante A., Martarelli L., Bonfà I., Capelli G., Cinti D., Ciotoli F., Ciotoli G., Conte G., Del Bon A., Dimasi M., Falcetti S., Gafà R.M., Lacchini A., Mancini M., Martelli S., Mastorillo L., Monti G.M., Procesi M., Roma M., Sciarra A., Silvi A., Stigliano F., Succhiarelli C. (2016a) Hydrogeological Map of Rome. Journal of Maps DOI: 10.1080/17445647.2016.1158669.
- La Vigna F., Bonfà I., Coppola A.G., Corazza A., Di Filippo C., Ferri G., Martelli S., Rosa C., Succhiarelli C. (2016b). La città di Roma e le sue falde acquifere: dalle criticità, alle opportunità di resilienza urbana. Acque Sotterranee-Italian Journal of Groundwater 4/142:

59-70. DOI: 10.7343/AS-132-15-0159.

- La Vigna F., Mazza R., Amanti M., Di Salvo C., Petitta M., Pizzino L. (2016c) The synthesis of decades of groundwater knowledge: the new Hydrogeological Map of Rome Acque Sotterranee-Italian Jour-nal of Groundwater 4/142, 9-17 DOI: 10.7343/AS-128-15-0155.
- Lentini A., Meddi E., Galve J.P., Papiccio C., & La Vigna F. (2022) Preliminary identification of areas suitable for Sustainable Drainage Systems and Managed Aquifer Recharge to mitigate stormwater flooding phenomena in Rome (Italy). Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater, 11(4), 43-53. <https://doi.org/10.7343/as-2022-590>.
- Manca F., Capelli G., La Vigna F., Mazza R., Pascarella A. (2014). Wind-induced salt-wedge intrusion in the Tiber river mouth (Rome-Central Italy). Environmental Earth Sciences, DOI 10.1007/s12665-013-3024-5.
- Mazza R., La Vigna F., Capelli G., Dimasi M., Mancini M., & Mastrorillo L. (2015). Hydrogeology of Rome. Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater, 4(4). <https://doi.org/10.7343/as-129-15-0156>.

2.2.1 LA BIODIVERSITÀ DEL TERRITORIO DI ROMA

- Acosta, A., Stanisci, A., Ercole, S., & Blasi, C. (2003). Sandy coastal landscape of the Lazio region (Central Italy). Phytocoenologia, 715-726.
- Biondi, E., Blasi, C., Allegrezza, M., Anzellotti, I., Azzella, M. M., Carli, E., ... & Zivkovic, L. (2014). Plant communities of Italy: the vegetation prodrome. Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 148(4), 728-814.
- Blasi C., Mazzoleni S., Paura B., 1992 - Proposta per una regionalizzazione fitoclimatica della regione Campania. Atti del 2° Colloquio su: "Approcci metodologici per la definizione dell'ambiente fisico e biologico mediterraneo". Seminario scientifico-tecnico, Lecce 15-17/9/1988: 63-82. Ed. Orantes, 1992.
- Blasi, C. (1994). Fitoclimatologia del lazio. Univ. La Sapienza: Regione Lazio, Assessorato Agricoltura-Foreste, Caccia e Pesca.
- Blasi, C., Filesi, L., Fratini, S., & Stanisci, A. (1997). Le cenosi con sughera nel paesaggio tirrenico laziale (Italia centrale). Ecologia mediterranea, 23(3), 21-32.
- Blasi, C., Stanisci, A., Filesi, L., Milanese, A., Perinelli, E., & Riggio, L. (2002). Syndinamics of lowland Quercus frainetto & Q. cerris forests in Lazio (central Italy). Fitosociologia, 39(1), 23-43.
- Blasi C., Zavattero L., Marignani M., Smiraglia D., Copiz R., Rosati L., Del Vico E. (2008) The concept of land ecological network and its design using a land unit approach. Plant Biosystems, Vol. 142 (3): 540-549.
- Blasi, C., Ed. (2010) La Vegetazione d'Italia, con carta delle serie di vegetazione. Palombi & partner Srl, Roma.
- Blasi et al., (2018) Urban and rural green infrastructure: two projects for the metropolitan city of Rome in Paracchini et al. Editors. RECONNECTING NATURAL AND CULTURAL CAPITAL, Publication Office of the European Union: Luxembourg, 253.
- Calvario, E., Sebasti, S., Copiz, R., Salomone, F., Brunelli, M., Tallone, G., & Blasi, C. (2008). Habitat e specie di interesse comunitario nel Lazio. Regione Lazio. Agenzia regionale parchi.

- Capotorti, G., Del Vico, E., Lattanzi, E., Tilia, A., & Celesti-Grapow, L. (2013). Exploring biodiversity in a metropolitan area in the Mediterranean region: The urban and suburban flora of Rome (Italy). *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 147(1), 174-185.
- Capotorti, G., Mollo, B., Zavattero, L., Anzellotti, I., & Celesti-Grapow, L. (2015). Setting priorities for urban forest planning. A comprehensive response to ecological and social needs for the metropolitan area of Rome (Italy). *Sustainability*, 7(4), 3958-3976.
- Capotorti, G., Del Vico, E., Anzellotti, I., & Celesti-Grapow, L. (2016). Combining the conservation of biodiversity with the provision of ecosystem services in urban green infrastructure planning: Critical features arising from a case study in the metropolitan area of Rome. *Sustainability*, 9(1), 10.
- Capotorti et al. (2019). Biodiversity and ecosystem services in urban green infrastructure planning: A case study from the metropolitan area of Rome (Italy). *Urban Forestry and Urban Greening*, 37: 87-96.
- Capotorti, G., Bonacquisti, S., Abis, L., Aloisi, I., Attorre, F., Bacaro, G., ... & Blasi, C. (2020). More nature in the city. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 154(6), 1003-1006.
- Celesti-Grapow, L., Capotorti, G., Del Vico, E., Lattanzi, E., Tilia, A., & Blasi, C. (2013). The vascular flora of Rome. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 147(4), 1059-1087.
- Copiz, R., Burrascano, S., Del Vico, E., Rosati, L., Zavattero, L., & Blasi, C. (2007). Gli habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE) nel Lazio: stato attuale, emergenze e criticità. *Fitosociologia*, 44, 167-170.
- Frondoni, R., Mollo, B., & Capotorti, G. (2011). A landscape analysis of land cover change in the Municipality of Rome (Italy): Spatio-temporal characteristics and ecological implications of land cover transitions from 1954 to 2001. *Landscape and Urban planning*, 100(1-2), 117-128.
- Manes, F., Blasi, C., Salvatori, E., Capotorti, G., Galante, G., Feoli, E., & Incerti, G. (2012). Natural vegetation and ecosystem services related to air quality improvement: Tropospheric ozone removal by evergreen and deciduous forests in Latium (Italy). *Annali di Botanica*, 2, 79-86.
- Valeri, S. et al. (2021). Ecological Connectivity in Agricultural Green Infrastructure: Suggested Criteria for Fine Scale Assessment and Planning. *Land*, 10(8), 807.
- <https://www.mite.gov.it/comunicati/pnrr-mite-al-progetti-da-330-milioni-di-euro-piantare-6-6-milioni-di-alberi-nelle-citta;>
- http://static.cittametropolitanaroma.it/uploads/DELIB.-CM-111-DEL-2016_06_01-

2.2.2 GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA BIODIVERSITÀ

- Alessio G. A., Peñuelas J., Llusà J., Ogaya R., Estiarte M., De Lillis M., 2008. Influence of water and terpenes on flammability in some dominant Mediterranean species. *International Journal of Wildland Fire* 17(2) 274-286 <https://doi.org/10.1071/WF07038>
- Audisio P. (2002) Litorali sabbiosi e organismi animali. From: Quaderni Habitat-Dune e

spiagge sabbiose 63–117.

- Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu y J.P. Palutikof, Eds., 2008: El Cambio Climático y el Agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra, 224 págs.
- Bazzanti M., 2013. Ecologia e conservazione dei macroinvertebrati dei biotopi astatici del litorale laziale, con particolare riferimento alla Tenuta Presidenziale di Castelporziano (Roma). In: Segretariato generale della Presidenza della Repubblica Italiana. Il sistema ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Ricerche sulla complessità di un ecosistema forestale costiero mediterraneo. Terza serie. vol. II. Accademia Nazionale delle Scienze datta dei Quaranta «Scritti e documenti» XLVI, Roma: 329-349.
- Bellini A., Pietromarchi A., Morgana J.G., Gibertini G., 2000 - Studio della fauna ittica per la tutela ed il monitoraggio dei corsi d'acqua nelle Aree Naturali Protette del Comune di Roma. Convegno AAIAD, Codroipo (UD), 29-30 giugno 2000, Pubblicato su Quaderni ETP , 30, 2001, 145-150.
- Biondi M., De Vita S., Pietrelli L., Guerrieri G. & Demartini L., 1995. Uccelli esotici in libertà: distribuzione, adattamento e riproduzione sul Litorale Romano – Gli Uccelli d'Italia, 20: 33-39.
- Biondi M., Guerrieri G., Pietrelli L., 1999. Atlante degli uccelli presenti in inverno lungo la fascia costiera del Lazio (1992-95). Alula, 6: 3-124.
- Biondi M., Guerrieri G., 2001. Status e distribuzione invernale degli Uccelli legati alle zone umide nella Riserva Naturale Statale del Litorale Romano. Uccelli d'Italia, 26: 13-23.
- Biondi M., Pietrelli L., 2005 – Revisione recente sullo status degli uccelli esotici nella città di Roma e lungo il suo Litorale (1978-2003)- In: Atti del Convegno "Ecosistema Roma" (Roma, 14-16 aprile 2004), Accademia dei Lincei, 218:547-552.
- Biondi M., Guerrieri G., De Vita S., Pietrelli L., 2005. Gli uccelli esotici del litorale romano (1978-2004): status, distribuzione ed annotazioni eco-etologiche. Alula XII (1-2): 23-30.
- Cattaneo A., 2013. Osservazioni preliminari sullo status degli Anfibi e dei Rettili della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, con nuovi rilievi sull'eco-biologia di *Elaphe quatuorlineata* e *Natrix natrix* (Serpentes: colubride). In: Segretariato generale della Presidenza della Repubblica Italiana. Il sistema ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Ricerche sulla complessità di un ecosistema forestale costiero mediterraneo. Terza serie. vol. II. Accademia Nazionale delle Scienze datta dei Quaranta «Scritti e documenti» XLVI, Roma: 269-285.
- Conte A., Zappitelli I., Fusaro L., Alivernini A., Moretti V., Sorgi T., Recanatesi F., Fares S., 2022. Significant Loss of Ecosystem Services by Environmental Changes in the Mediterranean Coastal Area. *Forests* 2022, 13, 689. <https://doi.org/10.3390/f13050689>
- Convenzione relativa alle zone umide di importanza internazionale, in particolare quali habitat degli uccelli acquatici, Ramsar, Iran, 2 febbraio 1971.
- Di Giuseppe R., Cappello C., 2016. Gli Uccelli della Riserva Naturale Statale Litorale Romano in inverno: ricerca e check-list, Quaderno della Riserva, vol. 1. A, cura di Programma Natura APS.
- Dugan P. J. (ed.), 1990. Wetland conservation: a review of current issues and required actions. Gland, Switzerland, 96 pp. ISBN 2-8317-0015-9.
- Fares S. Bajocco S., Salvati L., Camarretta N., Dupuy J-L., Xanthopoulos G., Guijarro M., Madrigal J., Hernando C., Corona P., 2017. Characterizing potential wildland fire fuel in live vegetation in the Mediterranean

- Fusaro L., Salvatori E., Mereu S., Silli V., Bernardini A., Tinelli A., Manes F., 2015b. Researches in Castelporziano test site: ecophysiological studies on Mediterranean vegetation in a changing environment. *Rend. Fis. Acc. Lincei* (2015) 26 (Suppl 3):S473-S481 DOI 10.1007/s12210-014-0374-1
- Fusaro L., Salvatori E., Mereu S., Manes F., 2019a. Photosynthetic traits as indicators for phenotyping urban and peri-urban forests: A case study in the metropolitan city of Rome. *Ecological Indicators* 103 (2019) 301-311.
- Fusaro L., Salvatori E., Mereu S., Marando F., Scasselati E., Abbate G., Manes F., 2015a. Urban and peri-urban forests in the metropolitan area of Rome: Ecophysiological response of *Quercus ilex* L. in two green infrastructures in an ecosystem services perspective. *Urban Forestry & Urban Greening* 14 (2015) 1147-1156
- Gibertini G., Meloni M., Pietromarchi A., Quattrocchi L., Vignoli L., Morgana J.G., Moccia G., 1999a - Ecologia della lampreda di ruscello (*Lampetra planeri*, Bloch 1784) nell'alto corso del fiume Aniene: Biologia riproduttiva e relazione con la qualità ambientale. *Quaderni ETP* (28): 161-167. (Atti VII Convegno Nazionale Associazione Italiana Ittiologi Acque Dolci A.I.I.A.D. 14-16 gennaio 1999).
- Grilo F., Pinho P., Aleixo C., Catita C., Silva P., Lopes N., Freitas C., Santos-Reis M., McPhearson T., Branquinho C., 2020. Using green to cool the grey: Modelling the cooling effect of green spaces with a high spatial resolution. *Science of the Total Environment* 724 (2020) 138182.
- Iglesias, A., Quiroga, S., Moneo, M. et al. From climate change impacts to the development of adaptation strategies: Challenges for agriculture in Europe. *Climatic Change* 112, 143-168 (2012). <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0344-x>
- IPCC, 2002. Climate change and biodiversity. Gitay, Suárez, Watson, Dokken (Eds), Geneva, Switzerland. pp 85. ISBN: 92-9169-104-7.
- IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.
- Isotti R., Luiselli L., Tinelli A., Fanfani A., 2013. Analisi della comunità ornitica, risposte statistiche e standardizzazione del metodo. In: Segretariato generale della Presidenza della Repubblica Italiana. Il sistema ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Ricerche sulla complessità di un ecosistema forestale costiero mediterraneo. Terza serie. vol. II. Accademia Nazionale delle Scienze detta dei Quaranta «Scritti e documenti» XLVI, Roma: 243-252.
- Kallis G., 2008. Droughts. *Annual Review of Environment and Resources* 33:1, 85-118.
- La Greca M., 2002. Conclusioni al XXXIII Congresso della Società Italiana di Biogeografia: la presenza dell'uomo e i problemi posti dall'uso degli ambienti naturali costieri. *Biogeographia, Lavori della Società Italiana di Biogeografia*, N.S., 23: 217-232.
- Lucchesi, F. 2022. "La LIPU e il Centro Habitat Mediterraneo di Ostia, esempio virtuoso di sintesi dialettica tra tutela dell'ambiente e valorizzazione del patrimonio culturale". *Geography Notebooks / Quaderni di Geografia / Cahiers de Géographie / Cuadernos de Geografía* 5 (2): 111-128. doi: <https://dx.doi.org/10.7358/gn-2022-002-fluc>
- Maltzeff P., Rivosecchi L., 2013. Nuovi dati sulla ditterofauna della Tenuta Presidenziale di

Castelporziano (Roma). In: Segretariato generale della Presidenza della Repubblica Italiana. Il sistema ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Ricerche sulla complessità di un ecosistema forestale costiero mediterraneo. Terza serie. vol. II. Accademia Nazionale delle Scienze datta dei Quaranta «Scritti e documenti» XLVI, Roma: 387-311.

- Marando F., Salvatori E., Sebastiani A., Fusaro L., Manes F., 2019. Regulating Ecosystem Services and Green Infrastructure: assessment of Urban Heat Island effect mitigation in the municipality of Rome, Italy. *Ecological Modelling* 392 (2019) 92-102
- MASE, 2023. Strategia Nazionale Biodiversità, 2030.
- Masters, Z; Petersen, I; Hildrew, AG; et al. (2007) Insect dispersal does not limit the biological recovery of streams from acidification. *Aquat Conserv* 17(4):375-383.
- Moore, MV; Pace, ML; Mather, JR; et al. (1997) Potential effects of climate change on freshwater ecosystems of the New England/Mid-Atlantic region. *Hydrol Proc* 11:925-947.
- Pavesi, L., Chelazzi, L., Iannilli, V., Lucchesi, B., Renzi, A., De Matthaeis, E., 2009. Abundance, temporal distribution and zonation patterns of talitrids on two apulian sandy beaches (Southern Italy). *Vie Milieu* 59.
- Pavesi, L., Iannilli, V., Zarattini, P., De Matthaeis, E., 2007. Temporal and spatial distribution of three supralittoral amphipod species on a sandy beach of central Italy. *Mar. Biol.* 151. <https://doi.org/10.1007/s00227-006-0604-x>
- Poff, LN; Brinson, MM; Day, JW, Jr. (2002) Aquatic Ecosystems and global climate change: potential impacts on inland freshwater and coastal wetland ecosystems in the United States. Prepared for the Pew Center on Global Climate Change.
- Pollo, A., Piccini, I., Chiara, J., Porro, E., Chiantore, D., Gili, F., Alba, R., Barbi, A., Bogliani, G., Bagliani, M., Doretto, A., Ruffino, C., Malenotti, E., Garazzino, A., Pelosini, R., Siniscalco, C., Bonelli, S., 2022. An Innovative Approach for Subnational Climate Adaptation of Biodiversity and Ecosystems: The Case Study of a Regional Strategy in Italy. *Sustain.* 14, 1-25. <https://doi.org/10.3390/su14106115>
- Pörtner, H.O., Scholes, R.J., Agard, J., Archer, E., Arneth, A., Bai, X., Barnes, D., Burrows, M., Chan, L., Cheung, W.L., Diamond, S., Donatti, C., Duarte, C., Eisenhauer, N., Foden, W., Gasalla, M. A., Handa, C., Hickler, T., Hoegh-Guldberg, O., Ichii, K., Jacob, U., Insarov, G., Kiessling, W., Leadley, P., Leemans, R., Levin, L., Lim, M., Maharaj, S., Managi, S., Marquet, P. A., McElwee, P., Midgley, G., Oberdorff, T., Obura, D., Osman, E., Pandit, R., Pascual, U., Pires, A. P. F., Popp, A., Reyes-García, V., Sankaran, M., Settele, J., Shin, Y. J., Sintayehu, D. W., Smith, P., Steiner, N., Strassburg, B., Sukumar, R., Trisos, C., Val, A.L., Wu, J., Aldrian, E., Parmesan, C., Pichs-Madruga, R., Roberts, D.C., Rogers, A.D., Díaz, S., Fischer, M., Hashimoto, S., Lavorel, S., Wu, N., Ngo, H.T. 2021. IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change; IPBES and IPCC, DOI:10.5281/zenodo.4782538
- Recanatesi F., Giuliani C., Ripa M.N., 2018. Monitoring Mediterranean Oak Decline in a Peri-Urban Protected Area Using the NDVI and Sentinel-2 Images: The Case Study of Castelporziano State Natural Reserve. *Sustainability* 2018, 10, 3308; doi:10.3390/su10093308
- Rosenzweig, C., Solecki, W., Romero-Lankao, P., Mehrotra, S., Dhakal, S., & Ali Ibrahim, S. (Eds.). (2018). *Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781316563878.
- Salvati L., Moretti V., Zitti M. Ferrara C., 2015. Towards soil water scarcity? An exploratory time-series analysis of the aridity index in Castelporziano forest, Rome. *Rend. Fis. Acc. Lincei*

- (2015) 26 (Suppl 3):S289–S295 DOI 10.1007/s12210-015-0409-2
- Schlacher, T.A., Dugan, J., Schoeman, D.S., Lastra, M., Jones, A., Scapini, F., McLachlan, A., Defeo, O., 2007. Sandy beaches at the brink. *Divers. Distrib.* 13, 556–560. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00363.x>
 - Schlacher, T.A., Schoeman, D.S., Dugan, J., Lastra, M., Jones, A., Scapini, F., McLachlan, A., 2008. Sandy beach ecosystems: Key features, sampling issues, management challenges and climate change impacts. *Mar. Ecol.* 29, 70–90. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2007.00204.x>
 - Schoeman, D.S., Schlacher, T.A., Defeo, O., 2014. Climate-change impacts on sandy-beach biota: Crossing a line in the sand. *Glob. Chang. Biol.* 20, 2383–2392. <https://doi.org/10.1111/gcb.12505>
 - Seminara M., Vagaggini D., Stoch F., 2013. Monitoraggio a lungo termine e conservazione delle acque astatiche: i microcrostacei come bioindicatori funzionali dei cambiamenti del regime idrologico. In: Segretariato generale della Presidenza della Repubblica Italiana. Il sistema ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Ricerche sulla complessità di un ecosistema forestale costiero mediterraneo. Terza serie. vol. II. Accademia Nazionale delle Scienze detta dei Quaranta «Scritti e documenti» XLVI, Roma: 313-327.
 - Smith, J.B. (2004) A synthesis of potential climate changes impacts on the U.S. Prepared for the Pew Center on Global Climate Change.
 - U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (2008) Climate change effects on stream and river biological indicators: A preliminary analysis. Global Change Research Program, National Center for Environmental Assessment, Washington, DC; EPA/600/R-07/085. Available from the National Technical Information Service, Springfield, VA, and online at <http://www.epa.gov/ncea>.
 - Ungherese, G., Mengoni, A., Somigli, S., Baroni, D., Focardi, S., Ugolini, A., 2010. Relationship between heavy metals pollution and genetic diversity in Mediterranean populations of the sandhopper *Talitrus saltator* (Montagu) (Crustacea, Amphipoda). *Environ. Pollut.* 158, 1638–1643. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.12.007>.
 - Vannini A., Battisti C., 2013. Avifauna acquatica e canali di bonifica: effetti del dimensionamento e del livello delle acque (Litorale Romano, Italia Centrale). *Alula* XIX (1-2): 1-8.
 - Vitale M., Anselmi S., Salvatori E., Manes F., 2007. New approaches to study the relationship between stomatal conductance and environmental factors under Mediterranean climatic conditions. *Atmospheric Environment* 41(26), 5385-5397.
 - Wong N.H., Tan C.L., Kolokotsa D.D., Takebayashi K., 2021. Greenery as a mitigation and adaptation strategy to urban heat. *Nature Reviews Earth & Environment* 2, 166–181. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-00129-5>
 - WHG, Wetland Horizontal Guidance (WHG) 2000- Doc. n. 12 della CIS (Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive 2000/69/CE)

2.2.3 SOLUZIONI BASATE SULLA NATURA (NBSS) E RUOLO MULTIFUNZIONALE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

- MANES F., MARANDO F., CAPOTORTI G., BLASI C., SALVATORI E., FUSARO L., CIANCARELLA L.,

- MIRCEA M., MARCHETTI M., CHIRICI G., MUNAFÒ M. (2016). Regulating Ecosystem Services of forests in ten Italian Metropolitan Cities: air quality improvement from PM10 and O3 pollution. *ECOLOGICAL INDICATORS*, 67, 425–440.
- MARANDO F., SALVATORI E., SEBASTIANI A., FUSARO L., MANES F. (2019). Regulating Ecosystem Services and Green Infrastructure: assessment of Urban Heat Island effect mitigation in the municipality of Rome, Italy. *ECOLOGICAL MODELLING* 392, 92 – 102.
 - MICHELOZZI P., DE'DONATO F., SCORTICHINI M., DE SARIO M., ASTA F., AGABITI N., ... & DAVOLI M. (2016). On the increase in mortality in Italy in 2015: analysis of seasonal mortality in the 32 municipalities included in the Surveillance system of daily mortality. *Epidemiologia e prevenzione*, 40(1), 22-28.
 - OPPLA. (2023). Disponibile online: <https://oppla.eu/case-study-finder?combine=Rome>
 - ORIOLO R., ANTONUCCI C., SCORTICHINI M., CERZA F., MARANDO F., ANCONA C., MANES F., DAVOLI M., MICHELOZZI P., FORASTIERE F., CESARONI G., 2019. Exposure to Residential Greenness as a Predictor of Cause-Specific Mortality and Stroke Incidence in the Rome Longitudinal Study. *ENVIRONMENTAL HEALTH PERSPECTIVES* 127(2), 27002.
 - SEBASTIANI, A., MARANDO, F., & MANES, F. (2021). Mismatch of Regulating Ecosystem Services for sustainable urban planning: PM10 removal and urban heat island effect mitigation in the Municipality of Rome (Italy). *URBAN FORESTRY & URBAN GREENING*, 57, 126938. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126938>
 - SEBASTIANI, A., SALVATI, R., & MANES, F. (2023). Comparing Leaf Area Index estimates in a mediterranean forest using field measurements, Landsat 8, and Sentinel-2 data. *ECOLOGICAL PROCESSES*, 12(1), 1-13.
 - Urban Governance Atlas (UGA). Disponibile online: <https://interlace-hub.com/new-interactive-database-policy-instruments-nature-based-solutions-and-ecosystem-restoration>

2.3 SISTEMA COSTIERO

- AA.VV. (2006). *Lo stato dei Litorali italiani*. Studi Costieri, vol. 10.
- Cappucci S., Bertoni D., Cipriani L.E., Boninsegni G., Sarti G. (2020). *Assessment of the anthropogenic sediment budget of a littoral cell system (Northern Tuscany, Italy)*. *Water*, 12(11), 3240. <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/11/3240>
- Cappucci S., Lisi I., Ciavola P., Rossi L. (2015). *Sediment delivery at sea by the Magra River, Northern Italy*. *Revue Paralia, édition papier– Volume 8* (2015; ISSN 1760-8716 ISBN 978-2-35921-014-9): 25-30.
- Cappucci S., Scarcella D., Rossi L., Taramelli A. (2011). *Integrated Coastal Zone Management at Marina di Carrara Harbor: sediment management and policy making*. *Journal of Ocean and Coastal Management*, 54: 277-289.
- Onori F, Grauso, S., Regina P., Pasanisi F., Tebano C., Felici F., Marcinò M.A. (2006). *Erosion and sediment supply capacity in two watersheds of Sicily (Southern Italy): a comparison from reservoir sedimentation data*. *Geologia Tecnica ed Ambientale*, 3-4/06, 47-60.
- Pallottini E. e Cappucci S. (2009). *Beach-dune system interaction and evolution*. *Rendiconti online Soc. Geol. It., Vol. 8*, 87-97. (ISSN: 2035-8008).
- Piegay H. e Rinaldi M. (2006). *Gestione sostenibile dei sedimenti in fiumi ghiaiosi incisi in Francia*. *Atti Giornate di Studio “Nuovi approcci per la comprensione dei processi fluviali e la gestione dei sedimenti. Applicazioni nel bacino del Magra.”* Sarzana, Autorità di Bacino del

- Fiume Magra, 59-80.
- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio, 2012;
 - Portale delle coste ISPRA: <https://sinacloud.isprambiente.it/portal/apps/sites/#/coste>
 - Rinaldi M. e Dapporto S. (2005). *Monitoraggio e analisi dei processi di arretramento e dei meccanismi di instabilità di sponde fluviali*. In: M.Brunelli e P.Farabollini (Eds), *Dinamica Fluviale*, Atti Giornate di Studio sulla Dinamica Fluviale, Grottammare, Giugno 2002, Ordine dei Geologi Marche, 165-201.
 - Rinaldi M. e Simoncini C. (2006). *Studio geomorfologico del Fiume Magra e del Fiume Vara finalizzato alla gestione dei sedimenti e della fascia di mobilità*. Atti Giornate di Studio "Nuovi approcci per la comprensione dei processi fluviali e la gestione dei sedimenti. Applicazioni nel bacino del Magra." Sarzana, Ottobre 2006, Autorità di Bacino del Fiume Magra, 93-109.
 - Sannino, G., Carillo A., Iacono R., Napolitano E., Palma M., Pisacane G., Struglia MV. (2022). *Modelling present and future climate in the Mediterranean Sea: a focus on sea-level change*. *Climate Dynamics*. Electronic ISSN 1432-0894, Print ISSN 0930-7575, <https://doi.org/10.1007/s00382-021-06132>
 - Taramelli A., Cappucci S., Valentini E., Rossi L., Lisi I. (2020). *Nearshore Sandbar Classification of Sabaudia (Italy) with LiDAR Data: The FHyl Approach*. *Remote sensing*, 12, 1053. doi:10.3390/rs12071053. <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/7/1053>
 - Valentini E., Taramelli A., Cappucci S., Filipponi F. Nguyen Xuan A. (2020). *Exploring the dunes: the correlations between vegetation cover pattern and morphology for sediment retention assessment using airborne multisensor acquisition*. *Remote Sensing* 12(8):1229. DOI: 10.3390/rs12081229. <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/8/1229>
 - Vanmaercke M., Poesen J., Verstraeten G., de Vente J., Ocakoglu F. (2011). *Sediment yield in Europe: Spatial patterns and scale dependency*. *Geomorphology*, 130, 3–4, 142-161.

2.4.1 INSEDIAMENTI URBANI E INFRASTRUTTURE

- Araos M, Berrang-Ford L, Ford JD, Austin SE, Biesbroek R, et al (2016) *Pianificazione dell'adattamento ai cambiamenti climatici nelle grandi città: una valutazione globale sistematica*. *Ambiente Sci Pol* 66:375-382. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.06.009>
- Benz A (2021) *Policy change and innovation in multilevel governance*, Lansdown, Cheltenham. <https://doi.org/10.4337/9781788119177>
- Croci E, Filpa A, Lucchitta B, Ombuen S (2022) *Declinazione a scala locale degli SDG – Indicazioni per l'integrazione dell'agenda urbana con gli altri strumenti di pianificazione locale* Progetto MASE "Linee guida nazionali per l'Agenda Urbana", deliverable P7 <https://www.mase.gov.it/pagina/linee-guida-nazionali-l-agenda-urbana-nazionale-lo-sviluppo-sostenibile>
- D'Albergo E, Moini G (2015) *Il regime dell'Urbe. Politica, economia e potere a Roma*. Carocci, Roma <https://www.ibs.it/regime-dell-urbe-politica-economia-libro-ernesto-d-albergo-giulio-moini/e/9788843071425>
- Donolo C (2012) *L'arte di governare. Governare processi e transizioni*, Donzelli, Roma
- Edelenbos J, Bressers N, eds. (2013) *Water Governance as Connective Capacity*, Routledge, London <https://doi.org/10.4324/9781315547626>

- Fioretti C, a cura di (2020) *Manuale delle strategie di sviluppo urbano sostenibile*, JRC, European Commission
https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC118841/it_manuale_delle_strategie_di_sviluppo_urbano_sostenibile_.pdf
- Goodwin S, Olazabal M, Castro A J, Pascual U (2023) *Global mapping of urban nature-based solutions for climate change adaptation*, Nature Sustainability, <https://doi.org/10.1038/s41893-022-01036-x>
- Habermas J (1986) *Teoria dell'agire comunicativo*, il Mulino, Bologna
- International Organization for Standardization (2020) *Adaptation to climate change—Requirements and guidance on adaptation planning for local governments and communities*. ISO/TS 14092:2020 <https://www.iso.org/standard/68509.html>
- Lesnikowski A, Biesbroek R, Ford J D, Berrang-Ford L (2020) *Policy implementation styles and local governments: the case of climate change adaptation*, Environmental Politics, 30:5 <https://doi.org/10.1080/09644016.2020.1814045>
- Lonsdale K e al. (2015) *Transformative adaptation: what it is, why it matters & what is needed*, UK Climate Impacts Programme, University of Oxford, Oxford <https://www.ukcip.org.uk/wp-content/PDFs/UKCIP-transformational-adaptation-final.pdf>
- Ombuen S, Filpa A, Barbieri L et al. (2018) *Cambiamento climatico e politiche urbane a Roma. Dalla Carta della Vulnerabilità Climatica alle condizioni operative locali*, in Coppola A, Punziano G (a cura di), "Roma in Transizione. Governo, strategie, metabolismi e quadri di vita di una metropoli.", Vol. 2 pp. 523-538 Planum Publisher
http://media.planum.bedita.net/ac/68/Planum%20Publisher%202018_Roma%20in%20Transizione_Coppola_Punziano_VOL.%202-1.pdf
- Pasqui G, Briata P, Fedeli V, a cura di (2016) *Rapporto sulle città: Le Agende urbane delle città italiane*, Urban@it, il Mulino, Bologna https://www.urbanit.it/wp-content/uploads/2016/10/Sintesi_del_Rapporto_2016-1.pdf
- Patterson J (2021) *More than planning: Diversity and drivers of institutional adaptation under climate change in 96 major cities*, Global Environmental Change, Volume 68 <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102279>.
- Reckien D e al. (2023) *Quality of urban climate adaptation plans over time*, Nature/npj Urban sustainability 3:13
<https://doi.org/10.1038/s42949-023-00085-1>
- Ricardo AEA (2013) *Adaptation strategies for European cities. A toolkit for cities. Final report*. Report for EC Directorate General for Climate Action, Oxfordshire <https://climate-adapt.eea.europa.eu/repository/11156088.pdf/>
- Rosenzweig C. e al., a cura di (2018) *Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network*, Cambridge University Press, New York <https://uccrn.ei.columbia.edu/arc3.2>
- Savin I, Creutzig F, Filatova T, Foramitti J, Konc T, Niamir L, Safarzynska K, van den Bergh J(2023) *Agent based modeling to integrate elements from different disciplines for ambitious climate policy* - Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change <https://doi.org/10.1002/wcc.811>
- Sims R (2007) *Preparing for climate change. A guidebook for Local, Regional and State Governments*, Center for Science in the Earth System, JISAO, University of Washington, King County, Washington; in association with ICLEI – Local Governments for Sustainability <https://>

- cig.uw.edu/wp-content/uploads/sites/2/2020/12/snoveretalgb574.pdf
- UN Development Group (2014) *Localizing the Post-2015 Development Agenda* https://www.uclg.org/sites/default/files/dialogues_on_localizing_the_post-2015_development_agenda.pdf
 - UN HABITAT (2020) *Climate change vulnerability and risk. A guide for community assessments, action planning and implementation* https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/05/climatechange_vulnerabilityandriskguide.pdf
 - C40 cities platform <https://www.c40.org/>
 - European Environment Agency (EEA) Climate Adapt, Urban Adaptation Support Tool <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/knowledge/tools/urban-ast/step-0-0>
 - Climate Copernicus <https://climate.copernicus.eu/demonstrator-projects>
 - European Commission, Futurium; Urban Agenda for the EU – Action plans <https://futurium.ec.europa.eu/en/urban-agenda/action-plan>
 - The Global Centre on Adaptation <https://gca.org/>
 - Global Platform for Sustainable Cities (GPSC), Sustainable Urban Development Assessment (SUDA), Summary Report; Version 1 - August 2020 https://www.thegpsc.org/sites/gpsc/files/gpsc_suda_summary_report_16_oct_revised_external_002.pdf
 - ICLEI – Progetto RAMSES, *Science for cities in transition. Reconciling Adaptation, Mitigation and Sustainable Development for Cities* <https://iclei-europe.org/projects/?c=search&uid=8P45f0jv>
 - ICLEI – Progetto Urban ReLeaf. *Citizen-powered data ecosystems for inclusive and green urban transitions* https://iclei-europe.org/projects/?Urban_ReLeaf-Citizen-powered_data_ecosystems_for_inclusive_and_green_urban_transitions_&projectID=GnDDkSI5

2.4.2 TIPI DI CITTÀ E CLIMA URBANO

- Bonafè G. (2006) Microclima urbano: impatto dell'urbanizzazione sulle condizioni climatiche locali e fattori di mitigazione , ARPA Emilia-Romagna.
- Calzolari V. (1999) Storia e natura come sistema: un progetto per il territorio libero dell'area romana, Argos, Roma p. 105
- Caravaggi L. (2020) *Disconnessioni e infrastrutture di paesaggio*, in CRIOS vol. 19,2020. pp.22-36
- Caravaggi L., Carpenzano O. (2019)*Roma in movimento. Pontili per collegare territori sconnessi*, DiAP PRINT Progetti, Quodlibet
- Caravaggi L., Imbroglini C. (2015), Pontili Corviale. Dispositivi per l'accessibilità dei territori metropolitani, Quodlibet, Macerata
- Caravaggi L., Imbroglini C. (2016) Paesaggi socialmente utili. Accoglienza e assistenza come dispositivi di progetto e di trasformazione urbana, DiAP PRINT Progetti, Quodlibet
- Caravaggi L., Imbroglini C. (2021) *Riallacciare i rapporti tra spazi e servizi*, in AA.VV. *Diritti in città. Gli standard urbanistici in Italia dal 1968 ad oggi*, Donzelli editore, pp. 87-94,
- Caravaggi L., Imbroglini C., Lei A. (2020) *Progetto di paesaggio e interazione con le altre specie viventi*, in RI-VISTA. Ricerche per la Progettazione del Paesaggio 01/2020:18 ,

- Caravaggi L., Imbroglini C., Lei A. (2022) Rome's GRAB—Great Bicycle Ring Route—as Complex. Landscape Infrastructure, in SUSTAINABILITY, 14(2022), pp. 1-22.
- Caravaggi L., Lei A. (2022), *Infrastrutture di paesaggio_categorie per il progetto di nuovi spazi lineari*. In: «Metamorfosi», 11/2022, pp. 28-47
- D'Ambrosio V. (2018) Vulnerabilità climatica, scenari di impatto e strategie di adattamento per la città resiliente, *TECHNE Journal of Technology for Architecture and Environment*, 15.
- Imbroglini C. (2017) Progetti collaborativi di contrasto alla marginalità nell'area metropolitana di Roma, in *PLANUM*, 1, pp. 1-7 ISSN 1723-0993
- Imbroglini C. (2019) *Il bosco in città. Progetti per il litorale di Roma*, in P.O.Rossi O.Carpenzano, Roma tra il fiume, il bosco e il mare, DiAP PRINT Progetti, Quodlibet, pp.40-49
- Imbroglini C. (2019) Non chiamatela periferia, in L.Caravaggi, O.Carpenzano, Roma in movimento. Pontili per collegare territori sconnessi, Quodlibet, Macerata.
- Imbroglini C. (2020) *Utopie ed eterotopie dell'accessibilità. Intervista a Walter Tocci*, in TRASPORTI & CULTURA vol. anno XX (57), pp.151-157
- Musco F., Zanchini E. (2013) Le città cambiano il Clima, Corila, Venezia
- Oke T.R., (2006) Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Cities. Instruments and Observing Methods, WHO No.81,
- UNEP (2023) Annual report 2022, <https://www.unep.org/resources/annual-report-2022>

2.4.3 IL FENOMENO ISOLA DI CALORE URBANO A ROMA

- Se Woong Kim, Robert D. Brown, Urban heat island (UHI) intensity and magnitude estimations: A systematic literature review, *Science of The Total Environment*, Volume 779, 2021, 146389.
- Parham A. Mirzaei, Recent challenges in modeling of urban heat island, *Sustainable Cities and Society*, Volume 19, 2015, Pages 200-206.
- Guattari, C., Evangelisti, L., Balaras, C.A., 2018, On the assessment of urban heat island phenomenon and its effects on building energy performance: A case study of Rome (Italy), *Energy and Buildings*, 158, 605–615
- Heaviside, C., Macintyre, H. & Vardoulakis, S. The Urban Heat Island: Implications for Health in a Changing Environment. *Curr Envir Health Rpt* 4, 296–305 (2017).
- ForecAasting System for urban heat Island effect (ASTI), 2013. <https://lifeasti.eu>
- Cecilia, A., Casasanta, G., Petenko, I., Conidi, A., Argentini, S., Measuring the urban heat island of Rome through a dense weather station network and remote sensing imperviousness data, *Urban Climate*, Volume 47, 2023, 101355.
- Battista, G., Evangelisti, L., Guattari, C., Roncone, R., Balaras, C.A., Space-time estimation of the urban heat island in Rome (Italy): Overall assessment and effects on the energy performance of buildings, *Building and Environment*, Volume 228, 2023, 109878.
- Battista, G.; Roncone, M.; de Lieto Vollaro, E. Urban Overheating Impact: A Case Study on Building Energy Performance. *Appl. Sci.* 2021, 11, 8327. <https://doi.org/10.3390/app11188327>
- Musco, F., Fregolent, L., Pianificazione urbanistica e clima urbano: manuale per la riduzione dei fenomeni di isola di calore urbano, *Il Poligrafo*, 2014.
- Meteo Lazio, Meteo Lazio, (n.d.). <https://www.meteoregionelazio.it/>
- <https://www.mapparoma.info/>

- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma36-quanto-fa-caldo-nei-quartieri-di-roma/>
- Asdrubali, F., Lelo, K., Monni, S., Roncone, M., Tomassi, F. (2022). Le isole di calore nei quartieri di Roma. *Economia e Politica*, 23.
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma7-centro-si-spopola-periferie-hinterland-crescono/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma8-citta-si-espande-boom-prezzi-immobiliari/>

2.5 PATRIMONIO CULTURALE

- Bonazza A., Sardella A., 2023. Climate Change and Cultural Heritage: Methods and Approaches for Damage and Risk Assessment Addressed to a Practical Application . *Heritage* 6(4), 3578-3589. <https://doi.org/10.3390/heritage6040190>
- Bonazza, A. Sustainable Heritage and Climate Change. In *Routledge Handbook of Sustainable Heritage*, 1st ed.; Fouseki, K., Cassar, M., Dreyfuss, G., Ang Kah Eng, K., Eds; Routledge: London, United Kingdom, 2022; pp. 263-271. <https://doi.org/10.4324/9781003038955>
- Bonazza A., Sardella A., Kaiser A., Cacciotti R., De Nuntiis P., Hanus C., Maxwell I., Drdácý T., Drdácý M., 2021. Safeguarding cultural heritage from climate change related hydrometeorological hazards in Central Europe. *International Journal of Disaster Risk reduction*, 63, 102455, ISSN 2212-4209, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102455>.
- Bonazza A., Sabbioni C., Messina P., Guaraldi C., De Nuntiis P., 2009a. Climate change impact: mapping thermal stress on Carrara marble in Europe. *Science of the Total Environment*, 407, 4506-4512.
- Bonazza A., Messina P., Sabbioni C., Grossi C. M., Brimblecombe P. 2009b. Mapping the impact of climate change on surface recession of carbonate buildings in Europe. *Science of the Total Environment* 407, 2039-2050.
- Camuffo, D., 2019: *Microclimate for Cultural Heritage – Measurement, Risk Assessment, Conservation, Restoration and Maintenance of Indoor and Outdoor Monuments*. Third Edition. Elsevier, Amsterdam.
- Sabbioni C., Brimblecombe P., Cassar M., 2010. *The Atlas of Climate Change Impact on European Cultural Heritage. Scientific analysis and management strategies*, Anthem Press, London/New York, pp.146. ISBN 9789279098000 <https://doi.org/10.2777/11959>
- Sardella A., Palazzi E., von Hardenberg J., Del Grande C., De Nuntiis P., Sabbioni C., Bonazza A. 2020. Risk mapping for the sustainable protection of cultural heritage in extreme changing environments. *Special Issue Assessing the Impact of Climate Change on Urban Cultural Heritage. Atmosphere* 10(15), 5106. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos11070700>

2.6 SISTEMA AGRICOLO E ZOOTECNICO

- AA.VV. (2021). *Agrifood – Piano strategico agricolo e alimentare di Roma Capitale*.
- Marino D., (a cura di), Bernaschi D., Cimini A., D'Amico G., Gallo G., Giovanelli G., Giustozzi D., Kollamparambil A., Lirosi L., Mazzocchi G., Minotti B., Pagano G., Stella G., Tarra S. (2022). *Atlante del cibo. Uno strumento per le politiche locali del cibo, Città metropolitana di Roma*

Capitale, CURSA, ISBN 9788894227239.

- Munafò, M. (a cura di), 2022. Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2022. Report SNPA 32/22
- https://geoportale.regione.lazio.it/layers/geosdiownr:geonode:cus_2016

2.7 CAMBIAMENTI CLIMATICI, AMBIENTE URBANO, SALUTE

- Asta F, et al. Effetti delle alte temperature e dell'inquinamento atmosferico sul rischio di nascita pretermine. *Analisi in sei città italiane, 2001-2010*. *Epidemiol Prev*. 2019;43(2-3):152-60. doi: 10.19191/EP19.2-3.P152.054.
- Asta F, et al. Green spaces and cognitive development at age 7 years in a rome birth cohort: The mediating role of nitrogen dioxide. *Environ Res*. 2021;196:110358. doi: 10.1016/j.envres.2020.110358.
- Åström Oudin D, et al. The effect of heat waves on mortality in susceptible groups: a cohort study of a mediterranean and a northern European City. *Environ Health*. 2015;14:30. doi: 10.1186/s12940-015-0012-0.
- Baccini M, et al. Impact of heat on mortality in 15 European cities: attributable deaths under different weather scenarios. *J Epidemiol Community Health*. 2011;65(1):64-70. doi: 10.1136/jech.2008.085639.
- Badaloni C et al. A spatial indicator of environmental and climatic vulnerability in Rome. *Environment International* 2023;176:107970. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107970>
- Ballester J, Quijal-Zamorano, M, Méndez Turrubiates, RF, et al. Heat-related mortality in Europe during the summer of 2022. *Nat. Med*. 2023. <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02419-z>
- Braubach M, et al. Effects of urban green space on environmental health, equity and resilience. In: *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas: Linkages between Science, Policy and Practice* (2017): 187-205. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-56091-5_11
- Chen K, Vicedo-Cabrera AM, Dubrow R. Projections of Ambient Temperature- and Air Pollution-Related Mortality Burden Under Combined Climate Change and Population Aging Scenarios: a Review. *Curr Envir Health Rpt* 2020; 7, 243–255. doi.org/10.1007/s40572-020-00281-6
- de' Donato FK, et al. 2018a. Changes in the Effect of Heat on Mortality in the Last 20 Years in Nine European Cities. Results from the PHASE Project. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;12(12):15567-83. doi: 10.3390/ijerph121215006.
- de' Donato F. 2018b. The use of satellite data, meteorology and land use data to define high resolution temperature exposure for the estimation of health effects in Italy. Phd Thesis Imperial college London. <https://doi.org/10.25560/77795>
- de' Donato F, et al. 2018c. Temporal variation in the effect of heat and the role of the Italian heat prevention plan. *Public Health*. 2018;161:154-62. doi: 10.1016/j.puhe.2018.03.030.
- D'Ippoliti D, et al. The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. *Environ Health*. 2010;9:37. doi: 10.1186/1476-069X-9-37.
- de' Donato F, et al. Future attributable deaths of heatwaves in Italian cities using high resolution climate change scenarios. *Environmental Epidemiology* 2019;3:357-8. DOI:

10.1097/01.EE9.0000609956.43849.45

- European Commission, Climate change impacts and adaptation in Europe. JRC PESETA IV final report (Feyen L., Ciscar J.C., Gosling S., Ibarreta D., Soria A. Eds) 2020. ISBN 978-92-76-18123-1 ISSN 1831-9424. doi:10.2760/171121
- Gasparrini A, et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet*. 2015;386(9991):369-75. doi: 10.1016/S0140-6736(14)62114-0.
- Gasparrini A, et al. Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *Lancet Planet Health*. 2017;1(9):e360-e367. doi:10.1016/S2542-5196(17)30156-0.
- Guo Y, et al. Quantifying excess deaths related to heatwaves under climate change scenarios: A multicountry time series modelling study. *PLoS Med*. 2018;15(7):e1002629. doi: 10.1371/journal.pmed.1002629.
- IPCC, 2022. O'Neill B. et al. "Key Risks Across Sectors and Regions.," In: Pörtner H-O, Roberts DC, Tignor M, et al., editors. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press (2022). p.2411–2538. doi: 10.1017/9781009325844.025
- Lancet Countdown 2022. Romanello M, Di Napoli C, Drummond P, et al. The 2022 report of the Lancet Countdown on health and climate change: health at the mercy of fossil fuels. *Lancet* 2022;400:1619-54. <https://www.lancetcountdown.org/2022-report/>
- Marinaccio A, et al. Nationwide epidemiological study for estimating the effect of extreme outdoor temperature on occupational injuries in Italy. *Environ Int*. 2019 Dec;133(Pt A):105176. doi: 10.1016/j.envint.2019.105176.
- Masselot P, Mistry M, Vanoli J, Schneider R, lungman T, et al. Excess mortality attributed to heat and cold: a health impact assessment study in 854 cities in Europe. *Lancet Planet Health* 2023. Published Online March 16, 2023. doi.org/10.1016/S2542-5196(23)00023-2
- Michetti M., Gualtieri M., Anav A., Adani M., Benassi B., Dalmastri C., D'Elia I., Piersanti A., Sannino G., Zanini G., Uccelli R. 2022a. Climate change and air pollution: translating their interplay into present and future mortality risk for Rome and Milan municipalities. *Science of the Total Environment*. 2022; 830 - 154680. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154680
- Michetti M, Adani M, Anav A, Benassi B, Dalmastri C, D'Elia I, Gualtieri M, Piersanti A, Sannino G, Uccelli R, Zanini G. 2022b. From single to multivariable exposure models to translate climatic and air pollution effects into mortality risk. A customized application to the city of Rome, Italy. *MethodsX* 9 - 101717. 2022. doi.org/10.1016/j.mex.2022.101717
- Michelozzi P, et al. The impact of the summer 2003 heat waves on mortality in four Italian cities. *Euro Surveill*. 2005;10(7):pii=556. <https://doi.org/10.2807/esm.10.07.00556-en>
- Michelozzi P, et al. High temperature and hospitalizations for cardiovascular and respiratory causes in 12 European cities. *Am J Respir Crit Care Med*. 2009 Mar 1;179(5):383-9. doi: 10.1164/rccm.200802-217OC.
- Michetti M, et al. Climate change and air pollution: Translating their interplay into present and future mortality risk for Rome and Milan municipalities. *Sci Total Environ*. 2022;830:154680. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.154680.
- Ministero della Salute CCM. Linee di Indirizzo per la Prevenzione Ondate di calore e inquinamento atmosferico. https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_2867_allegato.pdf

- Orioli R, et al. Exposure to Residential Greenness as a Predictor of Cause-Specific Mortality and Stroke Incidence in the Rome Longitudinal Study. *Environ Health Perspect.* 2019;127(2):27002. doi: 10.1289/EHP2854.
- Piano Operativo Regionale per la prevenzione degli effetti sulla salute delle ondate di calore della Regione Lazio. <https://www.deplazio.net/it/temi/151-piano-di-prevenzione-e-sistema-di-allarme-ondate-di-calore>
- Rosano A, Pacelli B, Zengarini N, Costa G, Cislighi C, Caranci N. Aggiornamento e revisione dell'indice di deprivazione italiano 2011 a livello di sezione di censimento. *Epidemiol Prev.* 2020 Mar-Jun;44(2-3):162-170. Italian. doi: 10.19191/EP20.2-3.
- Raffa M, et al. Very High Resolution Projections over Italy under different CMIP5 IPCC scenarios. *Sci Data.* 2023 Apr 26;10(1):238. doi: 10.1038/s41597-023-02144-9.
- Schifano P, et al. Susceptibility to heat wave-related mortality: a follow-up study of a cohort of elderly in Rome. *Environ Health.* 2009;8:50. doi: 10.1186/1476-069X-8-50.
- Scortichini M, et al. Short-Term Effects of Heat on Mortality and Effect Modification by Air Pollution in 25 Italian Cities. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(8):1771. doi: 10.3390/ijerph15081771.
- Sistema Nazionale di allarme per la prevenzione degli effetti delle ondate di calore sulla salute (HHWWS). Bollettini sulle ondate di calore. <https://www.salute.gov.it/portale/caldo/bollettiniCaldo.jsp?lingua=italiano&id=4542&area=emergenzaCaldo&menu=vuoto&btnBollettino=BOLLETTINI>
- Stafoggia M, et al. Vulnerability to heat-related mortality: a multicity, population-based, case-crossover analysis. *Epidemiology.* 2006;17(3):315-23. doi: 10.1097/01.ede.0000208477.36665.34.
- Stafoggia M, et al. 2021 Effects of Air Temperature on Cardiopulmonary Mortality and Morbidity in Europe. doi:[10.5281/zenodo.5742457](https://doi.org/10.5281/zenodo.5742457).
- Tobías A, Hashizume M, Honda Y, Sera F, Ng CFS, et al. Geographical Variations of the Minimum Mortality Temperature at a Global Scale. *Environmental Epidemiology.* 2021; 5: e169. doi:10.1097/EE9.0000000000000169
- Vandyck T., Ebi K. L., Green D., Cai W., Vardoulakis S. Climate change, air pollution and human health. *Environ. Res. Lett.* 2022 (17) 100402. doi.org/10.1088/1748-9326/ac948e
- WHO 2021. Heat and health in the WHO European Region: updated evidence for effective prevention. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/339462>
- WHO, WMO. ClimaHealth Platform. Global Knowledge for Climate and Public Health. <https://climahealth.info/>
- Zhao Q, Guo Y, Ye T, Gasparrini A, Tong S, Overcenco A, et al. Global, regional, and national burden of mortality associated with non-optimal ambient temperatures from 2000 to 2019: a three-stage modelling study. *Lancet Planet Health.* 2021. 5(7): e415-e425. doi:10.1016/S2542-5196(21)00081-4. PMID: 34245712.

2.7 CAMBIAMENTI CLIMATICI, AMBIENTE URBANO, SALUTE

- Autorità di Distretto Idrografico dell'Italia Centrale (2018). Il Piano Roma Sicura. Primo rapporto su rischio alluvioni, frane, cavità del sottosuolo e acque sotterranee. https://www.isprambiente.gov.it/files2018/pubblicazioni/rapporti/piano_roma_sicura.pdf

- Lelo, K., Monni, S., & Tomassi, F. (2021). *Le sette Rome: la capitale delle disuguaglianze raccontata in 29 mappe*. Donzelli editore, Roma
- Munafò, M. Cesetti F. (a cura di) (2021). *L'uso e il consumo di suolo di Roma Capitale Analisi della copertura del suolo nel territorio di Roma Rapporto 2021*. Roma Capitale e Ispra https://www.comune.roma.it/web-resources/cms/documents/Rapporto_Uso_e_Consumo_Suolo_Roma_2021_def.pdf
- Nanni, G., Minutolo, A. (a cura di)(2022). *Il clima è già cambiato. Gli impatti di siccità e caldo estremo sulle città, i territori e le persone* Osservatorio nazionale CittàClima Legambiente <https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2022/11/Rapporto-CittaClima-2022.pdf>
- Roma Capitale (2015). *Piano Regolatore Generale di Roma Capitale* <http://www.urbanistica.comune.roma.it/prg.html>
- Roma Capitale (2018). *Il sistema locale delle imprese a Roma Capitale* https://www.comune.roma.it/web-resources/cms/documents/Imprese_RC_2018.pdf
- Roma Capitale (2021). *Annuario statistico 2020* https://www.comune.roma.it/web-resources/cms/documents/Annuario_statistico_2020_agg_giugno2021_1.pdf
- Roma Capitale (2022). *Annuario statistico 2021* https://www.comune.roma.it/web-resources/cms/documents/Annuario_2021_completo_agg30062022.pdf
- Roma Capitale (2023). *Annuario statistico 2022* https://www.comune.roma.it/web-resources/cms/documents/annuario_aggiornamento_giugno_2023_.pdf
- Osservatorio nazionale CittàClima Legambiente (2023) *Gli impatti degli eventi meteo-idro sul territorio comunale di Roma*. Report Osservatorio nazionale CittàClima Legambiente
- Zanchini, E. Nanni, G., Minutolo, A. (a cura di). (2021). *Il clima è già cambiato. Le città e le reti di fronte alla sfida dell'adattamento climatico*, Osservatorio nazionale CittàClima Legambiente https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2021/11/Report-OsservatorioCittaClima2021.pdf?_gl=1*1czm9ww*_up*MQ..*_ga*MTg3NTA4NzYyNS4xNjk3NDg3NTc3*_ga_LX7CNT6SDN*MTY5NzQ4NzU3NC4wLjAuMTY5NzQ4NzU3NC4wLjAuMA..
- #MappaRoma <https://www.mapparoma.info/>
- #MappaRoma <https://www.mapparoma.info/roma/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma42-il-reddito-dei-romani-nel-2021-aumenta-il-divario-tra-la-citta-ricca-e-la-citta-del-disagio/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma41-le-disuguaglianze-nell'uso-di-energia-elettrica-e-il-rischio-di-poverta-energetica-nelle-zone-urbanistiche-di-roma/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma37-il-reddito-dei-romani-nel-2020-primo-anno-della-pandemia-da-covid-19/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma36-quanto-fa-caldo-nei-quartieri-di-roma/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma33-labusivismo-a-roma/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma32-reddito-dei-romani/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma31-reddito-di-cittadinanza-roma-covid-19/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma29-mappa-invisibili-migranti-senza-dimora-covid-19/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma28-reddito-cittadinanza-disuguaglianze/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma25-esclusione-sociale-quartieri-roma/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma24-disuguaglianze-e-case-popolari-quartieri-roma/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma20-differenze-di-genere/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma15-case-di-proprietà/>

- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma12-sviluppo-umano-nei-municipi-roma/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma8-citta-si-esponde-boom-prezzi-immobiliari/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma7-centro-si-spopola-periferie-hinterland-crescono/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma4-esquilino-straniero-torrino/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma3-occupazione-roma-periferia-est-litorale-maggior-disagio/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma2-centro-costa-troppo-famiglie-fuori-raccordo/>
- <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma1-parioli-laureati-tor-cervara/>
- CMCC Foundation Report Roma <https://www.cmcc.it/it/report-roma>
- Commissione Europea conseguenze dei cambiamenti climatici, <https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change.it>
- Idrogeo Ispra Città Metropolitana di Roma <https://idrogeo.isprambiente.it/app/pir/p/58?@=41.85334670105908,12.5149106323926,6>
- Osservatorio nazionale CittàClima Legambiente <https://cittaclima.it/mappa/>
- Roma Capitale Analisi statistiche <https://www.comune.roma.it/web/it/analisi-statistiche.page>
- Sistema Informativo Geografico Città Metropolitana di Roma https://siticatasto.cittametropolitanaroma.it/siticloud/SitiCatastoCloud.jsp?comune=PROV#TAB_0

RIFERIMENTI DI PIANI E PROGRAMMI DI INTERESSE PER LA STRATEGIA

Livello	Piano, Programma, Studio di settore	Riferimento / link
Euro-peo	Strategia europea di adattamento climatico	https://climate.ec.europa.eu/eu-action/adaptation-climate-change/eu-adaptation-strategy_en
Statale	Piano Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici	https://www.mase.gov.it/sites/default/files/PNACC_DOCUMENTO_DI_PIANO.pdf https://www.mase.gov.it/sites/default/files/PNACC_II_Allegato_Metodologie_Strategie_Piani_Locali.pdf
	Strategia nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici	https://www.mase.gov.it/notizie/strategia-nazionale-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici-0
	Strategia nazionale per lo sviluppo sostenibile	https://www.mase.gov.it/pagina/la-strategia-nazionale-lo-sviluppo-sostenibile
Regionale	Piano regionale di Transizione Ecologica (PTE)	https://www.lazioecologicoedigitale.it/app/uploads/2023/01/piano-per-la-transizione-ecologica-WEB.pdf
	Strategia di sviluppo sostenibile	https://progetti.regione.lazio.it/contrattidifiume/wp-content/uploads/sites/53/LAZIO-SOSTENIBILE-Contributo-adattamento-cambiamenti-climatici.pdf
Metropolitano	Piano Strategico metropolitano	https://pianostrategico.cittametropolitanaroma.it/

Comunale	Piano di Azione per l'Energia Sostenibile ed il Clima (PAESC)	Deliberazione di Assemblea Capitolina n. 174 del 14 Novembre 2023 https://www.comune.roma.it/web-resources/cms/documents/Piano_Climate_2023_light_230914_095428.pdf
	Strategia di Resilienza	https://www.comune.roma.it/web-resources/cms/documents/strategiaresilienza180618.pdf
	Linee Guida di Forestazione Urbana Sostenibile di Roma Capitale	Deliberazione della Giunta Capitolina n. 151 del 7 agosto 2018 https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/linee-guida-di-forestazione-urbana-sostenibile-per-roma-capitale
	Piano di protezione civile Roma 2021	https://www.comune.roma.it/web/it/scheda-servizi.page?contentId=INF723287&stem=piano_generale_di_emergenza
	Carta delle cavità sotterranee di Roma	https://www.isprambiente.gov.it/files2017/cartografia/carta_cavita_sotterranee_Roma.pdf
	Le frane nel territorio di Roma	http://sgi2.isprambiente.it/franeroma/
	Analisi del rischio ai cambiamenti climatici	https://www.cmcc.it/it/report-roma
	Piano della permeabilità dei suoli di Roma Capitale	Deliberazione della Giunta Capitolina n. 233 del 28 settembre 2021 Report: https://soil4life.eu/wp/wp-content/uploads/2021/04/S4L.Az-B6_Report-Carta-della-permeabilita.pdf
	Città dei 15 Minuti	https://www.comune.roma.it/web/it/dipartimento-programmazione-e-attuazione-urbanistica-progetti/citta-15-minuti-riqualificazione.page
	Contrasto allo spreco alimentare	https://www.comune.roma.it/web/it/attivita-progetto.page?contentId=PRG807701

PIANI E STRATEGIE URBANE

Copenaghen

https://en.klimatilpasning.dk/media/568851/copenhagen_adaption_plan.pdf

Rotterdam

https://static1.squarespace.com/static/5f082078d610926644d22e00/t/621e3a61f6c1665ece53bf4d/1646148232693/UB_RAS_EN_lr.pdf

Barcellona

<https://www.barcelona.cat/barcelona-pel-clima/en>

Parigi

<https://www.paris.fr/pages/paris-s-adapte-au-changement-climatique-18541>

Londra

<https://climate.cityofnewyork.us/initiatives/adaptnyc/#:~:text=AdaptNYC%20is%20New%20York%20City's%20plan%20to%20adapt%20to%20climate%20change.&text=AdaptNYC%20identifies%20the%20Climate%20Change,residents%2C%20property%2C%20and%20infrastructure.>

New York

<https://climate.cityofnewyork.us/initiatives/adaptnyc/#:~:text=AdaptNYC%20is%20New%20York%20City's%20plan%20to%20adapt%20to%20climate%20change.&text=AdaptNYC%20identifies%20the%20Climate%20Change,residents%2C%20property%2C%20and%20infrastructure.>

San Francisco

<https://www.sfenvironment.org/media/13679/download?inline>

Seattle

https://www.seattle.gov/documents/Departments/Environment/ClimateChange/SEAClimatePreparedness_August2017.pdf

Milano

https://partecipazione.comune.milano.it/uploads/decidim/attachment/file/325/Sub_allegato_5_DEF_Linee_Guida_PAC_.pdf

Brescia

<https://www.comune.brescia.it/aree-tematiche/urban-center/progetto-un-filo-naturale/un-filo-naturale>

Bologna

<https://www.comune.bologna.it/servizi-informazioni/piano-adattamento-citta-bologna>

GLOSSARIO

A cura di  cmcc

Variazione climatica: È la comparazione matematica (usualmente espressa in termini di differenza per la temperatura, e di rapporto per la precipitazione) tra una caratteristica statistica di interesse di una variabile fisica valutata nell'orizzonte futuro rispetto al periodo di riferimento. Tale comparazione prescinde, per definizione, da quanto simile alle osservazioni sia la grandezza di interesse fornita dal modello nel periodo di riferimento, e può quindi essere ritenuta una informazione particolarmente robusta. Inoltre, il calcolo delle variazioni climatiche non richiede l'applicazione di tecniche statistiche di riduzione dell'errore sistematico del modello basate sul confronto su un lungo periodo temporale tra dati di osservazione e dati prodotti dal modello climatico.

Antropogenico: effetto causato dagli esseri umani.

Cambiamento climatico: con il termine cambiamento climatico ci si riferisce a un cambiamento dello stato del clima che persiste per un periodo di tempo prolungato (solitamente di decenni o più), e identificabile (per esempio, attraverso l'uso di test statistici) da cambiamenti della media e/o della variabilità delle sue proprietà. Il cambiamento climatico può essere dovuto a processi naturali interni, o a forzanti esterni, come le modulazioni dei cicli solari, le eruzioni vulcaniche, e i ripetuti cambiamenti antropogenici della composizione dell'atmosfera o dell'uso del suolo. Si noti che la Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), nel suo art.1, definisce il cambiamento climatico come: "un cambiamento del clima, attribuibile direttamente o indirettamente all'attività umana, che altera la composizione dell'atmosfera globale e che si somma alla variabilità climatica naturale osservata nel corso di periodi di tempo confrontabili". Pertanto, l'UNFCCC fa una distinzione tra il cambiamento climatico imputabile alle attività umane che alterano la composizione dell'atmosfera e la variabilità climatica attribuibile a cause naturali.

Ciclo stagionale: calcolato come media mensile, sul trentennio considerato, della variabile di interesse. Denominato anche ciclo annuale.

Clima: Il clima in senso stretto è solitamente definito come il tempo meteorologico medio o, in maniera più rigorosa, come la descrizione statistica in termini di media e variabilità di grandezze rilevanti, nel corso di un periodo di tempo che va da mesi a migliaia o milioni di anni. Il periodo classico per calcolare la media di queste variabili è trent'anni, secondo la definizione dell'Organizzazione meteorologica mondiale (WMO - World Meteorological Organization). Le grandezze rilevanti sono nella maggior parte dei casi variabili superficiali, come temperatura, precipitazioni e venti. In senso più ampio e generale, il

clima è lo stato, con l'inclusione di una descrizione statistica, del sistema climatico.

Estremi climatici: Il verificarsi del valore di una variabile atmosferica al di sopra (o sotto) di un valore di soglia vicino all'estremità superiore (o inferiore) della gamma di valori osservati della variabile. Sono intesi come sinonimi di eventi estremi e eventi meteorologici estremi.

Impatti (conseguenze, esiti): gli effetti sui sistemi naturali e umani. Nel Rapporto WGII AR5 dell'IPCC, il termine impatti è usato principalmente per riferirsi agli effetti degli eventi meteorologici e climatici estremi e del cambiamento climatico, sui sistemi naturali e umani. Gli impatti generalmente si riferiscono agli effetti su persone, abitazioni, salute, ecosistemi, beni e risorse economiche, sociali e culturali, servizi (inclusi quelli ambientali) e infrastrutture dovuti all'interazione dei cambiamenti climatici o degli eventi climatici pericolosi che si presentano entro uno specifico periodo di tempo, e alla vulnerabilità di una società o di un sistema esposti ai cambiamenti climatici stessi. Ci si riferisce inoltre agli impatti come a conseguenze ed esiti. Gli impatti del cambiamento climatico sui sistemi geofisici, compresi alluvioni, siccità e innalzamento del livello del mare, rappresentano un sottoinsieme di impatti denominati impatti fisici.

Indicatore climatico: È l'espressione matematica della grandezza ovvero della variabile climatica di interesse. Il framework ETCCDI (*Expert Team on Climate Change Detection and Indices*, http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml) identifica una serie di indicatori climatici di particolare interesse rappresentativi di un vasto ventaglio di impatti. Naturalmente, indicatori sempre nuovi possono essere definiti per descrivere specifiche problematiche o impatti. Gli indicatori climatici sono spesso utilizzati per effettuare valutazioni di variazione, in modo da descrivere, in maniera efficace e sintetica, i pericoli principali di aree anche vaste. In altre parole, gli indicatori climatici possono dare informazioni utili per comprendere come evolverà l'impatto di interesse in quanto descrive una particolare caratteristica (indicatore) del clima atteso che può determinare l'occorrenza o meno di quell'impatto.

Livello medio dei mari: Il livello della superficie degli oceani in uno specifico punto, mediato su un periodo di tempo prolungato, come un mese o un anno. Il livello medio del mare è spesso utilizzato come datum nazionale cui sono riferite le altezze terrestri.

Modello climatico: Per modello climatico si intende, in generale, uno strumento che consenta di avere informazioni circa le principali variabili fisiche che regolano i processi atmosferici e l'interazione suolo-atmosfera. Più correttamente, gli standard attuali della comunità climatica fanno riferimento alla cosiddetta "catena di simulazione climatica" (*Climate Simulation Chain, CSC*), che è articolata nei seguenti step:

1. Scelta dello scenario RCP di riferimento;
2. Simulazione alla scala globale che considera lo scenario RCP come condizione iniziale e al contorno. Tale simulazione può essere fatta attraverso i *Global Climate Models* (GCM), costituiti da un sistema di equazioni che descrivono le principali dinamiche atmosferiche e oceaniche, oppure mediante i più sofisticati *Earth System Models* (ESM), che includono la modellazione dei più rilevanti processi fisici, chimici e biologici. In entrambi i casi, tali simulazioni forniscono risultati con una copertura globale e, conseguentemente, una risoluzione orizzontale bassa, dell'ordine dei 50-80 km. Risoluzioni più spinte sono usualmente più difficili da ottenere a causa

delle notevoli risorse computazionali necessarie per processare e archiviare le informazioni.

3. *Downscaling* della simulazione globale. Il downscaling può essere statistico oppure dinamico. Il secondo caso, più frequente, consta di un modello climatico regionale (*Regional Climate Model*, RCM), che risolve i processi fisici e atmosferici che occorrono a scale spazio-temporali più risolte. Gli RCM vengono eseguiti utilizzando i risultati della simulazione globale come condizione al contorno, e forniscono risultati su domini più ristretti (ma comunque transnazionali) con una risoluzione orizzontale dell'ordine di "qualche" km. Ad esempio, per l'Italia sono disponibili simulazioni con risoluzione di circa 12, circa 8 e circa 2 km. Per maggiori approfondimenti si veda la voce "proiezioni climatiche".

Percentile: All'interno di un campione statistico formato da realizzazioni di una variabile casuale, il percentile corrispondente a un livello di probabilità pari a X% è il valore al di sotto del quale si trova il X% degli elementi del campione (compreso il valore stesso). Il percentile è spesso utilizzato per stimare gli estremi della distribuzione. Ad esempio, il 90-simo (10-mo) percentile può essere utilizzato come riferimento per la soglia dei valori più alti (bassi).

Pericolo: Per "pericolo" si intende la quantificazione del fenomeno fisico dal quale ci si vuole cautelare, riferito ad una data area geografica e una data finestra temporale. In relazione al cambiamento climatico, la definizione è ristretta alle variabili climatiche "sorgente", quali ad esempio temperatura e precipitazione. Con riferimento al settore delle risorse idriche, un possibile pericolo climatico è rappresentato dalla variazione dei volumi stagionali di precipitazione su di un'area di ricarica di falda, i cui possibili impatti sono la diminuzione dei volumi idrici prelevabili dalla sorgente, l'abbassamento del livello di falda e/o l'intrusione del cuneo salino, a seconda delle caratteristiche locali. Tali impatti hanno conseguenze in cascata, ad esempio, sul fabbisogno irriguo e la possibilità di soddisfarlo, nonché sulla competizione con gli usi idropotabili.

Periodo di riferimento: L'arco temporale descrittivo del clima corrente rispetto al quale si vogliono analizzare gli eventuali cambiamenti nelle caratteristiche climatiche di un orizzonte temporale futuro. Per la sua selezione, bisogna considerare almeno due esigenze: da un lato, la sua ampiezza deve essere sufficientemente, ma non eccessivamente, estesa, in modo da ritenere, all'interno del periodo, il clima omogeneo e valutabile in modo robusto; dall'altro, si deve trattare di un arco temporale all'interno del quale siano disponibili dati sufficienti (in termini di copertura e risoluzione spaziale e temporale) per le variabili fisiche che si intende analizzare, come ad esempio precipitazione e temperatura.

Proiezione climatica: Si tratta dei risultati delle simulazioni effettuate a mezzo di modelli climatici. Solitamente, si fa riferimento alle "proiezioni" per sottolineare i risultati riguardanti un orizzonte temporale futuro; tuttavia, le simulazioni climatiche coprono un arco temporale più vasto, che comprende il periodo di riferimento, per il quale si abbiano osservazioni delle variabili fisiche modellate. Ciò allo scopo sia di inizializzare correttamente il modello, sia di costituire un riferimento rispetto al quale valutare un eventuale cambiamento. È bene ricordare in questa sede che le proiezioni, anche se caratterizzate da una risoluzione temporale giornaliera (o in alcuni casi oraria) si distinguono dalle "previsioni" poiché non possono essere considerate utili in una prospettiva *day-by-day*. In altre parole, le proiezioni non forniscono informazioni circa il valore che una variabile assumerà in una specifica data, ma è più corretto invece valutare la distribuzione statistica e le sue

proprietà (media, varianza, etc.).

Rischio climatico: Il potenziale di conseguenze avverse in cui è in gioco qualcosa di valore e in cui il verificarsi e il grado di un risultato sono incerti. Nel contesto della valutazione degli impatti climatici, il termine rischio è spesso usato per riferirsi alle potenziali conseguenze negative di un pericolo legato al clima, o alle risposte di adattamento o mitigazione a tale pericolo, su vite, mezzi di sussistenza, salute e benessere, ecosistemi e specie, beni economici, sociali e culturali, servizi (compresi i servizi ecosistemici) e infrastrutture. Il rischio deriva dall'interazione della vulnerabilità (del sistema interessato), dalla sua esposizione nel tempo (al pericolo), nonché dal pericolo (legato al clima) e dalla probabilità del suo verificarsi.

Scenario climatico: la rappresentazione plausibile e spesso semplificata del clima futuro, basata su un insieme internamente coerente di relazioni climatologiche, costruita per un suo uso esplicito nell'indagine delle potenziali conseguenze del cambiamento climatico antropogenico, e che serve spesso come input ai modelli sugli impatti. Le proiezioni climatiche spesso servono da materiale grezzo per costruire scenari climatici, ma gli scenari climatici di solito richiedono ulteriori informazioni, come per esempio sul clima attuale osservato.

Scenario di concentrazione: Secondo il 5° Rapporto IPCC, un parametro fisico che ben descrive la presenza di attività antropiche è la concentrazione di gas clima-alteranti (GHG) in atmosfera. Per prevedere come si evolverà il clima nel prossimo futuro, si richiede la contestuale previsione dell'evoluzione della concentrazione di GHG in atmosfera, la quale dipende, a sua volta, da molteplici fattori economici e sociali, quali la crescita della popolazione, lo sviluppo tecnologico e industriale, la tipologia di combustibili utilizzati, e simili. Data la complessità inerente tali valutazioni, la letteratura fornisce solo delle possibili ipotesi, definite appunto "scenari climatici". Il 5° Rapporto IPCC seleziona, ritenendoli di particolare interesse, un numero ristretto di tali scenari, i cosiddetti *Representative Concentration Pathways* (RCP). Tali scenari fattivamente sono costituiti da serie temporali di emissioni e concentrazioni di tutti i gas clima-alteranti, gli aerosol e i gas chimicamente attivi, nonché i cambiamenti attesi di suolo e relative coperture (*land use land cover*, LULC), che portano, all'anno 2100, ad uno specifico valore di *forcing* radiativo, cioè di cambiamento nel flusso radiativo nella parte più esterna dell'atmosfera. L'attributo "*representative*" sta ad indicare che un RCP è soltanto una singola realizzazione tra i molteplici possibili percorsi che possono portare allo stesso valore di *forcing*. L'attributo "*pathway*" ricorda invece che ad essere determinante, per l'evoluzione del clima, non è soltanto il valore finale di *forcing* ma anche la traiettoria con cui lo si raggiunge. Il 5° Rapporto IPCC identifica quattro RCP significativi (Figura 1), ciascuno caratterizzato da un andamento coerente con l'implementazione, o la non implementazione, di politiche di mitigazione ovvero di riduzione delle emissioni, corrispondenti all'adempimento, o meno, degli accordi internazionali (in particolare il *Paris agreement*, stipulato nel 2015):

- RCP 2.6. Tale scenario prevede il raggiungimento di un *forcing* radiativo pari a +2.6 W/mq entro il 2100 rispetto ai livelli preindustriali. La traiettoria è caratterizzata dalla presenza di un picco di concentrazione (corrispondente a un forcing di circa +3 W/mq) intorno al 2050 e poi una stabile diminuzione, determinata dal perseguimento di una massiccia strategia di mitigazione.
- RCP 4.5. Tale scenario prevede il raggiungimento di un *forcing* radiativo pari a +4.5 W/mq entro

il 2100, rispetto ai livelli preindustriali, in modo pressoché asintotico, e scaturisce dall'ipotesi di implementazione di politiche di mitigazione efficaci, ma non tanto quanto accade per RCP 2.6.

- RCP 6.0. Tale scenario prevede il raggiungimento di un *forcing* radiativo pari a +6.0 W/mq entro il 2100 rispetto ai livelli preindustriali, valore che tuttavia è destinato ad incrementare ulteriormente oltre il 2100. Rispetto allo scenario RCP 4.5, RCP 6.0 prevede politiche di mitigazione ancora più blande.
- RCP 8.5. Tale scenario prevede il raggiungimento di un *forcing* radiativo pari a +8.5 W/mq entro il 2100 rispetto ai livelli preindustriali, destinato ad incrementarsi ulteriormente nei secoli successivi. Tale scenario è definito *worst case* poiché corrispondente all'ipotesi di sviluppo economico, tecnologico e sociale basato interamente sull'utilizzo di combustibili fossili non rinnovabili.

Temperatura superficiale media globale: una stima della temperatura superficiale media globale dell'aria. Tuttavia, per variazioni nel corso del tempo, si utilizzano solo le anomalie, come le deviazioni da una climatologia, più comunemente basate sulla media globale pesata sull'area dell'anomalia di temperatura superficiale del mare, e dell'anomalia della temperatura dell'aria sulla superficie terrestre.

Variabilità climatica: con il termine variabilità climatica ci si riferisce alle variazioni dello stato medio e di altre statistiche (come la deviazione standard, l'occorrenza di eventi estremi, etc.) del clima a tutte le scale spaziali e temporali oltre a quella dei singoli eventi meteorologici. La variabilità può essere dovuta a processi interni naturali, all'interno del sistema climatico (variabilità interna), o a variazioni del forzante esterno naturale o antropogenico (variabilità esterna).



Strategia di adattamento climatico

Coordinamento

Ufficio di Scopo Clima

Direttore: Edoardo Zanchini

Danila Severa, Massimo Della Gatta, Massimiliano Cafaro.

Gruppo di lavoro

Assessorato all'Agricoltura, Ambiente e Ciclo dei rifiuti

Assessore: Sabrina Alfonsi

Assessorato ai Lavori Pubblici e alle Infrastrutture

Assessore: Ornella Segnalini

Assessorato Urbanistica

Assessore: Maurizio Veloccia

Assessorato alla Mobilità

Assessore: Eugenio Patanè

Assessorato al Patrimonio e alle Politiche Abitative

Assessore: Andrea Tobia Zevi

Dipartimento Protezione Civile

Direttore: Giuseppe Napolitano

Andrea Lorito, Gianluca Ferri, Vittorio Malara, Piero Pelliccioni, Giovanna Antonella Scotto, Francesca Vetro

Dipartimento Coordinamento Sviluppo Infrastrutture e Manutenzione Urbana

Direttore: Ernesto Dello Vicario.

Massimiliano Antonazzo.

Dipartimento Tutela Ambientale

Direttore: Giuseppe Sorrentino.

Direttore Direzione gestione territoriale e ambientale del verde: Marina Mantella.

Dipartimento Ciclo dei Rifiuti Prevenzione e Risanamento dagli Inquinamenti

Direttore: Paolo Gaetano Giacomelli

Claudio Papiccio, Isidoro Bonfà

Dipartimento Programmazione e Attuazione urbanistica

Direttore: Gianni Gianfrancesco

Dirigente UO Rigenerazione e progetti speciali: Enrica De Paulis

Dipartimento Mobilità Sostenibile e Trasporti

Direttore: Antonello Fatello

Dipartimento Valorizzazione del Patrimonio e Politiche Abitative

Direttore: Tommaso Antonucci

Dipartimento Pianificazione strategica e PNRR

Direttore: Raffaele Barbato

Si ringrazia per il contributo scientifico alla costruzione del quadro conoscitivo

Fondazione CMCC

Paola Mercogliano, Giuliana Barbato Alessandro Pugliese, Giuseppe Giugliano, Alfredo Reder, Marta Ellena (Divisione REMHI, modelli regionali ed impatti geo-idrologici). Un ringraziamento particolare per il supporto nell'impostazione della Strategia.

Enea

Elisabetta Salvatori (Dipartimento di Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Sezione Supporto Tecnico Strategico), Patrizia Menegoni, Giancarlo Morgana, Valentina Iannilli (Dipartimento di Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Protezione e valorizzazione del Territorio e del Capitale naturale, Laboratorio Biodiversità e Servizi Ecosistemici).

Sergio Cappucci, Gianmaria Sannino + Dott. Roberto Iacono (SSPT MET CLIM); Dott. Lorenzo Moretti (SSPT MET DISPREV); Dott. Massimiliano Palma (SSPT MET CLIM); Dr.ssa Gaia Righini (SSPT MET).

Massimo Iannetta, Nicola Colonna, Valentina Tolaini (Dipartimento di sostenibilità dei sistemi produttivi e territoriali, Divisione biotecnologie e agroindustria).

Raffaella Uccelli, Claudia Dalmastrì (Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione tecnologie e metodologie per la salvaguardia della Salute).

Michela Langone, Luigi Petta (Dipartimento di Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli).

Ispra

Marco Amanti, Valerio Vitale, Danilo D'Angiò, Vittorio Chiessi, Francesco La Vigna, Rossella Maria Gafà (Servizio Geologico d'Italia).

Filippo D'Ascola, Andrea Salmeri (Centro Nazionale Coste).

Francesca Giordano (Servizio per le valutazioni ambientali, integrate e strategiche, e per le relazioni tra ambiente e salute).

Michele Munafò, Alice Cavalli, Angela Cimini, Ines Marinosci (Servizio per il sistema informativo nazionale ambientale)

CNR

Alessandra Bonazza, Alessandro Sardella (Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima)

Istat

Donatella Vignani (Direzione Centrale per le Statistiche Ambientali e Territoriali)

Dipartimento di Epidemiologia SSR Lazio, ASL Roma 1 (DEP Lazio)

Paola Michelozzi, Chiara Badaloni, Francesca de'Donato, Manuela De Sario.

Università La Sapienza

Carlo Blasi, Giulia Capotorti, Eva Del Vico, Duilio Iamónico, Sandro Bonacquisti, Laura Zavattero, Fausto Manes, Laura Varone (Centro di ricerca interuniversitario biodiversità, servizi ecosistemici, sostenibilità).

Lucina Caravaggi, Cristina Imbroglini, Anna Lei (Dipartimento architettura e progetto).

Daniela De Leo (Dipartimento pianificazione, design, tecnologia dell'architettura).

Università Roma Tre

Andrea Filpa, Simone Ombuen, Lorenzo Barbieri (Dipartimento di architettura)

Francesco Asdrubali (Dipartimento di ingegneria industriale, elettronica e meccanica)

Autorità distrettuale di Bacino dell'Italia Centrale

Marco Casini, Giovanni Michelazzo e Pietro Ciaravola, Paola Malvati, Paolo Traversa, Manuela Ruisi, Giuseppina Piantadosi, Francesca Banzato, Sara Tavianì.

Areti

Ercole De Luca, Azzurra Trinci, Alessandro Palazzoli, Paolo Sancioni.

Ferrovie dello Stato

Fabio Ricci Feliziani

Consorzio di bonifica

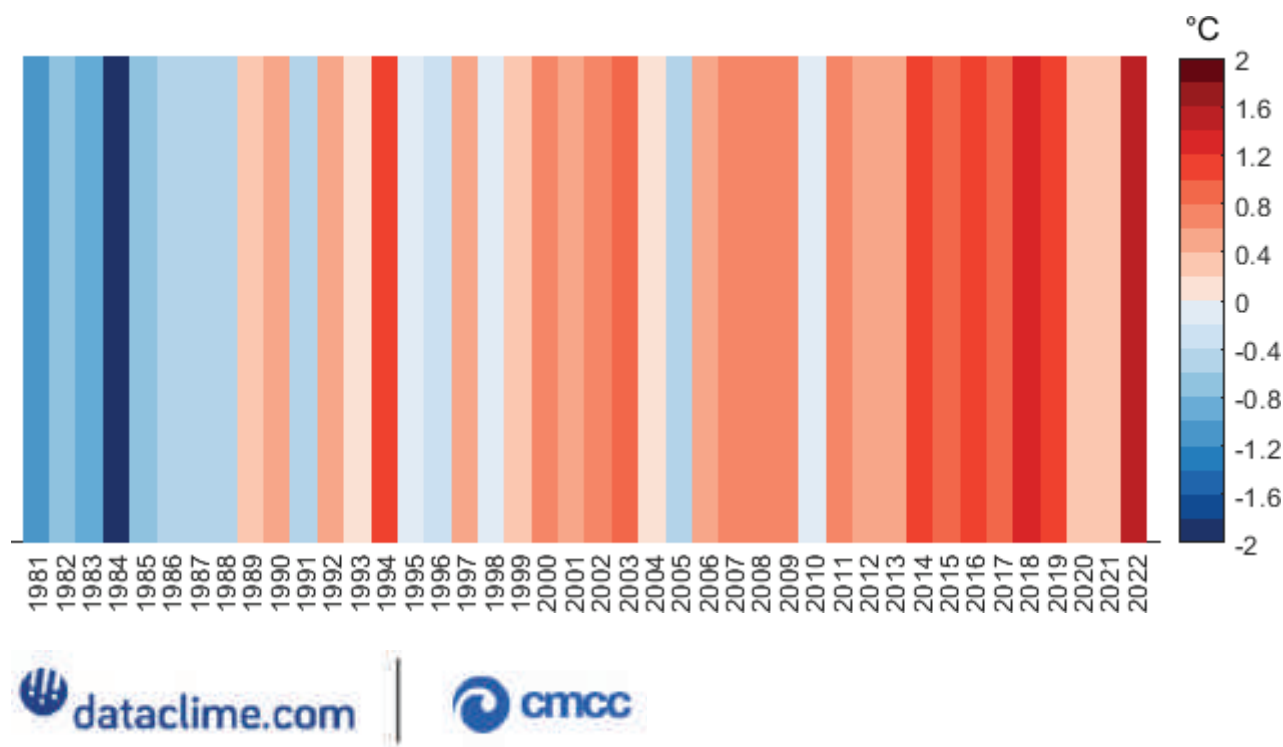
Niccolò Sacchetti (presidente del Consorzio di Bonifica litorale Nord), Paolo Burla (direttore Area tecnica del consorzio di bonifica), Marco Tolli (Roma Capitale, responsabile dei rapporti con il Consorzio Bonifica litorale Nord).

Legambiente

Gabriele Nanni



CLIMATE STRIPES: I COLORI DEL RISCALDAMENTO CLIMATICO A ROMA



La copertina della Strategia riprende le climate stripes di Roma. Queste sono una raffigurazione grafica del clima che cambia inventata dallo scienziato Ed Hawkins dell'Università di Reading e rappresentano per ogni anno la differenza tra la temperatura atmosferica superficiale annuale e il valore medio della medesima temperatura calcolato sul periodo 1981-2010. Le strisce per il Comune di Roma sono state elaborate dalla Fondazione CMCC (Centro euro-mediterraneo per i cambiamenti climatici) utilizzando modelli climatici avanzati ad alta risoluzione. Se le strisce sono rosse vuol dire che siamo sopra il valore medio del periodo 1981-2010 (più caldo della media), se sono blu siamo sotto la media.

