



Piano di Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima - Piano di Adattamento -

Comune di Terracina

Documento emesso in data luglio 2019

Partner tecnico: PAES Engineering Srl



	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 2 di 104

INDICE

1	PREMESSA.....	5
2	INTRODUZIONE.....	5
3	PRESENTAZIONE DEL TERRITORIO E DELLA POPOLAZIONE.....	6
3.1	IL COMUNE	6
3.2	PROFILO DEL TERRITORIO.....	7
3.3	INQUADRAMENTO CLIMATICO	9
3.3.1	"Gradi Giorno"	9
3.3.2	Zona Climatica	9
4	PIANO DI ADATTAMENTO AL CAMBIAMENTO CLIMATICO.....	10
4.1	PREMESSA.....	10
4.2	CAMBIAMENTO CLIMATICO LOCALE: COMUNE DI TERRACINA.....	11
4.2.1	Indici Climatici.....	12
4.2.2	Trend del cambiamento climatico: temperatura	16
4.2.3	Trend del cambiamento climatico: precipitazione	24
4.3	PROIEZIONI FUTURE GLOBALI	34
4.4	PROIEZIONI FUTURE LOCALI	34
4.5	RESILIENZA URBANA.....	35
5	CONSEGUENZE DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SUL SISTEMA URBANO	37
5.1	SALUTE UMANA.....	37
5.1.1	Proposte per la tutela della salute umana	40
5.2	TURISMO	41
5.2.1	Vulnerabilità e rischio nel comune di Terracina per il turismo estivo.....	43
5.3	ZONE COSTIERE.....	44
5.4	RISORSA IDRICA	44
5.4.1	Rischio idrogeologico e idrologico.....	46

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 3 di 104

5.4.2	Scarsità della risorsa idrica	51
5.4.3	Il comparto agricolo.....	52
5.5	QUALITÀ DELL'ARIA	53
5.6	SERVIZI ECOSISTEMICI	54
6	STRATEGIE DI MITIGAZIONE E ADATTAMENTO.....	57
6.1	ISOLE DI CALORE.....	58
6.1.1	Spazi di aggregazione collettiva.....	60
6.1.2	Green Infrastructures	61
6.1.3	Aree ombreggiate e parchi urbani.....	69
6.1.4	Cool Roofs e Cool Pavement.....	78
6.1.5	Utilizzo dell'acqua: sistemi di nebulizzazione.....	79
6.1.6	Sistemi alternativi di raffrescamento	80
6.2	RISCHIO IDROLOGICO	84
6.2.1	Riqualificazione urbana: nuovi spazi permeabili	85
6.2.2	Rain gardens	86
6.2.3	Aree ombreggiate, parchi e tetti verdi	90
6.3	RISCHIO IDROGEOLOGICO.....	91
6.4	SCARSITÀ DELLA RISORSA IDRICA.....	93
6.4.1	Sistemi di raccolta dell'acqua piovana	94
6.4.2	Sensibilizzazione della popolazione.....	95
6.4.3	Comparto agricolo: sistemi alternativi per l'irrigazione	96
6.5	AZIONI IN MATERIA URBANISTICA	97
6.5.1	Strumenti per l'edilizia esistenti.....	97
6.5.2	Possibili strumenti per l'edilizia futuri.....	100
6.6	ECOSISTEMI E BIODIVERSITÀ.....	101

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 4 di 104

7	CONCLUSIONI	103
---	-------------------	-----

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 5 di 104

1 PREMESSA

Il presente documento denominato “Piano di Adattamento”, è parte integrante del “Piano d’Azione per l’Energia Sostenibile e il Clima” del Comune di Terracina e costituisce il secondo dei documenti redatti a seguito dell’adesione al **“Patto dei Sindaci per l’Energia e per il Clima”**. Questa iniziativa Europea, vede coinvolte migliaia di autorità locali e regionali impegnate su base volontaria a raggiungere sul proprio territorio gli obiettivi UE per l’energia e il clima. Con il loro impegno, i nuovi firmatari mirano a ridurre le emissioni di CO₂ di almeno il 40% entro il 2030 e ad adottare un approccio integrato per affrontare la mitigazione e l’adattamento ai cambiamenti climatici.

Al primo documento che descrive dettagliatamente le strategie per il raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni viene allegato il presente documento che affronta in maniera approfondita le tematiche legate alla mitigazione degli impatti e alla capacità di adattamento ai cambiamenti climatici. Lo scopo principale è quello di aumentare la resilienza urbana nell’ottica di un clima che cambia.

2 INTRODUZIONE

Il Comune di Terracina ha aderito al Patto dei Sindaci per l’Energia ed il Clima e si sta impegnando nella sensibilizzazione dei cittadini per la riduzione delle emissioni da gas climalteranti e per l’adattamento agli impatti derivanti dal cambiamento climatico.

Il presente Piano di Adattamento analizza i dati climatici (pioggia e temperatura) locali dal 1957 ad oggi; valuta le variazioni climatiche attuali e future; analizza i principali impatti e criticità; individua i recettori ambientali e sociali direttamente interessati dal cambiamento climatico e propone una strategia di adattamento al fine di mitigare gli impatti individuati ed aumentare la resilienza della città.

Dal Piano di Adattamento emergono chiaramente tre criticità: il fenomeno delle isole di calore in continuo aumento, la riduzione delle piogge con problemi di approvvigionamento della risorsa idrica e l’aumento degli eventi estremi con incremento del rischio idrogeologico.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 6 di 104

3 PRESENTAZIONE DEL TERRITORIO E DELLA POPOLAZIONE

3.1 IL COMUNE

Terracina è un comune italiano di circa 45.000 abitanti della provincia di Latina nella regione del Lazio. Si trova sulle rive del mar Tirreno tra il promontorio del Circeo e la penisola di Gaeta. Inoltre il comune confina con i comuni di Fondi, Monte San Biagio, Sonnino, Pontinia, Sabaudia e San Felice Circeo. La città si sviluppa alle pendici dei monti Ausoni al termine della piana dell'agro pontino e rappresenta un punto di passaggio obbligato per le comunicazioni nella direzione nord-sud della provincia di Latina. Il territorio comunale si estende per circa 136,40 kmq ed oltre al centro abitato di Terracina comprende anche il borgo agricolo di Borgo Hermada. In prossimità di Terracina si ha la foce del fiume Amaseno, sulla costa tirrenica del golfo di Gaeta. La città si sviluppa da una propaggine del Monte Sant'Angelo, dove giace il centro storico, fino al lungomare Circe. Nell'abitato si possono distinguere due nuclei: il più antico, che sorge su uno sperone di roccia calcarea circondato dal verde degli olivi e delle viti, conserva la sua impronta medievale, con edifici arricchiti da portici, bifore e loggiati ad archi acuti che si affacciano su piazzette e strette vie.

La rupe di Pisco Montano segna nettamente il confine meridionale nel centro abitato. A sud si apre la pianura di Fondi, a nord l'urbanizzazione digrada progressivamente verso la campagna aperta e i borghi rurali.

All'estremità meridionale della pianura pontina, tra il promontorio del Circeo e la penisola di Gaeta, è collegata rispettivamente a Roma e a Formia dalle strade statali di grandi comunicazione n. 148 Pontina e n. 213 Flacca ed è attraversata dalla statale n.7 Appia, importante arteria che conduce da Roma a Brindisi, in Puglia. Terracina è inoltre servita dalla linea ferroviaria Terracina-Fossanova e dal punto di vista storico-culturale appartiene alla Comunità montana Monti Ausoni e al Monumento naturale Campo Soriano.

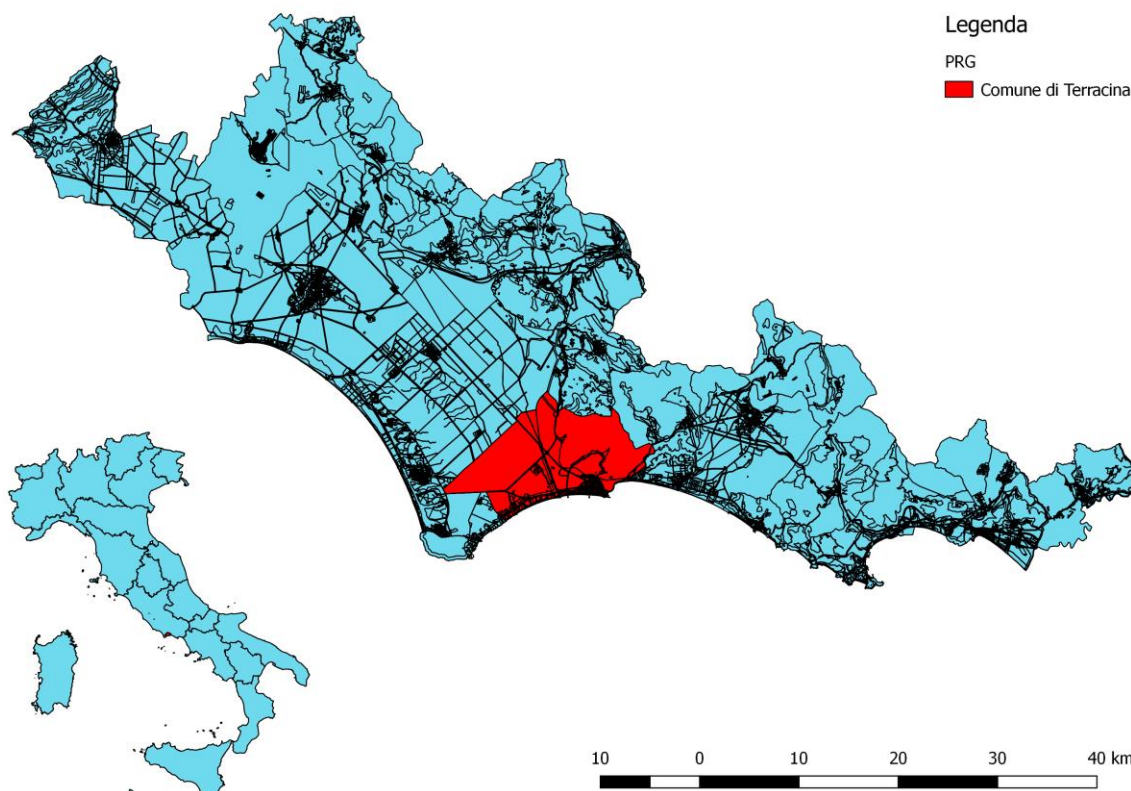


Figura 1 Inquadramento territoriale del comune di Terracina

3.2 PROFILO DEL TERRITORIO

Il territorio del comune di Terracina, come evidenziato in Figura 2 dall'estratto del PRG, è costituito prevalentemente da zone agricole e agricole tutelate che si sviluppano principalmente nell'entroterra e che sono fonte di sostentamento e di economia per i residenti del comune. La zona residenziale è collocata lungo tutta l'estensione della costa marittima nella quale sono presenti numerosi complessi turistici.

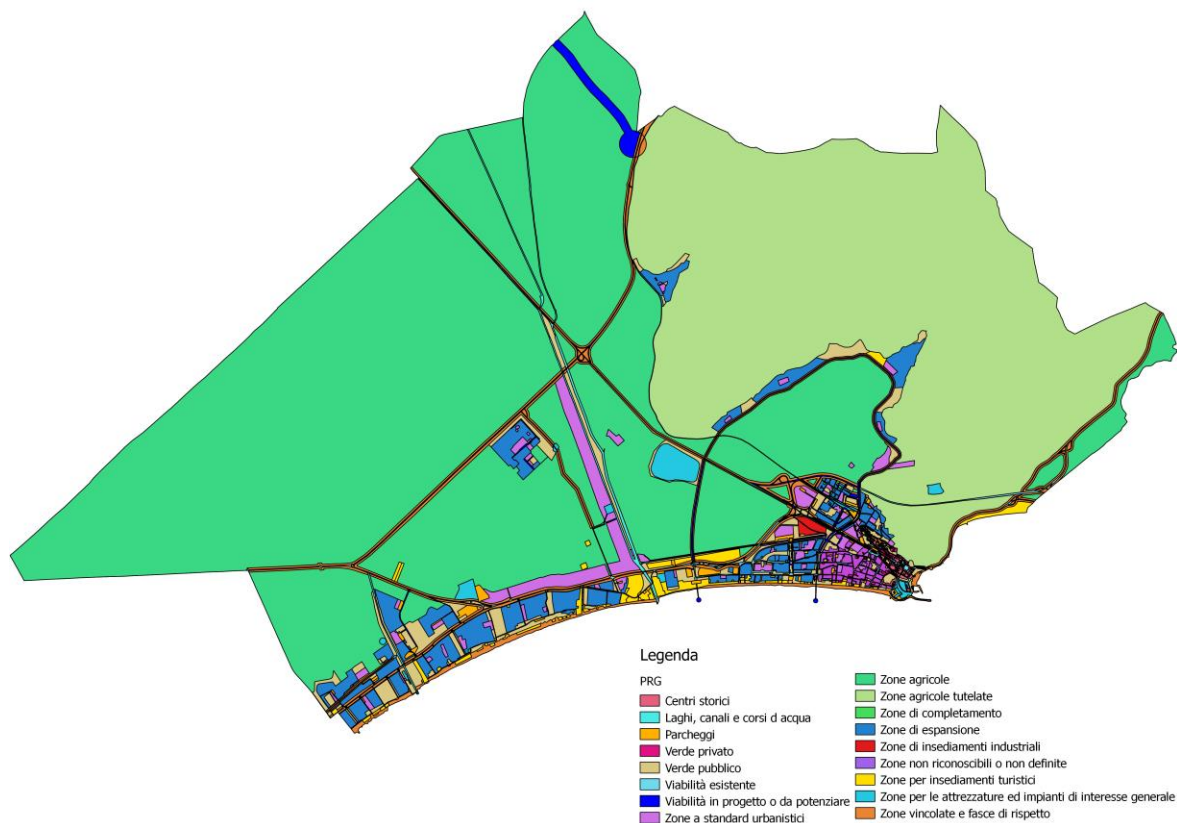


Figura 2 Estratto del PRG del comune di Terracina

In Figura 3 vengono riportate le zone e la relativa estensione rispetto al PRG vigente.

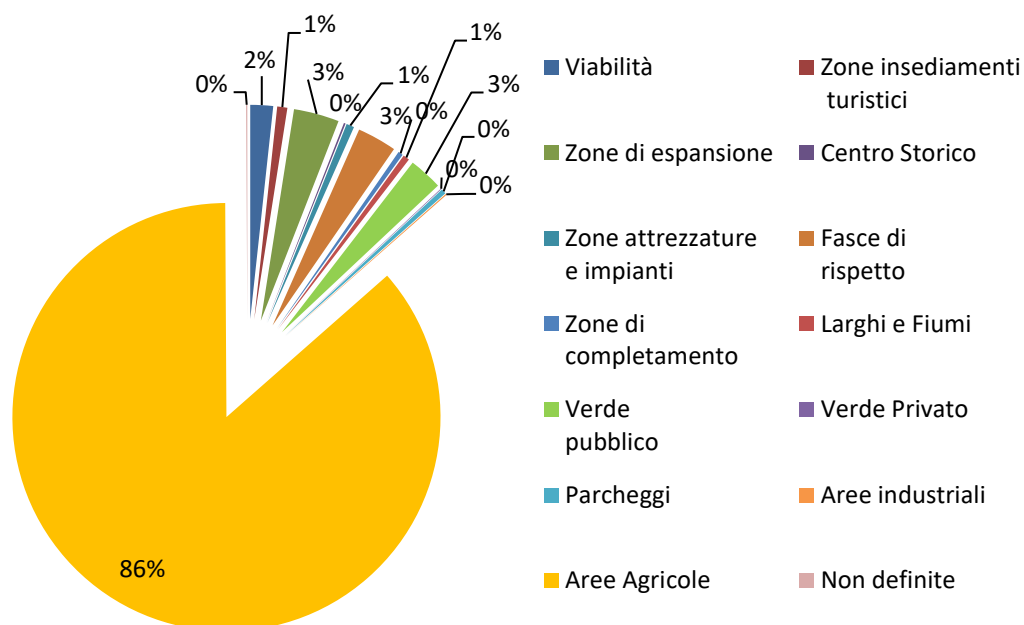


Figura 3 Zone di utilizzo del suo identificate nel PRG del Comune di Terracina

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 9 di 104

Come si osserva dal grafico esposto in precedenza il comune di Terracina è caratterizzato prevalentemente da zone ad uso agricolo. Le altre zone, suddivise in utilizzo urbano, turistico e industriale sono di ridotte dimensioni rispetto all'intera dimensione del comune.

3.3 INQUADRAMENTO CLIMATICO

3.3.1 "Gradi Giorno"

I Gradi Giorno (GG) sono un'unità di misura che indica il fabbisogno termico per il riscaldamento delle abitazioni in una determinata località. Sono calcolati come la sommatoria, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle differenze (solo quelle positive) giornaliere tra la temperatura convenzionale ideale per l'ambiente riscaldato (20°C), e la temperatura media giornaliera all'esterno dell'abitazione.

Se il valore della differenza è negativo, non viene preso in considerazione perché, in base alle convenzioni stabilite, non occorre riscaldare l'ambiente abitativo. Un valore di GG basso indica che le temperature esterne sono molto vicine alla temperatura convenzionalmente stabilita per l'ambiente riscaldato (20 °C) e che quindi non occorre un riscaldamento intenso e prolungato per equilibrare la differenza.

Un valore di GG elevato indica, invece, che le temperature giornaliere si discostano di molto dai 20 °C e che quindi il riscaldamento deve essere maggiore e più prolungato per sopperire al clima più rigido.

Per il comune di Terracina sono stati calcolati 996 gradi giorno, che risulta essere un numero piuttosto ridotto e che quindi implica bassa necessità utilizzare energia per il riscaldamento. Questo è coerente con il clima del territorio.

3.3.2 Zona Climatica

Le zone climatiche (regioni climatiche italiane) sono accomunate da temperature medie simili. Sono state definite in modo da poter stabilire la durata giornaliera di attivazione ed i periodi di accensione degli impianti termici allo scopo di contenere i consumi di energia. Le zone climatiche (anche dette fasce climatiche) vengono individuate in base ai gradi giorno e sono sei (dalla A alla F); alla zona climatica A appartengono i comuni italiani per i quali il valore dei gradi giorno è molto basso e che di conseguenza si trovano in condizioni climatiche più favorevoli (richiesta minore di riscaldamento) e così via fino alla zona climatica F.

Il comune di Terracina ricade nella zona climatica C, che prevede il periodo di accensione degli impianti termici dal 15 novembre al 31 marzo per 10 ore giornaliere.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 10 di 104

4 PIANO DI ADATTAMENTO AL CAMBIAMENTO CLIMATICO

4.1 PREMESSA

L'identificazione e lo sviluppo di misure urbane in grado di mitigare e adattarsi ai cambiamenti climatici sono principalmente rappresentate dal profilo climatico locale, il quale descrive le condizioni attuali e le variazioni climatiche alle quali il territorio è soggetto.

Risulta di primaria necessità conoscere il trend di parametri fisici importanti, come precipitazione e temperatura, al fine di conoscere la tendenza del cambiamento. L'obiettivo di questo studio è quello di sensibilizzare e far comprendere agli utenti il rischio e la vulnerabilità che si susseguono al cambiamento climatico nel Comune di Terracina.

Le proiezioni dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) conducono ad un inevitabile cambiamento climatico, con aumento delle temperature medie, innalzamento medio del mare e ritiro dei ghiacciai. In particolare nel report pubblicato l'8 ottobre 2018 dall'IPCC, viene riportata la conferma di una situazione drammatica, ovvero l'esigenza di contenere l'innalzamento della temperatura al massimo di 1.5°C, al fine di non avere delle conseguenze irreversibili e disastrose sia per l'ambiente che per la salute umana.

Il rapporto tra il cambiamento climatico e gli eventi estremi è correlato ad un incremento di gas serra dovuto alle attività antropiche. Eventi estremi come siccità, esondazioni e onde di calore possono compromettere la stabilità degli ecosistemi così come quella economica e il benessere delle generazioni future.

Per tutte le ragioni sopra citate, il cambiamento climatico deve essere considerato un'importante minaccia da contrastare con azioni su diversi fronti (politico, economico, legislativo), così come investire in nuove strategie di pianificazione, coinvolgere il settore energetico, ridurre le emissioni, introdurre un nuovo sistema di sviluppo sostenibile e gestire in maniera appropriata le risorse evitando gli sprechi.

Il piano di adattamento al cambiamento climatico è caratterizzato da una prima parte dedicata allo studio dei parametri che permettono di identificare le variazioni climatiche e i trend dei periodi climatici analizzati e, una volta individuate le maggiori criticità, presentare e proporre delle azioni di adattamento a tali effetti al fine di rendere la città più resiliente e garantire uno stile di vita migliore alla popolazione.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 11 di 104

4.2 CAMBIAMENTO CLIMATICO LOCALE: COMUNE DI TERRACINA

La conoscenza approfondita dei trend climatici attuali e una previsione per quelli futuri è la base di partenza per la definizione delle azioni all'interno del piano di adattamento.

I parametri fisici necessari ad eseguire un'analisi climatica sono la temperatura media, massima e minima e le precipitazioni. In tale paragrafo vengono descritti gli indici climatici ottenuti a fronte dell'analisi dei dati disponibili per la stazione climatica del comune di Terracina, per diversi periodi climatici di 30 anni. La scelta della durata del periodo di analisi è trentennale in quanto, come suggerito dalle normative dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO), è considerato come una sorta di compromesso tra la richiesta di un tempo molto lungo, che tenda a mediare il più possibile le fluttuazioni, ed il fatto che sono disponibili serie di osservazioni meteorologiche complete che possano permettere la ricostruzione del clima soltanto da poco più di un secolo.

In tale analisi sono stati reperiti dal "Centro Funzionale Regionale" della Regione Lazio i dati di temperatura (media, massima e minima) e precipitazione della stazione meteorologica di Terracina. In particolare sono stati analizzati i valori di temperatura massima e minima e di precipitazione dal 1957 ad oggi; questi sono stati suddivisi in quattro intervalli trentennali: 1957-1986, 1967-1996, 1977-2006 e 1987-2018. Per quanto riguarda le temperature medie i dati disponibili forniti ed analizzati riguardano gli ultimi quindici anni circa (2005-2018).

Nelle seguente tabella sono riportate le caratteristiche di tale stazione meteorologica del comune di Terracina.

Latitudine:	411712	
Longitudine:	131521	
Quota:	7 m s.l.m.	

Tali intervalli temporali permettono l'analisi dell'evoluzione dei diversi indici presentati, garantendo una qualità dei dati sufficiente per ritenere attendibili i trend individuati.

Ai fini di interpretare le possibili conseguenze dovute al cambiamento climatico è necessario effettuare un'analisi accurata delle variabili in gioco che compongono e classificano il clima. Quest'ultimo si definisce

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 12 di 104

come un complesso di fattori fisici (latitudine, vicinanza a rilievi orografici o a masse d'acqua, ecc.), chimici e biotici, la cui interazione si traduce, durante un certo periodo, in una successione caratteristica dei tempi atmosferici al di sopra di un territorio di ampia o ridotta estensione, intendendo come tempo atmosferico le condizioni meteorologiche della massa d'aria in un dato luogo e momento.

4.2.1 Indici Climatici

Secondo quanto riportato nel documento pubblicato dall'ISPRA "Variazioni e tendenze degli estremi di temperatura e precipitazione in Italia", la conoscenza del clima presente e passato permette di identificare e stimare gli impatti dei cambiamenti climatici avvenuti o in fase di svolgimento. L'*Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI)* del "*CCL/CLIVAR Working Group on Climate Change Detection*", in collaborazione con l'Organizzazione Meteorologica Mondiale, ha definito un insieme di 27 indici, idonei a descrivere gli estremi di temperatura e precipitazione in termini di frequenza, intensità e durata (Peterson et al., 2001, Toreti e Desiato, 2008). L'obiettivo è quello di definire una metodologia comune per la valutazione delle variazioni degli estremi climatici e di rendere confrontabili i risultati ottenuti in diverse parti del mondo. Per il calcolo degli indici estremi è stato utilizzato il software *RClimdex*, basato sull'elaborazione di dati giornalieri di temperatura massima, temperatura minima e precipitazione (http://www.climdex.org/climdex_software.html).

Tali indici individuati possono essere classificati in diverse categorie:

- **Indici definiti da un valore di soglia fisso:** rientrano in questa categoria i seguenti indici annuali di temperatura: il numero di giorni con gelo (FD0), il numero di giorni senza disgelo (ID0), il numero di giorni estivi (SU25) e il numero di notti tropicali (TR20). Per la precipitazione gli indici definiti da un valore di soglia fisso sono il numero di giorni con precipitazione intensa nell'anno (R10), il numero di giorni con precipitazione molto intensa (R20) e il numero di giorni superiori ad un valore nn fissato dall'operatore (Rnn). Questi indici sono rappresentativi solo nelle aree climatiche in cui ha senso l'uso di determinati valori soglia (l'indice ID0 ad esempio, che rappresenta il numero di giorni con temperatura massima minore di 0°C, non è applicabile nelle regioni più calde, per esempio ai tropici). Gli indici assoluti sono di particolare rilievo poiché una loro variazione può avere un impatto significativo sulla società e sull'ambiente naturale.
- **Indici assoluti:** identificano il valore il più alto e il più basso registrato nel corso di un mese o di un anno. Per quanto riguarda la temperatura sono indici assoluti il valore massimo delle temperature massime giornaliere (TXx), il valore minimo delle temperature massime giornaliere (TXn), il valore massimo delle temperature minime giornaliere (TNx) e il valore minimo delle temperature minime

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 13 di 104

giornaliere (TNn). Per la precipitazione, il valore massimo di precipitazione giornaliera (RX1day) e il valore massimo di precipitazione cumulata su 5 giorni (RX5day).

- Indici basati sui percentili:** questa tipologia di indice permette di valutare l'evoluzione degli estremi climatici che hanno un tempo di ritorno generalmente inferiore ad un anno (Klein Tank e Können, 2003) e per questo vengono chiamati moderati. A differenza degli indici basati su un valore soglia prefissato, quelli basati sui percentili conteggiano le eccedenze rispetto a valori soglia definiti in termini di frequenza (spesso il 10%), calcolati sulla distribuzione degli eventi nel periodo climatologico di riferimento. In questo caso i valori di soglia utilizzati per il calcolo delle eccedenze sono relativi alla serie climatica in analisi e quindi sono degli indici rappresentativi del clima locale. Rientrano in questa categoria le notti fredde (TN10P), le notti calde (TN90P), i giorni freddi (TX10P) e i giorni caldi (TX90P), cioè la percentuale di giorni dell'anno inferiori alla soglia del 10° percentile (TN10P e TX10P) o superiori al 90° percentile (TN90P e TX90P). Per tenere conto del ciclo annuale della temperatura e assicurare quindi che agli eventi estremi sia associata la stessa probabilità di verificarsi nel corso dell'anno, il programma RCLimindex definisce i valori soglia (10° e 90° percentile) per ciascuno dei 365 giorni dell'anno. I percentili sono calcolati sulla base della distribuzione dei dati nel periodo climatologico di base, definita tramite una finestra di 5 giorni centrata sul giorno in esame (Zhang e Yang, 2004), cioè su un campione di 150 dati (5 giorni per 30 anni). Gli indici di precipitazione basati sui percentili sono la precipitazione nei giorni molto piovosi (R95p) e la precipitazione nei giorni estremamente piovosi (R99p). Gli indici R95p e R99p sono espressi in millimetri di pioggia e rappresentano la cumulata annuale delle precipitazioni giornaliere superiori rispettivamente al valore soglia del 95° e del 99° percentile. In questo caso i percentili sono calcolati rispetto alla distribuzione climatologica del periodo di base delle precipitazioni giornaliere nei giorni piovosi.
- Indici di durata:** sono degli indici che hanno lo scopo di identificare e evidenziare gli eventi che si protraggono nel tempo, come periodi prolungati e intensi di caldo (WSDI) o di freddo (CSDI), periodi di giorni consecutivi di pioggia (CWD) o di siccità (CDD) e periodi miti, dai quali dipende la durata della stagione vegetativa (GSL). L'indice WSDI (CSDI) rappresenta la durata delle onde di calore (di gelo) e si definisce come il numero di giorni nell'anno che fanno parte di un "periodo caldo" ("periodo freddo"), definito come una sequenza di almeno sei giorni consecutivi in cui la temperatura massima (minima) giornaliera è superiore al 90° percentile (inferiore al 10° percentile) della distribuzione del periodo climatologico di base. Anche in questo caso, i valori dei percentili sono calcolati su una finestra di 5 giorni centrata su ogni giorno dell'anno. L'utilizzo di valori soglia definiti dai percentili rende gli indici di durata della temperatura rappresentativi delle variazioni del clima locale. Gli indici CWD e CCD

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 14 di 104

individuano rispettivamente il più lungo periodo di giorni di pioggia o di giorni di siccità nel corso dell'anno. L'indice GSL, che rappresenta la durata della stagione vegetativa, risulta generalmente significativo solo nell'emisfero nord, nelle zone extratropicali (Alexander, 2006). Per tutti gli indici di durata, i periodi che iniziano alla fine di un anno e terminano all'inizio dell'anno successivo, vengono conteggiati nell'anno successivo.

- **Altri indici:** l'indice annuale di precipitazione totale (PRCPTOT), l'escursione termica giornaliera (DTR) e l'indice di intensità di pioggia (SDII) non fanno parte di alcuna delle categorie citate in precedenza, tuttavia sono dei parametri di grande importanza per quantificare e aver un quadro completo dell'evoluzione degli estremi di temperatura e precipitazione nei periodi climatologici analizzati.

In Tabella 1 viene portato un riassunto degli indici climatici descritti in precedenza.

Tabella 1 Indici estremi climatici definiti dall'ETCCDI

<i>ID</i>	<i>Nome dell'indice</i>	<i>Definizione</i>	<i>Unità di misura</i>
<i>FD0</i>	Giorni di gelo	Numero di giorni in un anno con temperatura minima inferiore a 0°C	Giorni
<i>SU25</i>	Giorni estivi	Numero di giorni in un anno con temperatura massima maggiore di 25°C	Giorni
<i>ID0</i>	Giorni senza disgelo	Numero di giorni in un anno con temperatura massima inferiore a 0°C	Giorni
<i>TR20</i>	Notti tropicali	Numero di giorni dell'anno con temperatura minima >20 °C	Giorni
<i>GSL</i>	Durata della stagione vegetativa	Numero di giorni nell'anno compresi fra il primo periodo di almeno 6 giorni con temperatura media > 5 °C e il primo periodo di almeno 6 giorni dopo il 1 Luglio (1 Gennaio nell'emisfero Sud) con temperatura media < 5 °C	Giorni
<i>TXx</i>	Massima delle temperature massime	Valore massimo mensile delle temperature massime giornaliere	°C
<i>TNx</i>	Massima delle temperature minime	Valore massimo mensile delle temperature minime giornaliere	°C
<i>TXn</i>	Minima delle temperature massime	Valore minimo mensile delle temperature massime giornaliere	°C
<i>TNn</i>	Minima delle temperature minime	Valore minimo mensile delle temperature minime giornaliere	°C
<i>TN10p</i>	Notti fredde	Percentuale di giorni in cui la	%

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 15 di 104

		temperatura minima giornaliera è inferiore al 10° percentile	
<i>TX10p</i>	Giorni freddi	Percentuale di giorni in cui la temperatura massima giornaliera è inferiore al 10° percentile	%
<i>TN90p</i>	Notti calde	Percentuale di giorni in cui la temperatura minima giornaliera è superiore al 90° percentile	%
<i>TX90p</i>	Giorni caldi	Percentuale di giorni in cui la temperatura massima giornaliera è superiore al 90° percentile	%
<i>WSDI</i>	Durata ondata di calore	Numero di giorni nell'anno in cui la temperatura massima è superiore al 90° percentile per almeno 6 giorni consecutivi	Giorni
<i>CSDI</i>	Durata ondata di freddo	Numero di giorni nell'anno in cui la temperatura minima è inferiore al 10° percentile per almeno 6 giorni consecutivi	Giorni
<i>DTR</i>	Escursione termica giornaliera	Differenza media mensile fra temperatura massima e temperatura minima giornaliera	°C
<i>RX1Day</i>	Massima precipitazione in 1 giorno	Valore massimo mensile di precipitazione in 1 giorno	mm
<i>RX5Day</i>	Massima precipitazione in 5 giorni	Valore massimo mensile di precipitazione in 5 giorni consecutivi	mm
<i>SDII</i>	Intensità di pioggia giornaliera	Totale annuale di precipitazione diviso per il numero di giorni piovosi nell'anno (definiti come giorni con precipitazione ≥ 1 mm)	mm/giorno
<i>R10</i>	Numero di giorni con precipitazione intensa	Numero di giorni nell'anno con precipitazione ≥ 10 mm	Giorni
<i>R20</i>	Numero di giorni con precipitazione molto intensa	Numero di giorni nell'anno con precipitazione ≥ 20 mm	Giorni
<i>Rnn</i>	Numero di giorni con precipitazione maggiore a nn [mm]	Numero di giorni nell'anno con precipitazione $\geq$ nn mm, dove nn viene definito dall'operatore	Giorni
<i>CDD</i>	Giorni consecutivi senza pioggia	Numero massimo di giorni consecutivi con precipitazione giornaliera < 1 mm	Giorni
<i>CWD</i>	Giorni piovosi consecutivi	Numero massimo di giorni consecutivi	Giorni

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 16 di 104

		con precipitazione giornaliera ≥ 1 mm	
<i>R95p</i>	Precipitazione nei giorni molto piovosi	Somma nell'anno delle precipitazioni giornaliere superiori al 95° percentile	mm
<i>R99p</i>	Precipitazione nei giorni estremamente piovosi	Somma nell'anno delle precipitazioni giornaliere superiori al 99° percentile	mm
<i>PRCPTOT</i>	Totale annuale di precipitazione	Totale annuale di precipitazione nei giorni piovosi (con precipitazione ≥ 1 mm)	mm

Nei seguenti paragrafi verranno analizzati e descritti i trend dei parametri climatici fondamentali come precipitazione e temperatura.

4.2.2 Trend del cambiamento climatico: temperatura

La temperatura dell'aria è un parametro di principale importanza da tenere in considerazione nell'analisi climatica, in quanto regola e influenza i principali meccanismi e processi biologici. Capire quale andamento la temperatura sta assumendo nei diversi periodi climatici analizzati è fondamentale ai fini di individuare criticità che possono avere degli effetti di natura ambientale, sanitaria e sociale.

In primo luogo è stato analizzato l'andamento della temperatura media annuale e stagionale a partire dai dati di temperatura media giornalieri, in questo caso, data l'assenza di dati disponibili, si sono analizzati i valori di temperatura dal 2005 ad oggi.

In Figura 4 e Figura 5 vengono riportati gli andamenti della temperatura media annuale e stagionale per il periodo analizzato.

La scarsità di dati disponibili non permette di analizzare un periodo climatologico completo (30 anni), tuttavia si può osservare come le temperature medie annuali, solo negli ultimi quindici anni circa, abbiano un trend positivo. Infatti la temperatura media annuale nel 2005 è pari a 17.1°C mentre nel 2018 è pari a 19°C. Questo incremento di temperatura è un forte segnale di quanto il cambiamento climatico, con tutte le conseguenze che comporta, sia in atto e in linea con quanto previsto dai trend di incremento della temperatura a livello nazionale e globale.

Per quanto riguarda gli andamenti stagionali (Figura 5) si osserva un leggero incremento delle temperature, soprattutto nella stagione estiva e invernale; tuttavia ai fini di una analisi completa è necessario attendere che il periodo trentennale si concluda. L'incremento di temperatura legato a tutte le stagioni conferma quanto osservato per la temperatura media annuale, la quale è in forte crescita.

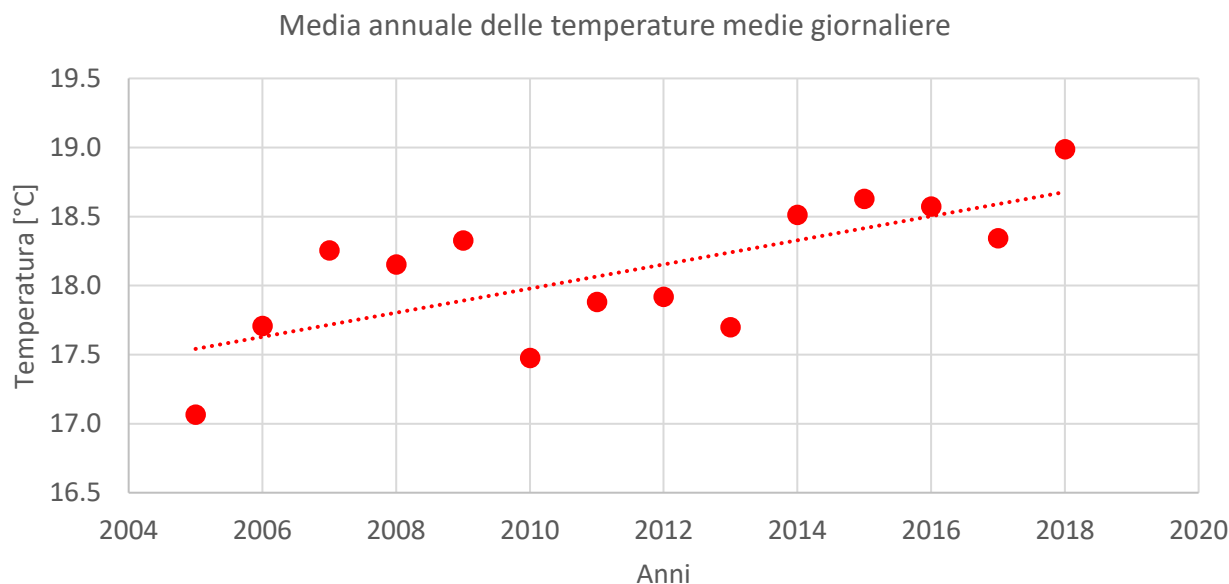


Figura 4 Media annuale delle temperature medie giornaliere della stazione di Terracina dal 2005 al 2018

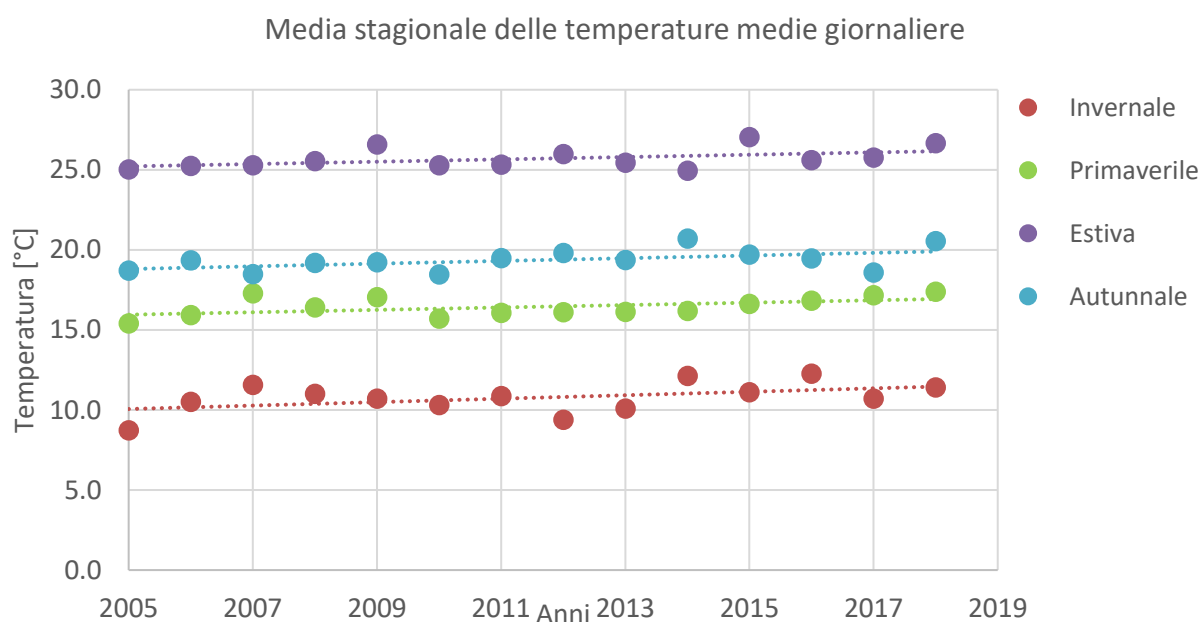


Figura 5 Media stagionale delle temperature medie giornaliere della stazione di Terracina dal 2005 al 2018

Oltre alle temperature medie sono state analizzate le temperature massime e minime. Per questa tipologia di analisi i dati disponibili ed elaborati ricoprono il periodo 1957-2018, il quale è stato suddiviso nei tre periodi climatologici esposti in precedenza. Si sottolinea che il periodo 1957-1986 è stato considerato come il periodo climatologico di riferimento. In analogia a quanto esposto per la temperatura media, si riportano

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 18 di 104

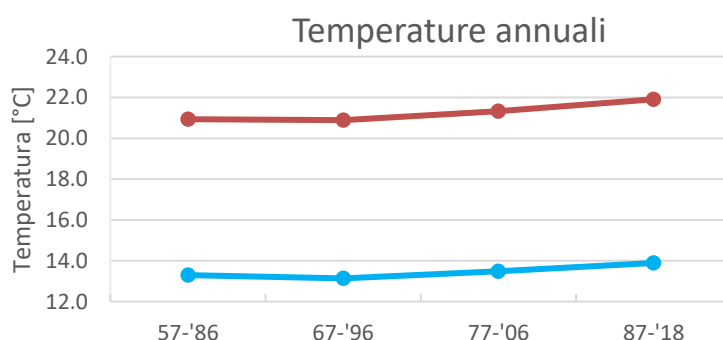
i valori di temperatura massima e minima media ottenuti sia annuali che stagionali e suddivisi nei tre periodi climatologici (Tabella 2).

Tabella 2 Dati di temperatura media annuale e stagionale massima e minima per i trentenni di riferimento per il comune di Terracina (Fonte: dati Centro Funzionale Regionale)

Periodo	Media delle temperature massime giornaliere sui trentenni di riferimento [°C]			
	1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018
<i>Annuale</i>	20.9	20.9	21.3	21.9
<i>Invernale</i>	13.9	14.0	14.0	14.5
<i>Primaverile</i>	19.2	19.1	19.5	20.1
<i>Estiva</i>	28.5	28.4	29.0	29.7
<i>Autunnale</i>	22.3	22.3	22.8	23.2

Periodo	Media delle temperature minime giornaliere sui trentenni di riferimento [°C]			
	1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018
<i>Annuale</i>	13.3	13.1	13.5	13.9
<i>Invernale</i>	7.3	7.1	7.1	7.3
<i>Primaverile</i>	11.4	11.1	11.3	11.7
<i>Estiva</i>	19.9	20.0	20.5	21.0
<i>Autunnale</i>	14.9	14.6	15.1	15.5

Di seguito si riportano i grafici dei valori di temperatura media massima e minima esposti nelle precedenti tabelle.





Comune di
Terracina

PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA
(PAESC)
- PIANO DI ADATTAMENTO -
del comune di Terracina



Data:
2019

Pagina
19 di 104

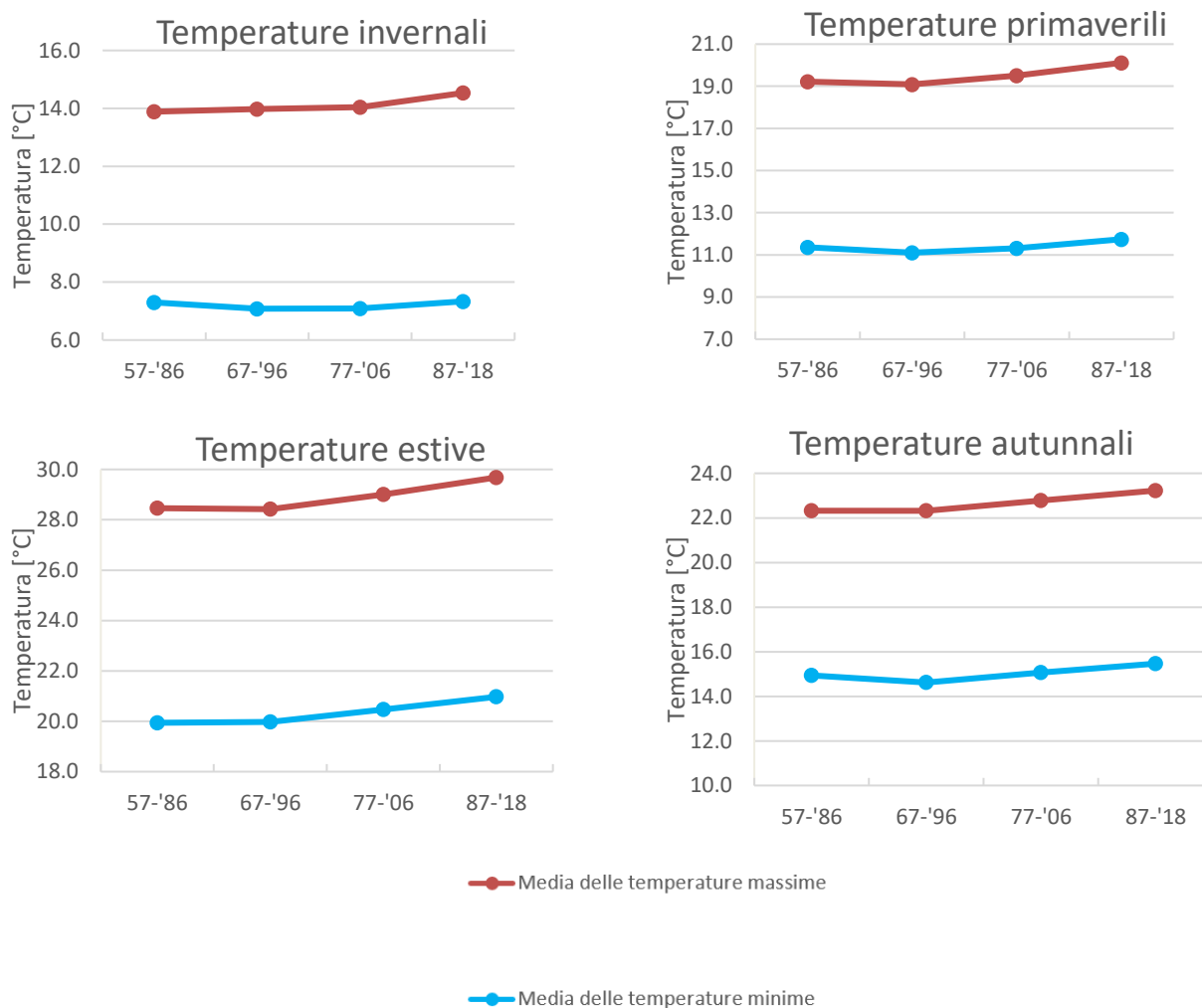


Figura 6 Media delle temperature massime e minime, annuali e stagionali per i diversi trentenni analizzati

Come si osserva dai grafici e dai valori riportati in tabella dalla fine degli anni '50 ad oggi si assiste ad un incremento costante delle temperature massime e minime, sia annualmente che stagionalmente. Inoltre, si osserva che l'incremento di temperatura è più marcato per quanto riguarda le temperature massime rispetto a quelle minime. La temperatura media massima è incrementata di 1°C, mentre la minima è aumentata di 0.6°C. In generale si assiste ad un aumento della temperatura in tutte le stagioni. L'incremento massimo si ha nella stagione estiva, sia per quanto riguarda le temperature massime (incremento dal trentennio di riferimento al più recenti di 1.2°C) e le minime (incremento di 1.1°C tra i periodo climatologici estremi analizzati). La stagione che presenta variazioni inferiori è quella invernale, con un incremento di 0.6°C per le temperature massime e 0°C per le temperature minime.

Il trend delle temperature medie massime e minime è in accordo con quanto osservato per le temperature medie, a conferma che gli effetti del cambiamento climatico sono già in atto e sono destinati a peggiorare.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina		Partner tecnico 	
Comune di Terracina			Data: 2019	Pagina 20 di 104

Ulteriore analisi svolta è stata quella delle anomalie di temperatura, sono state calcolate sulla base della temperatura massima e minima media annuale del periodo di riferimento le anomalie registrate per l'intero periodo di analisi. In Figura 7 e Figura 8 vengono riportati i grafici di tali anomalie e la media mobile esponenziale a 5 anni.

Anomalie annue della media delle temperature massime rispetto alla temperatura massima media del periodo climatologico di riferimento 1957-1986

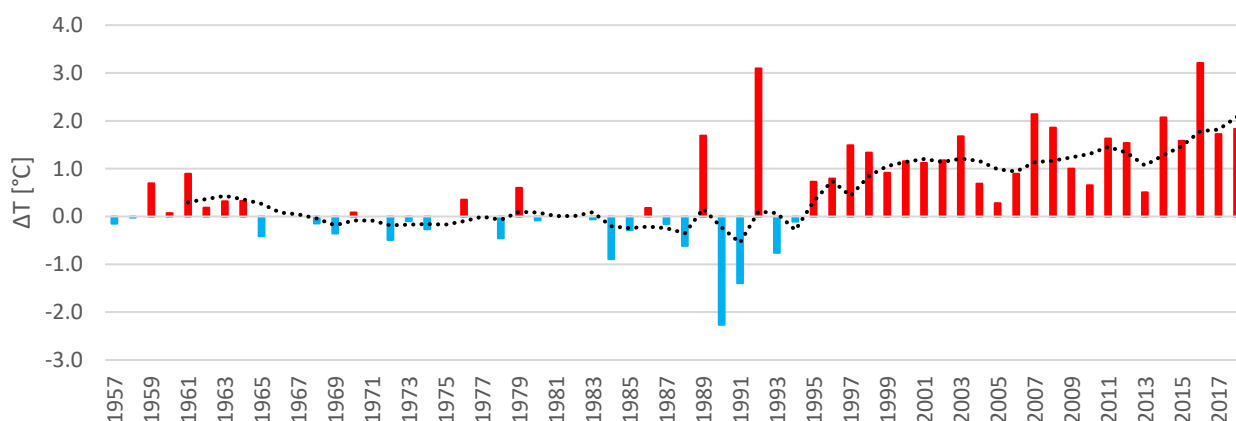


Figura 7 Anomalie annue della media delle temperature massime rispetto alla media delle temperature massime del periodo climatologico di base (1957-1986) e media mobile esponenziale a 5 anni (tratteggiato in nero) per il comune di Terracina

Anomalie annue della media delle temperature minime rispetto alla temperatura minima media del periodo climatologico di riferimento 1957-1986

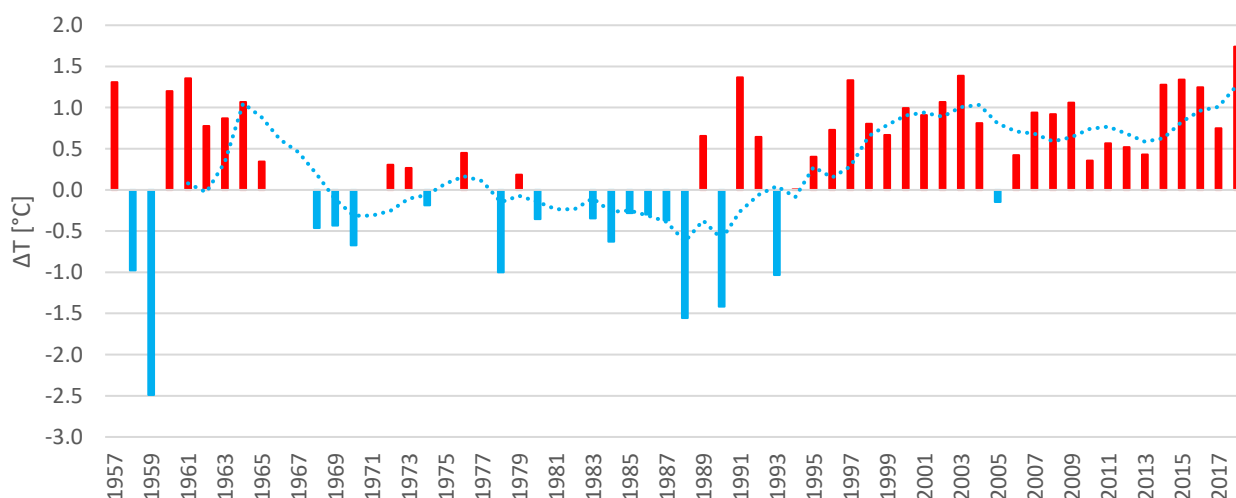


Figura 8 Anomalie annue della media delle temperature minime rispetto alla medie delle temperature del periodo climatologico di base (1957-1986) e media mobile esponenziale di 5 anni (tratteggiato in nero) per il comune di Terracina

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 21 di 104

Come si osserva dai grafici riportati precedentemente l'andamento dell'ultimo trentennio evidenzia un numero sempre maggiore di anomalie della temperatura media massima e minima positive, questo indica un incremento netto ed evidente della temperatura.

Come anticipato nel paragrafo 4.2.1 ai fini di identificare eventi estremi come ondate di calore, eventi di grave intensità e problemi di siccità che possono avere impatti significativi sugli ecosistemi e sulle società, sono stati utilizzati gli indici climatici definiti dall'Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI).

In Tabella 3 vengono riportati i valori ottenuti degli indici climatici riferiti alla temperatura per i trentenni in analisi.

Tabella 3 Indici climatici per i tre periodi analizzati, basati sull'elaborazione tramite RCLimDex dei dati della stazione meteorologica di Terracina

Massima delle temperature massime [°C]				Massima delle temperature minime [°C]			
1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018	1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018
33.8	33.7	34.6	35.2	24.7	24.9	25.4	25.7

Minima delle temperature massime [°C]				Minima delle temperature minime [°C]			
1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018	1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018
6.8	6.8	6.7	7.2	0.0	-0.5	-0.2	-0.2

Giorni estivi [Giorni]				Notti tropicali [Giorni]			
Numero di giorni all'anno in cui la temperatura massima >25°C				Numero di giorni all'anno in cui la temperatura minima >20°C			
1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018	1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018
115.3	114.1	125.2	134.3	51.3	46.6	60.1	73.2

Giorni invernali [%]				Notti invernali [%]			
Percentuale per un anno con temperatura massima inferiore al 10° percentile della statistica delle massime giornaliere sul periodo climatologico di base				Percentuale per un anno con temperatura minima inferiore al 10° percentile della statistica delle minime giornaliere sul periodo climatologico di base			
1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018	1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018
10.4	11.7	9.4	6.4	10.2	11.0	9.0	6.9

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 22 di 104

Giorni estivi caldi [%]

Percentuale per un anno con temperatura massima superiore al 90° percentile della statistica delle massime giornaliere sul periodo climatologico di base

1957-1986 1967-1996 1977-2006 1987-2018

9.6	12.3	17.6	23.5
-----	------	------	------

Notti estive [%]

Percentuale per un anno con temperatura minima superiore al 90° percentile della statistica delle minime giornaliere sul periodo climatologico di base

1957-1986 1967-1996 1977-2006 1987-2018

10.0	9.1	13.9	18.5
------	-----	------	------

Durata ondata di calore [Giorni]

Numero massimo di giorni l'anno con temperatura massima superiore al 90° percentile della statistica delle massime giornaliere sul periodo climatologico di base

1957-1986 1967-1996 1977-2006 1987-2018

6.7	12.5	21.6	31.3
-----	------	------	------

Escursione termica diurna [°C]

Media annuale delle differenze media mensile tra temperature massime e minime giornaliere

1957-1986 1967-1996 1977-2006 1987-2018

7.6	7.9	8.0	8.1
-----	-----	-----	-----

I risultati degli indici climatici mostrano che i valori estremi di temperatura, in accordo con quanto osservato in precedenza, sono in incremento dall'anno di riferimento ad oggi. Alcuni degli indici climatici calcolati mostrano in maniera molto evidente un incremento di temperatura e di eventi estremi. In particolare si osserva un forte incremento dei giorni estivi, giorni estivi caldi, delle notti tropicali e notti estive, come si evidenzia del grafico riportato in Figura 9.

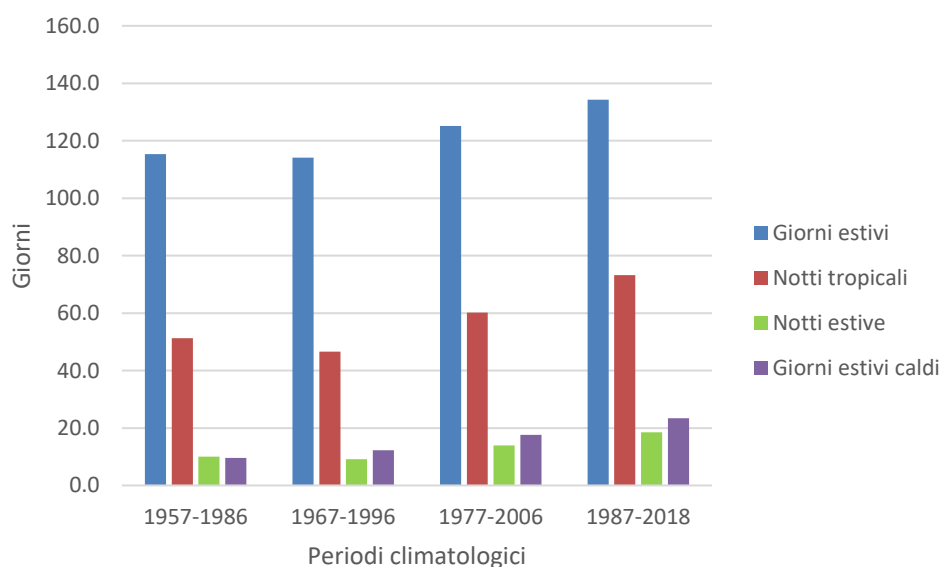


Figura 9 Giorni estivi (Numero di giorni all'anno in cui la temperatura massima >25°C), **Giorni estivi caldi** (Percentuale per un anno con temperatura massima superiore al 90° percentile della statistica delle massime giornaliere sul periodo climatologico di base), **Notti tropicali** (Numero di giorni all'anno in cui la temperatura minima >20°C) e **Notti estive** (Percentuale per un anno con temperatura minima superiore al 90° percentile della statistica delle minime giornaliere sul periodo climatologico di base) **per i periodi climatologici analizzati**

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 23 di 104

I giorni estivi nel periodo climatologico di base erano circa il 31% dei giorni presenti in un anno, nell'ultimo trentennio invece rappresentano il 38%. Medesimo ragionamento può essere fatto per le notti tropicali ed estive che incrementano rispettivamente del 6% e del 2%. Coerentemente si osserva una riduzione delle giornate e notti invernali.

Tra gli indici climatici proposti dall'ETCCDI è presente un parametro che considera le isole di calore. Le ondate di calore sono condizioni meteorologiche estreme che si verificano durante la stagione estiva, caratterizzate da temperature elevate, al di sopra delle usuali, che possono durare giorni o settimane.

In particolare sono delle giornate caratterizzate da temperature massime superiori al 90° percentile delle temperature medie stagionali sul periodo climatico di riferimento.

Tale fenomeno è maggiore nei centri urbani con maggiore densità edilizia e tende a ridursi verso i centri rurali come mostrato in Figura 10. Infatti la temperatura all'interno delle città supera di alcuni gradi quella misurata nelle aree rurali circostanti, con effetti parzialmente positivi in inverno ma negativi in estate.

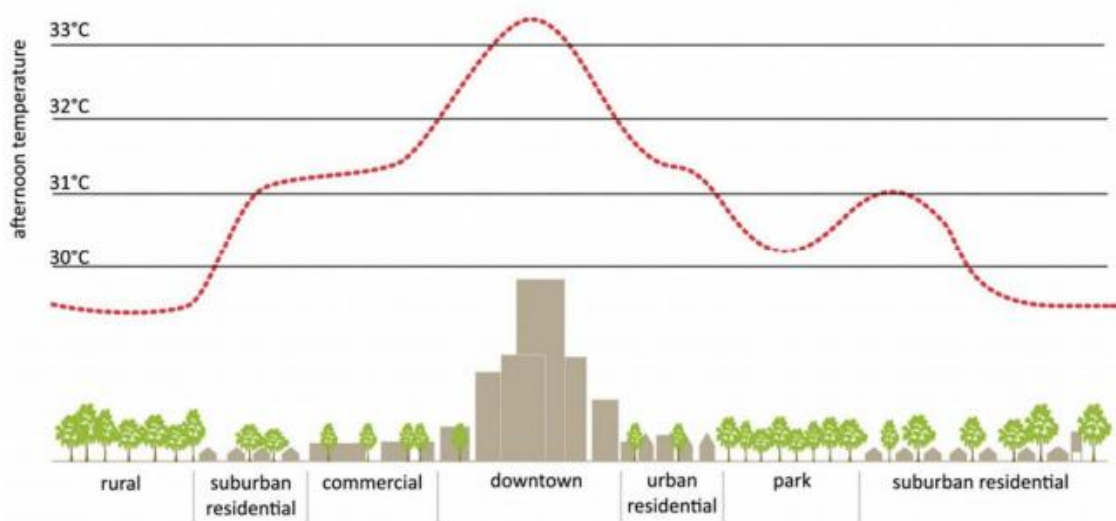


Figura 10 Andamento tipico della temperatura dovuto alla presenza dell'isola di calore urbana (Fonte: "Interventi di mitigazione delle ondate di calore in contesti urbani", Fondazione Cariplo, Marcello Magoni e Chiara Cortinovis)

In Italia, nell'estate del 2015 in 21 città italiane, secondo il Ministero della Salute, si sono verificati circa 2655 decessi di persone con età maggiore ai 65 anni, pari al 13% del totale, attribuibili alle ondate di calore. Tali dati dimostrano come la categoria maggiormente vulnerabile sia quella degli anziani, tuttavia anche i bambini al di sotto dei 5 anni e le donne in gravidanza sono esposti a maggiori rischi per la salute. Dalla Tabella 3 si evince come la durata di tale fenomeno è in continuo aumento, come evidenziato in Figura 11.

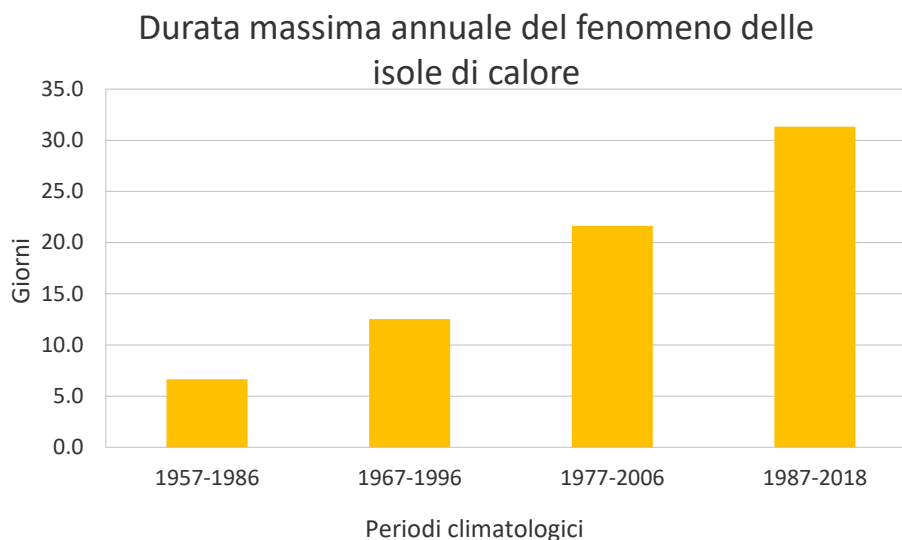


Figura 11 Durata ondata di calore nei periodi climatologici in analisi per il comune di Terracina

In conclusione, si può affermare che nel territorio del comune di Terracina negli ultimi trentenni le temperature medie, massime e minime hanno subito un incremento. Gli aumenti maggiori si sono osservati per le temperature massime, l'incremento è inferiore seppur positivi per le temperature minime. Ad ogni modo in entrambi i casi la stagione estiva è quella che ha registrato le maggiori variazioni, mentre quella invernale le minime.

Il numero di giorni freddi rappresenta un andamento complessivamente decrescente coerentemente con un aumento generale delle temperature invernali seppur non molto marcato. Infine, si osserva un incremento importante della durata del fenomeno delle isole di calore, che può provocare ingenti danni alla biodiversità e alla salute umana.

4.2.3 Trend del cambiamento climatico: precipitazione

Il secondo parametro di forte interesse al fine di identificare i trend climatici e poter stimare quello futuro è la precipitazione. Questo parametro risulta essere di fondamentale importanza, in quanto la presenza o assenza di precipitazioni e l'intensità di quest'ultime possono mutare ed avere conseguenze disastrose per la salute e sicurezza umana e sull'ambiente in generale. In particolare l'assenza di precipitazione per periodi temporali molto lunghi può creare problemi di siccità con incremento di competizione tra uso potabile, industriale ed agricolo della risorsa. Inoltre un terreno molto arido è difficilmente permeabile, quindi dopo periodi di assenza di precipitazione un evento di forte intensità è caratterizzato da volumi del deflusso superficiale elevati con probabili inondazioni e alluvioni. A questo si aggiunge che il cambiamento climatico in linea del tutto generale ha come effetto l'incremento di fenomeni di precipitazione molto intensi con una

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina		Partner tecnico 	
Comune di Terracina			Data: 2019	Pagina 25 di 104

potenza distruttiva enorme. A tale proposito il comune di Terracina è stato coinvolto a fine ottobre 2018 ad un evento meteorologico di forte intensità che ha causato ingenti danni alle infrastrutture locali, in particolare la presenza di forti venti ha sradicato alberi anche nel centro, c'è stato il crollo di un ponte e problematiche dal punto di vista idrogeologico nei canali presenti.

A fronte di tali considerazioni è necessario approfondire e individuare il trend locale dell'andamento delle precipitazioni. Anche in questo caso, come l'analisi delle temperature, i dati analizzati ricoprono un periodo compreso tra il 1957 e il 2018. Quest'ultimo è stato suddiviso in quattro trentenni e, al fine di determinare gli indici climatici, il periodo climatologico di riferimento è dal 1957-1986.

In primo luogo è stata calcolata la cumulata media di precipitazione sia annuale che stagionale, come riportato in Figura 12.

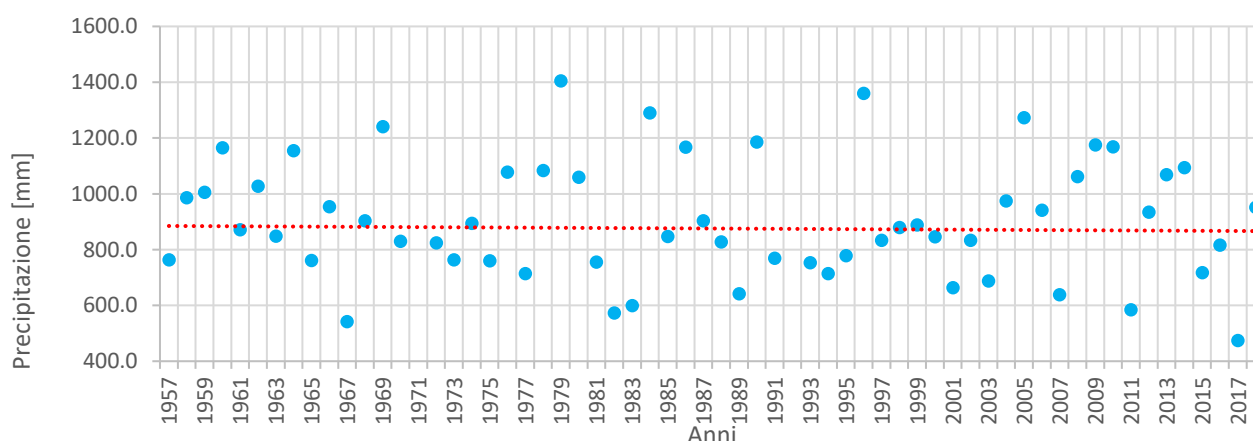


Figura 12 Precipitazione cumulata annuale per l'intero periodo di osservazione dei dati del territorio del comune di Terracina

Analogamente a quanto fatto per l'analisi climatica della temperatura, in Tabella 4, si riportano i valori medi annuali e stagionali della precipitazione cumulata.

Tabella 4 Dati della precipitazione media annuale e stagionale per i trentenni di riferimento per il comune di Terracina

Periodo	Precipitazione cumulata media [mm]			
	1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018
Annuale	933.9	909.3	896.1	875.8
Invernale	325.4	294.2	285.2	282.2
Primaverile	192.2	188.6	186.3	181.6
Estiva	75.6	78.9	72.3	72.5
Autunnale	333.1	340.3	361	348.5

I risultati ottenuti mostrano che dall'anno di riferimento all'ultimo trentennio analizzato si è assistito ad una riduzione in termini di precipitazione media totale.

Una riduzione della precipitazione cumulata annua implica numerosi effetti negativi che interessano non solo l'approvvigionamento della risorsa idrica a fini domestici, ma anche il settore agricolo che potrebbe avere gravi ripercussioni sul raccolto, nonché per gli ecosistemi e gli habitat locali.

Per comprendere in maniera più chiara il trend climatico, sia annuale che stagionale, vengono riportati in Figura 13 gli andamenti della precipitazione media per i periodi climatologici evidenziati.

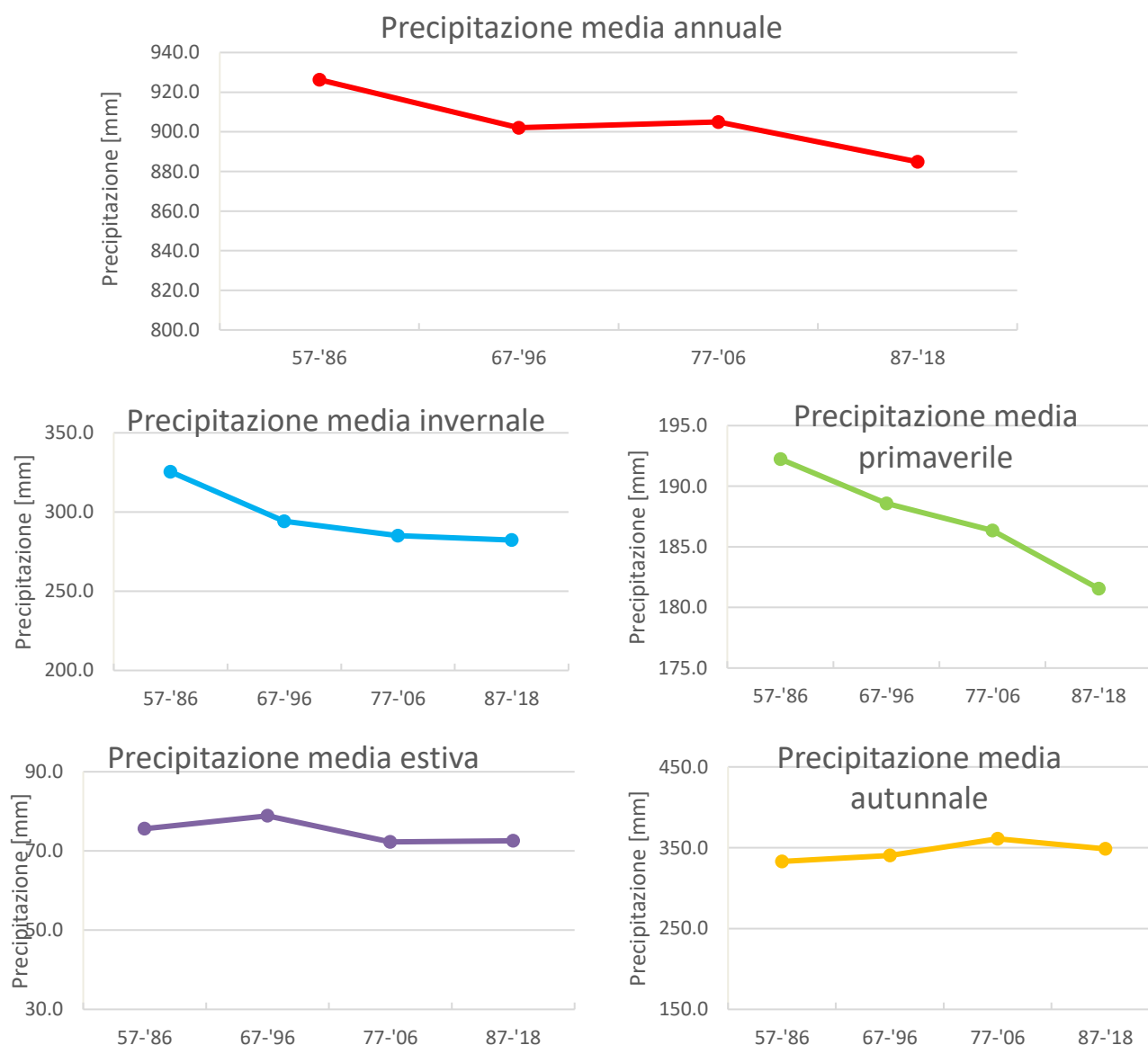


Figura 13 Media delle precipitazioni, annuali e stagionali per i diversi trentenni analizzati

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 27 di 104

Come si osserva dai grafici sopra riportati la precipitazione annuale ha subito un calo negli ultimi trentenni. Questa riduzione è maggiormente evidente in inverno ed in primavera, mentre in estate la riduzione è minima e non si osserva un trend evidenti. Infine la stagione autunnale è caratterizzata da un incremento di precipitazione seguito da una riduzione, conseguentemente non è possibile definire un andamento netto. Anche in questo caso sono stati analizzate le anomalie rispetto al periodo climatologico di riferimento, ovvero sono state calcolate le differenze tra il valore medio di precipitazione annuale del periodo di riferimento e il valore di precipitazione annua.

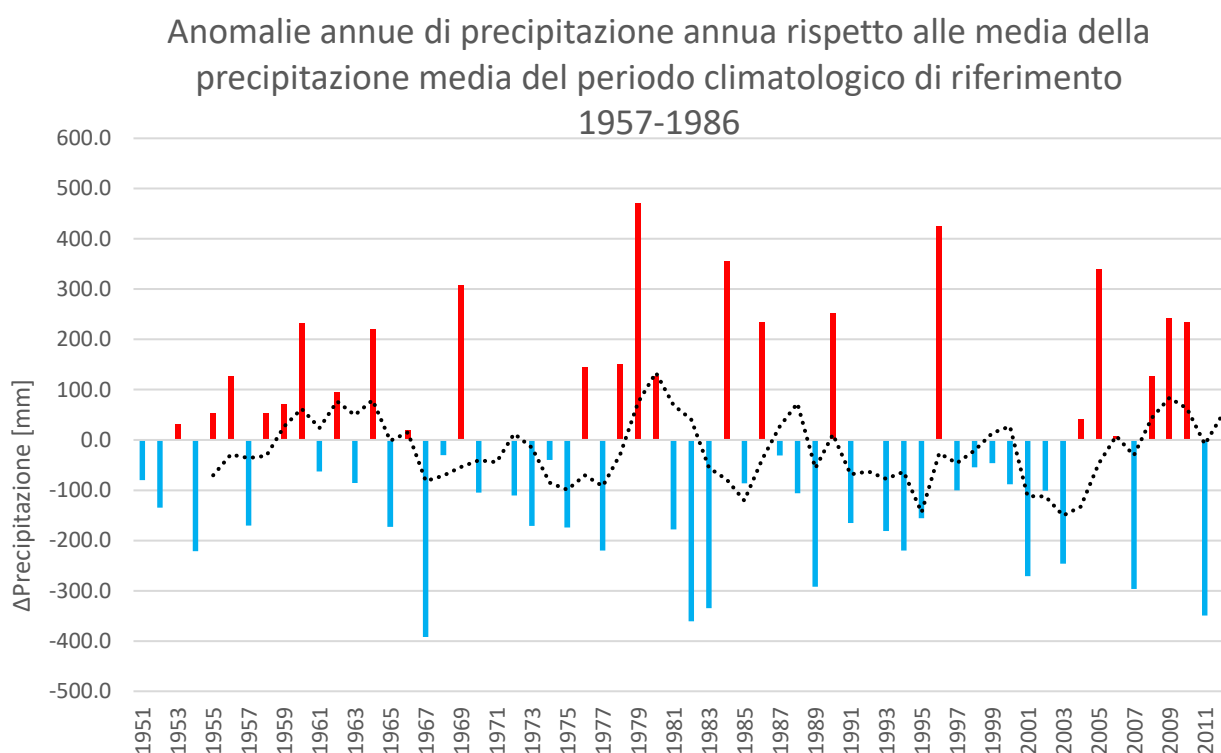


Figura 14 Anomalie annue di precipitazione annua rispetto alla media della precipitazione del periodo climatologico di base (1957-1986) e media mobile esponenziale a 5 anni per il comune di Terracina

Dalle anomalie calcolate non è netta la riduzione di precipitazione dal 1957 ad oggi, infatti si è in presenza di oscillazioni. Tuttavia, le anomalie negative risultano essere più frequenti rispetto a quelle positive e questo può significare un andamento decrescente delle precipitazioni seppur non così evidente. Le anomalie negative sono coerenti con quanto analizzato prima della riduzione di precipitazione a livello stagionale.

I 27 indici proposti dall'ETCCDI comprendono analisi rivolte alla precipitazione al fine di identificare eventuali trend di aumento o riduzione della frequenza di eventi estremi di forte intensità, come scioglimenti che spesso mettono in crisi la rete di captazione delle acque e creano grossi danni.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 28 di 104

In Tabella 5 vengono riportati gli indici climatici e rispettivi risultati per i quattro periodi climatologici analizzati; anche in questo caso l'analisi è stata svolta con il software RClimDex nel quale è stato individuato il periodo climatologico di riferimento dal 1957 al 1986.

Tabella 5 Indici climatici per i tre periodi analizzati, basati sull'elaborazione tramite RClimDex dei dati della stazione meteorologica di Terracina

Massima precipitazione giornaliera [mm]				Massima precipitazione 5 giorni consecutivi [mm]			
1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018	1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018
65.2	62.3	66.5	65.1	118.0	111.0	117.5	112.4
Intensità di pioggia [mm/giorno]				Giorni precipitazione intensa [Giorni]			
<i>Precipitazione annuale / numero di giorni piovosi ($P < 1$ mm) all'anno</i>				<i>Numero di giorni / anno con precipitazione giornaliera non inferiore a 10 mm</i>			
1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018	1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018
10.7	11.0	11.1	10.7	32.1	31.96	31.1	30.5
Giorni precipitazione molto intensa [Giorni]				Giorni non piovosi consecutivi [Giorni]			
<i>Numeri di giorni/anno con precipitazione giornaliera non inferiore a 20 mm</i>				<i>Numero massimo di giorni / anno consecutivi con precipitazione giornaliera inferiore a 1 mm</i>			
1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018	1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018
13.9	14.0	13.4	12.7	45.4	45.8	48.0	45.1
Giorni piovosi consecutivi [Giorni]				Precipitazione annuale intensa [mm]			
<i>Numero massimo di giorni/anni consecutivi con precipitazione giornaliera non inferiore a 1 mm</i>				<i>Somma su un anno delle precipitazioni giornaliere superiori al 95° percentile della statistica delle precipitazioni giornaliere sul periodo climatologico di base</i>			
1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018	1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018
7.0	7.2	7.0	7.1	217.0	216.7	219.4	203.0
Precipitazione annuale molto intensa [mm]				Precipitazione annua [mm]			
<i>Somma su un anno delle precipitazioni giornaliere superiori al 99° percentile della statistica delle precipitazioni giornaliere sul periodo climatologico di base</i>				<i>Precipitazione totale annuale registrata nei giorni piovosi ($P > 1$ mm)</i>			
1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018	1957-1986	1967-1996	1977-2006	1987-2018
63.1	54.3	60.3	56.4	933.9	909.3	896.1	875.8

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 29 di 104

Come si osserva dai risultati degli indici climatici, nessuno di questi evidenzia netti trend per quanto riguarda la precipitazione. L'intensità di pioggia, indice di fondamentale importanza, non mostra variazioni rilevanti tali da dare indicazioni su un trend esistente e stimare quello futuro. Nel territorio di Terracina sembra che in termini di precipitazione non vi siano grandi variazioni né in termini di intensità né di durata. Anche il numero di giorni non piovosi consecutivi è invariato rispetto al periodo climatologico di base, quindi il trend non mostra una variazione netta verso condizioni critiche di siccità. Ad ogni modo questo non esclude la possibilità di criticità legate all'approvvigionamento della risorsa idrica.

Si può quindi concludere che non vi sia un netto trend in termini di precipitazione tuttavia, si ha una riduzione del 6% nell'ultimo trentennio rispetto a quello di riferimento in termini di precipitazione annua. Per quanto riguarda le variazioni stagionali, si osserva una riduzione delle precipitazioni del 13% nei mesi invernali e del 5% in quelli primaverili, sempre calcolata rispetto ai valori del trentennio di riferimento. Va comunque sottolineato che l'assenza di un trend netto di riduzione delle precipitazioni non significa che il cambiamento climatico non sia in atto e che non si avranno maggiori problemi legati alla siccità e a difficoltà di reperibilità della risorsa idrica.

Uno degli effetti del cambiamento climatico è la presenza di periodi di assenza di precipitazione alternati da eventi estremi di forte intensità capaci di devastare intere porzioni di territorio urbano e agricolo. Tale aspetto viene descritto nell'ultimo Rapporto 2018 dell'IPCC -Intergovernmental Panel on Climate Change, il quale prevede che siano necessarie azioni comuni per mantenere il riscaldamento globale ad un massimo di 1.5°C e non di 2°C, solo mezzo grado infatti, potrebbe provocare ingenti danni e accentuare fenomeni di esondazione, trombe d'aria, problemi di siccità e ondate di calore.

Per queste ragioni si è ritenuto opportuno fare una stima del Tempo di ritorno degli eventi passati registrati sul comune di Terracina in termini di precipitazioni. Il Tempo di ritorno (T_r) di un evento di assegnata intensità, è definito come il numero di anni che in media separa il verificarsi di due eventi di intensità uguale a quella assegnata. In altre parole eventi con elevata probabilità sono caratterizzati da bassi T_r , al contrario eventi rari sono caratterizzati da elevati T_r , ovvero un evento con Tempo di ritorno di 100 anni ha l'1% di probabilità di accadere ogni anno.

Ai fini di individuare un'evidente incremento degli eventi di forte intensità sono stati analizzati i dati di precipitazione aggregati in 15 minuti compresi nell'intervallo 2005-2018, forniti dal Centro Funzionale Regionale.

Identificare il Tempo di ritorno di un evento di precipitazione permette di quantificare la probabilità che esso si verifichi nuovamente, un incremento di eventi con T_r elevato significa un aumento di frequenza di eventi estremi, i quali sono diretta conseguenza dei cambiamenti climatici.

Per identificare tale quantità vengono utilizzare le indicazioni riportate nello studio VAPI, effettuato dall'U.O. I.34 del GNDCI del CNR per l'Italia Centrale, utilizzando una legge di correlazione di tipo TCEV, la quale permette di rappresentare le Curve Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica che descrivono la relazione esistente tra l'altezza di pioggia h , la durata dell'evento tp e la sua frequenza di accadimento Tr , da confrontare con i dati registrati nella stazione di Terracina.

Per identificare a quale Tempo di ritorno corrisponde ogni evento di pioggia registrata nella stazione viene utilizzata la relazione intensità-durata-frequenza, valida sia per eventi di precipitazione con durata compresa tra 1-24 ore, sia per gli eventi brevi (scrosci) con durata inferiore ai 60 minuti:

$$i = \frac{a(Tr)}{(b + t)^m}$$

Dove b e m sono dei parametri scala che dipendono dalla zona e della sottozona dello studio VAPI, t è la durata di pioggia, mentre a è un parametro che dipende dalla quota della stazione e dal tempo di ritorno.

Tale equazione permette di calcolare l'intensità dell'evento associato ad un Tempo di ritorno, tuttavia in questo studio viene effettuato un confronto tra l'altezza di pioggia associata al Tr e quella reale registrata. A tale scopo l'equazione sopra descritta viene espletata in funzione dell'altezza di pioggia $h = i \cdot t$:

$$h = \frac{a(Tr) \cdot t}{(b + t)^m}$$

In Figura 15 vengono rappresentate le Curve Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica valide per la stazione di Terracina.

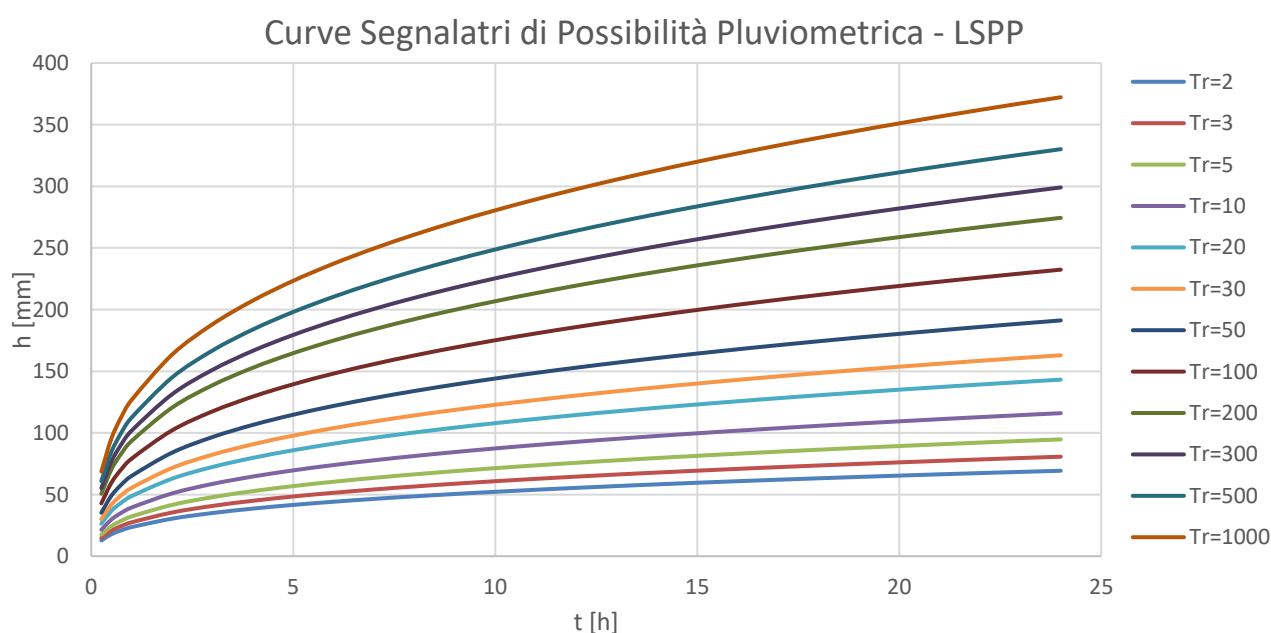


Figura 15 Curve Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica valide per la stazione di Terracina

Ulteriore passo è stato quello di identificare gli eventi di precipitazione ($h > 3.5$ mm, considerato come valore limite inferiore di pioggia tale da provocare un evento di forte intensità), in particolare durata, altezza cumulata e in base a quest'ultimi identificare il Tempo di ritorno associato.

Si sottolinea che i parametri che definiscono le Curve di Possibilità Pluviometrica sono stati definiti da un'analisi statistica e che quindi rappresentano la distribuzione di probabilità di accadimento o di superamento di una determinata soglia sulla base di osservazioni e raccolta dati passati, in quantità tale da avere una valenza statistica.

Le analisi idrologiche prevedono la distinzione in funzione della durata della tipologia di evento di precipitazione, in particolare gli eventi con un tempo di pioggia (tp) inferiori all'ora sono definiti scrosci, mentre quello di durata compresa tra 1-24 ore sono delle piogge orarie.

In tale studio gli scrosci sono considerati di maggiore importanza e impatto, in quanto questi essendo caratterizzati da precipitazioni di breve durata e molto intense, sono i responsabili delle condizioni di maggiore criticità. Infatti, i sistemi di captazione e la rete di drenaggio delle acque meteoriche entra maggiormente in crisi in presenza di tali fenomeni.

In Figura 16 e Figura 17 vengono illustrati gli eventi di pioggia identificati dal 2005 fino a fine 2018 ed il rispettivo tempo di ritorno associato per le piogge orarie ($tp > 1$ ora) e per gli scrosci ($tp < 1$ ora).

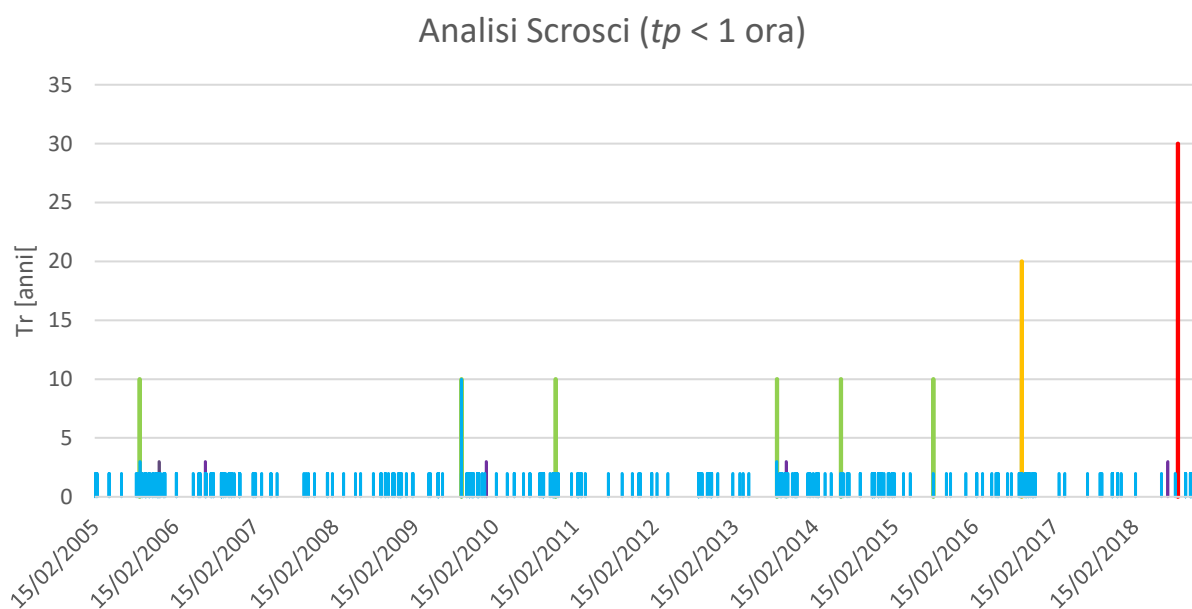


Figura 16 Scrosci registrati nel Comune di Terracina nel periodo 2005-2018 e relativo tempo di ritorno (Tr)

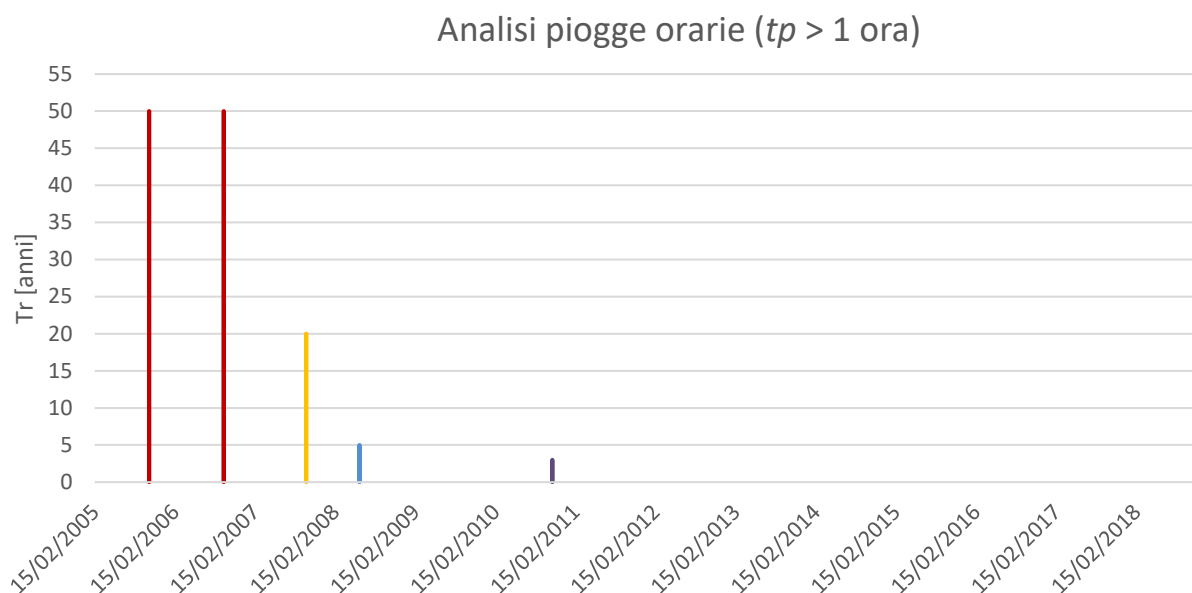


Figura 17 Pioggia oraria registrata nel Comune di Terracina nel periodo 2005-2018 e relativo tempo di ritorno (Tr)

Con tale soglia di precipitazione ipotizzata, come si osserva nei grafici precedenti, il maggior numero di eventi hanno una durata di pioggia inferiore all'ora. Tuttavia, gli eventi caratterizzati dal maggior tempo di ritorno sono quelli con piogge superiori all'ora, si osserva comunque che dall'analisi statistica dei dati anche questi eventi non superano mediamente le 2 ore.

Come descritto in precedenza, il periodo minimo al fine di considerare attendibile un'analisi climatica è di almeno 30 anni, tuttavia i dati in possesso aggregati per 15 minuti sono disponibili solo dal 2005 e per questo motivo tale analisi non ha valenza dal punto di vista climatico nella definizione di un trend significativo. Ad ogni modo mette in luce alcuni aspetti da tenere in considerazione anche a fronte degli effetti riscontrati ed evidenziati a scala nazione e mondiale.

Come si osserva dai grafici precedenti negli ultimi 14 anni si sono verificati numerosi eventi con Tempi di Ritorno maggiori ai 2 anni (in azzurro).

In particolare, si sono registrati due eventi con tempo di ritorno pari a 50 anni, un evento con Tr pari a 30, due eventi con Tr di 20 anni e sei eventi caratterizzati da Tr pari a 10 anni. Come descritto in precedenza, il Tempo di ritorno è un parametro che identifica ogni quanti anni si ha la probabilità che quell'evento si verifichi. L'analisi svolta ha identificato due eventi con Tr pari a 50 anni (probabilità di accadere in un anno pari al 2%) intervallati di circa 1 anno l'uno dall'altro. Inoltre, gli eventi caratterizzati da Tr pari a 10 anni hanno la probabilità del 10% di accadere ogni anno, questi si sono verificati in maniera molto più frequente rispetto a quanto descritto dalle Curve di Possibilità Pluviometrica definite dall'analisi statistica degli eventi

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 33 di 104

passati. In altre parole, in poco meno di 15 anni si sono verificati due eventi che si verificano ogni 50 anni, due eventi che dovrebbero verificarsi ogni 20 anni e ben 6 eventi che potrebbero avvenire ogni 10 anni, secondo le statistiche.

Tale analisi evidenzia come negli ultimi 15 anni si sono verificati numerosi eventi che avevano probabilità di accadimento bassa, questo potrebbe indicare un incremento di frequenza degli eventi di forte intensità rispetto agli anni passati (sulla base dei quali sono stati definiti i parametri delle LSPP). Se questo fosse vero le curve e i corrispondenti Tempi di ritorno non sarebbero più realistici degli eventi locali attuali, in quanto si è in presenza di effetti dovuti in parte anche al cambiamento climatico. Per confermare tale ipotesi sarebbe necessario verificare i dati degli anni precedenti al 2005 per intervalli maggiori ai 30 anni. Sebbene questa sia solamente un'ipotesi, un incremento di frequenza di eventi estremi potrebbe mettere in crisi il sistema di protezione idrogeologica e raccolta delle acque pluviali presente a livello comunale.

Inoltre la maggiore presenza di scrosci, data la loro intensità e ridotta durata, potrebbe mettere in crisi il sistema di captazione delle piogge meteoriche e il sistema di canali, provocando allagamenti ed ingenti danni alle zone residenziali e agricole.

È auspicabile quindi intervenire con azioni di manutenzione e/o adeguamento delle opere esistenti e realizzare nuove opere laddove le criticità sono evidenti allo stato attuale, considerando possibili peggioramenti legati ad un incremento di eventi estremi dovuti al cambiamento climatico.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 34 di 104

4.3 PROIEZIONI FUTURE GLOBALI

Nel 2015 nell'accordo di Parigi, 196 Paesi hanno siglato un accordo impegnandosi a limitare l'incremento della temperatura media mondiale di 2°C, tuttavia se possibile l'obiettivo è quello di avere un incremento pari a 1.5° C. Nell'ottobre 2018 è stato pubblicato un rapporto speciale dell'IPCC sugli impatti del riscaldamento globale di 1.5 ° C rispetto ai livelli preindustriali e relativi percorsi globali di emissione di gas serra, nel contesto del rafforzamento della risposta globale alla minaccia del cambiamento climatico, sviluppo sostenibile e gli sforzi per sradicare la povertà. Quello che emerge in tale rapporto è che a oggi si è assistito ad un incremento della temperatura di 1°C rispetto a quella preindustriale, inoltre l'effetto antropico incrementa la temperatura di circa 0.2 °C a decennio se non si interviene con azioni di mitigazione ed adattamento. L'incremento di temperatura non è uniforme su tutto il globo, infatti nelle zone artiche si ha un incremento molto maggiore della temperatura. Quello che sottolinea tale rapporto è la certezza che limitare l'incremento di temperatura ad 1.5 °C è fisicamente possibile. A tale scopo è necessario ridurre del 45% le specie alteranti e azzerare le emissioni entro il 2050, inoltre è necessario intervenire sulle emissioni negative di CO₂ mediante tecnologie di cattura e confinamento o di gestione del territorio agricolo e forestale. Il concetto cruciale di tale rapporto è che bisogna agire con azioni di natura tecnologica, pulita, ma soprattutto è necessario cambiare lo stile di vita. Le risorse innovative per raggiungere tale obiettivo sono ad oggi disponibili, tuttavia queste hanno costi molto elevati. Ad esempio, si stimano 450 miliardi di dollari per ogni anno fino al 2030 per limitare gli effetti del cambiamento climatico, nonostante questo grande impegno economico non è paragonabile ai costi economici e sociali che si avrebbero in caso di non intervento.

In conclusione, al fine di ridurre l'incremento incessante della temperatura media globale è necessario attivare delle azioni che dal punto di vista economico e sociale non devono essere viste come dei costi senza benefici, ma bensì delle opportunità per l'intero sistema produttivo.

4.4 PROIEZIONI FUTURE LOCALI

Il comune di Terracina si trova in un'area costiera ed è caratterizzato da un clima mediterraneo. Secondo quanto riportato in un articolo del Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC), il mediterraneo è una particolare regione perché si trova al confine politico, economico, sociale e anche climatico tra le medie latitudini e le aree tropicali. Il clima è caratterizzato da temperature elevate nella stagione estiva e abbondanti precipitazioni in quella invernale. Tuttavia gli effetti del cambiamento climatico possono alterare considerevolmente tale situazione climatica, spostando la zona Mediterranea a

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 35 di 104

qualche centinaio di chilometri più a nord, questo avrebbe delle conseguenze disastrose per l'intera regione. I possibili effetti sono un incremento delle temperature, come dimostrato dall'analisi climatica svolta in precedenza, una riduzione delle precipitazioni e un aumento di concentrazione di eventi di intensità molto elevata con potenzialità distruttiva. Gli scenari proposti dal Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici indicano che ad un incremento delle magre estive corrisponde un aumento degli eccessi di portata invernale. Questi hanno delle ripercussioni concrete sui sistemi sociali ed economici che si trasformeranno in una maggiore pressione sulle risorse naturali, causando impatti in molti settori come la biodiversità, la gestione delle risorse idriche, la produzione agricola e sulla salute. La riduzione delle precipitazioni, che secondo alcuni studiosi potrà arrivare al 70% (Rainsanen et al. 2004), e l'incremento delle temperature comporterà inevitabilmente la formazione di episodi di ondate di calore e siccità.

Gli scenari di cambiamento climatico attesi per il futuro evidenziano la necessità di prendere nella dovuta considerazione il rischio di aumento e di intensità delle inondazioni e delle frane sul territorio italiano: infatti, sebbene i dati climatologici prevedano che la futura scarsità di acqua sia una priorità per l'Italia, non deve essere trascurata la possibilità che si verifichino occasionalmente inondazioni molto più severe di quanto accaduto finora in media. Analoga considerazione vale per le frane, alle quali il territorio italiano è particolarmente esposto e che possono essere innescate da precipitazioni intense accentuate dal cambiamento climatico.

Infine, non sono da trascurare gli effetti sull'ambiente marino e costiero, infatti secondo un rapporto dell'ENEA, nel Mediterraneo l'innalzamento del livello del mare dovrebbe essere contenuto tra i 18-30 cm, con problemi di erosione e instabilità dei litorali.

4.5 RESILIENZA URBANA

Dalle considerazioni prima fatte, i cambiamenti climatici inducono fenomeni estremi, differenziati sul territorio in relazione alla posizione geografica e alla topografia, diversificati anche negli impatti ambientali, ecologici, sociali ed economici e diversificati anche nelle cause determinanti: è pertanto necessario operare attraverso strategie e politiche di mitigazione per agire sulle cause e di adattamento per limitarne gli effetti. I cambiamenti climatici possono portare ad impatti di forte importanza, difficilmente prevedibili e con conseguenze talvolta irreversibili, alterando condizioni di fragilità e instabilità esistenti.

In tale contesto nasce il concetto di resilienza, il quale identifica un mutamento finalizzato a garantire la sostenibilità, a fronte di cambiamenti climatici, economici e sociali.

Sistemi complessi, come il contesto urbano, se soggetti a fenomeni di stress possono rispondere a tale stato attivando strategie di risposta e di adattamento, allo scopo di ripristinare il funzionamento iniziale.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 36 di 104

Tale proprietà è identificata con il termine **resilienza urbana**. In altre parole, la resilienza non implica obbligatoriamente il ripristino alle condizioni iniziali, ma la riattivazione della funzionalità attraverso il mutamento e l'adattamento.

Al fine di ottemperare le difficoltà indotte dal cambiamento climatico, sono necessarie delle azioni che operino sia sulle cause che sugli effetti attraverso interventi di mitigazione e di adattamento per adeguare i sistemi al cambiamento climatico.

Con i termini mitigazione e adattamento ci si riferisce a due differenti concetti a seconda dell'ambito disciplinare in cui vengono adottati. Con il concetto di mitigazione si intendono tutte le azioni che mirano alla riduzione delle emissioni dei gas climalteranti, mentre con il termine di adattamento si intendono tutte quelle azioni che mirano a limitare ed a contenere gli impatti negativi che gli eventi meteorologici estremi possono causare sulle città vulnerabili come quella di Terracina.

Tuttavia, l'applicazione degli interventi trova le maggiori difficoltà nell'assenza di comunicazione fra gli attori locali e nella mancanza di una visione comune del problema.

Inoltre, quando si tratta di passare dalla dimensione compilativa e descrittiva alla progettualità (strumenti, soluzioni, azioni), emergono spesso difficoltà che sembrano dipendere dal mancato collegamento tra indicazioni teoriche e applicazioni pratiche che spesso devono interfacciarsi con vincoli territoriali e normativi. La mancanza di consapevolezza sia a livello pubblico che privato rende ulteriormente difficoltosa l'introduzione di azioni e buone pratiche di resilienza.

Si ritiene pertanto necessario un approfondimento delle implicazioni associate all'applicazione degli strumenti resilienti non solo dal punto di vista progettuale ma anche di sensibilizzazione dei portatori di interesse.

In questo contesto si colloca quindi la necessità di individuare nel territorio comunale di Terracina possibili azioni resilienti di intervento, la loro reale realizzabilità e gli effetti attesi oltre alla loro divulgazione e promozione attraverso azioni formative a vari livelli.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 37 di 104

5 CONSEGUENZE DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SUL SISTEMA URBANO

Conoscere le future problematiche a livello globale permette di contestualizzare anche quelle di carattere locale, sebbene possano essere molto differenti da quelle di cui potrà essere soggetto il Comune di Terracina.

Il lavoro di studio delle possibili problematiche deriva infatti dall'analisi di tutte le eventuali conseguenze a cui può essere soggetta una data area, scegliendo poi tra quelle individuate a livello globale quelle di interesse territoriale.

Il documento "Climate change impact and vulnerabilities in Europe 2016 – An Indicator-based report" sviluppato dall'European Environmental Agency (EEA) descrive tutti gli impatti dovuti al cambiamento climatico che hanno effetti sia sull'ambiente che sulla società. Da questo documento vengono estratte le possibili problematiche che possono interessare il Comune di Terracina.

5.1 SALUTE UMANA

Gli impatti del cambiamento climatico sulla salute umana possono essere di due tipi: diretti ed indiretti.

Gli impatti di tipo diretto sono quelli dovuti ad eventi estremi quali ondate di calore, siccità, alluvioni e più in generale sicurezza del territorio di cui si parlerà nei paragrafi successivi. Gli impatti di tipo indiretto sono quelli provenienti dalle modifiche a ecosistemi, biodiversità, acque potabili, suolo e aria.

Nel documento "Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici", a cura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, vengono riportati i rischi correlati a quest'ultima tipologia, i quali sono indagati più nel dettaglio nel documento di supporto "Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici in Italia":

- *"influenzano l'incidenza di malattie infettive riemergenti ed emergenti clima-sensibili, specie quelle trasmesse da insetti vettori che, negli ultimi anni, anche in Italia, hanno richiesto il potenziamento di specifici programmi di sorveglianza sanitaria e controllo del vettore a livello nazionale e regionale".*
- Negli ultimi anni in Italia come in Europa, l'innalzamento delle temperature e la maggiore frequenza di piogge intense ha favorito l'espansione geografica di molte specie artropodi, vettori di malattie. Ad esempio, si è assistito ad un aumento della zanzara tigre anche a quote elevate, dove in passato erano del tutto assenti, con diffusione di virus "esotici". In particolare, negli ultimi anni i casi di zanzare infette, che hanno provocato la malattia o addirittura la morte di individui umani, sono aumentati. Infatti, a tal proposito dal 2002 il Ministero della Salute ha proposto specifiche

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 38 di 104

indicazioni per la sorveglianza epidemiologica umana e veterinaria, come indicato nel documento “Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici in Italia” a cura del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Ulteriore esempio di insetti vettori sono le zecche, che nel nostro territorio ad oggi si sono adattate alla vita anche a 1600 m di quota, quando in passato al massimo raggiungevano gli 800 m di altitudine; queste comportano, se infette, gravi patologie per la salute umana come la meningoencefalite.

I cambiamenti climatici, in particolare l’aumento delle temperature e il dilavamento degli inquinanti dovuto agli eventi di precipitazione estrema possono amplificare il rischio di patologie idrotrasmesse e alterare la qualità delle acque potabili e di balneazione. Negli ultimi anni si è assistito ad un maggiore sviluppo di cianobatteri, alghe azzurre, i quali producono tossine neuro- ed epatossiche in invasi naturali ed artificiali adibiti alla fornitura di acque potabili. Una maggiore frequenza di alluvioni e l’esposizione di beni alimentari a temperature più elevate inoltre, fanno sì che vi sia una contaminazione degli alimenti durante la filiera di conservazione e delle acque, con conseguente criticità della qualità di quest’ultimi.

- *“Amplificano, tramite meccanismi sinergici con inquinamento e alterazioni della biodiversità, l’aumento del rischio di malattie già riconosciute come associate a fattori di rischio ambientali come asma e allergie respiratorie, malattie cardiovascolari e respiratorie, tossinfezioni alimentari e malattie trasmesse con l’acqua.”*

Un incremento della temperatura media è causa dell’anticipo e dell’allungamento della stagione di fioritura andando ad influenzare la durata stagionale delle allergie. La cooperazione tra le tempeste polliniche nelle giornate ventose e gli inquinanti atmosferici come O₃, PM₁₀ e NO_x concorrono ad incrementare le crisi asmatiche e allergiche. Inoltre, il cambiamento climatico ha forte influenza sui fenomeni che regolano il rimescolamento degli inquinanti andando a modificare la velocità delle reazioni in atmosfera e deviando i flussi d’aria.

Ulteriore aspetto da non sottovalutare è la qualità dell’aria all’interno delle infrastrutture che l’uomo occupa per la maggior parte del proprio tempo, infatti i cambiamenti climatici provocano incremento dell’umidità interna che favorisce la formazione di muffe, funghi e acari con gravi conseguenze per l’apparato respiratorio.

- *“Influenzano le pratiche agricole (e.g. trattamenti fitosanitari, fertilizzazioni) aumentando il rischio di esposizione a contaminanti chimici negli alimenti e per i lavoratori addetti.”*

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 39 di 104

Un incremento cospicuo di temperatura comporta la presenza di specie infestanti e non autoctone, come affermato in precedenza. Questo fenomeno obbliga, al fine di mantenere la coltura locale, ad un uso corposo di fitosanitari e pesticidi che possono mettere a forte rischio in primis gli operatori diretti, ma anche i consumatori finali a livelli di residui chimici non accettabili. Il fenomeno delle piogge intense può causare una modifica al regime di trasporto degli inquinanti i quali possono attaccare anche aree adibite alla coltivazione biologica. Da non sottovalutare è l'incidenza che questi pesticidi possono avere sulle attività di pascolo, con conseguente contaminazione del bestiame.

- *compromettono la produzione e la qualità nutrizionale di alimenti fondamentali.”¹*

Per quanto riguarda gli impatti diretti di forte importanza sono le ondate di calore e di gelo, ma anche una maggiore esposizione ai raggi UV dovuta all'aumento delle temperature in zone dove il clima è particolarmente rigido.

La pericolosità delle ondate di calore è oggi più nota che in passato, grazie alle misure attuate dal Ministero della Salute. Anche grazie a questa consapevolezza infatti si è registrato un calo della mortalità per questa causa rispetto al 2003. L'attenzione per i pericoli generati dalle ondate di calore rimane tuttavia elevata. È importante sottolineare come i gruppi vulnerabili non siano soltanto anziani e bambini, ma anche lavoratori outdoor, persone in condizioni socio-economiche svantaggiate e i residenti in aree urbane.

Altro impatto diretto è l'aumento degli incendi boschivi dovuti ad un incremento dei periodi siccitosi e di temperatura. Infine, è necessario considerare i danni diretti dovuti ad un maggiore rischio idrogeologico come dissesti, frane, alluvioni e valanghe.

Un'adeguata formazione e diffusione delle buone pratiche restano in questo caso la migliore strategia, in cui però devono essere coinvolti i diversi settori che riguardano la sicurezza.

Come viene infatti sottolineato nel documento “Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici”, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, *“per le strette interconnessioni con la tutela della qualità di acqua, aria outdoor e indoor, suolo e biodiversità e con diversi settori strategici quali ad esempio agricoltura e filiere alimentari, turismo, infrastrutture, servizi idrici integrati, aree urbane, la mitigazione (e la prevenzione) degli impatti sulla salute non può essere delegata esclusivamente alle capacità e alle conoscenze del solo settore sanitario. Oltre a misure di governance per la gestione integrata*

¹ Fonte: “Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici”, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 40 di 104

dei rischi per la salute da cambiamenti climatici nelle norme di settore, vanno potenziate sia l'implementazione di norme che la formazione ad hoc degli operatori di questi settori sui rischi emergenti.”²

5.1.1 Proposte per la tutela della salute umana

A titolo di esempio sulle diverse misure da attuate per gli effetti diretti e indiretti sulla salute umana si riportano alcune delle azioni suggerite dal “Commitment to Act” del documento “Improving environment and health in Europe”, World Health Organization Regional Office for Europe.

- *“Proteggere la salute dei bambini*
 - *Affrontare l'obesità e le lesioni attraverso ambienti sicuri, l'attività fisica e la dieta sana;*
 - *Prevenire le malattie attraverso il miglioramento della qualità dell'aria esterna e interna;*
 - *Prevenire le malattie derivanti da ambienti chimici, biologici e fisici;*
- *La tutela della salute e dell'ambiente dai cambiamenti climatici*
 - *integrare le problematiche sanitarie in tutte le misure, le politiche e le strategie di mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici a tutti i livelli e in tutti i settori, [...];*
 - *rafforzare la salute, il benessere sociale e i servizi ambientali per migliorare la loro risposta agli impatti dei cambiamenti climatici in modo tempestivo, ad esempio per eventi meteorologici estremi e ondate di calore, [...];*
 - *sviluppare e rafforzare i sistemi di sorveglianza e di preparazione di allerta precoce per gli eventi meteorologici estremi e le epidemie [...];*
 - *sviluppare e attuare programmi di formazione e di sensibilizzazione pubblica sui cambiamenti climatici e la salute, per incoraggiare comportamenti salutari e fornire informazioni sui possibili interventi di mitigazione e di adattamento, con particolare attenzione ai gruppi vulnerabili e sotto regioni;*
 - *collaborare per aumentare il contributo del settore sanitario a ridurre le emissioni di gas serra e rafforzare la propria leadership sulla gestione energetica e uso efficiente delle risorse e stimolare altri settori, come ad esempio il settore alimentare, a fare lo stesso;*
 - *incoraggiare la ricerca e lo sviluppo, ad esempio con strumenti per la previsione degli impatti climatici sulla salute, l'individuazione delle vulnerabilità della salute e lo sviluppo di adeguate misure di mitigazione e adattamento.*

² Fonte: “Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici”, Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 41 di 104

- *Coinvolgimento dei bambini, dei giovani e delle altre parti interessate*
- *Sviluppo della conoscenza e degli strumenti per la definizione delle politiche e di attuazione”.*³

5.2 TURISMO

In linea del tutto generale nel documento “Climate change impact and vulnerabilities in Europe 2016 – An Indicator-based report” sviluppato dall’European Environmental Agency (EEA) si analizzano i possibili effetti che il cambiamento climatico può avere sul settore del turismo:

- In passato le zone dell’Europa meridionale avevano maggiore potenziale turistico, il cambiamento climatico sposterà le regioni più favorevoli a nord in tutte le stagioni. L’idoneità dell’Europa meridionale al turismo andrà a calare durante la stagione estiva e potrebbe aumentare durante le altre stagioni.
- L’innalzamento delle temperature e del livello dei mari avrà effetti sulle risorse turistiche costiere, quali spiagge, estuari e zone umide.
- Una riduzione del manto nevoso influenzerà negativamente l’industria degli sport invernali in molte regioni. Le regioni vicine al limite di quota della bassa quota per gli sport invernali saranno più a rischio.
- Si prevede che i cambiamenti climatici andranno a modificare i flussi in Europa, comportando forti impatti economici alle Regioni basate su tale settore.

Il turismo nel Comune di Terracina è un settore molto importante per l’economia locale soprattutto nella stagione estiva. I cambiamenti climatici con i loro effetti possono modificare e danneggiare in maniera significativa le condizioni climatiche ottimali favorevoli al turismo e rendere meno appetibile il Comune come meta del turismo nazionale ed internazionale.

Gli effetti del cambiamento climatico sulle coste italiane sono stati studiati, tuttavia esistono fonti di incertezza circa la quantità di danni economici e sociali che questi possono provocare in tale settore. Secondo quanto riportato nello studio “Impatti del cambiamento climatico sulle zone costiere: Quantificazione economica di impatti e di misure di adattamento – sintesi di risultati e indicazioni metodologiche per la ricerca futura”, redatto dall’Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i servizi Tecnici (APAT) e dal Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici (CMCC), i cambiamenti climatici attesi, rilevanti per il turismo costiero riguardano principalmente tre aspetti fondamentali:

- *la perdita di terreno per l’innalzamento del livello del mare*, la conseguente scomparsa delle aree costiere ed di infrastrutture di rilevanza per le attività turistiche come le spiagge, porticcioli ecc..

³ Fonte: “Improving environment and health in Europe”, World Health Organization Regional Office for Europe

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 42 di 104

- *l'incremento di temperatura* e un aumento di frequenza di eventi estremi come *le isole di calore estive* che rendono le zone costiere meno appetibili per il turismo in quanto considerate troppo calde. Questo implica una riduzione del turismo estero, in quanto si ricercheranno località con temperature più fresche. Tuttavia questa riduzione può essere in parte mitigata da un incremento del turismo locale.
- *La riduzione delle risorse idriche* nella stagione con maggiore richiesta, che tendono a scarseggiare sia per la riduzione delle precipitazioni prevista nella stagione con maggiore afflusso turistico, che per l'intrusione di acque saline nelle riserve idriche costiere.

L'aumento delle temperature indurrà due diverse tendenze di spostamento del turismo, sia dal punto di vista spaziale che temporale. Infatti, si prevede che un incremento della temperatura e del fenomeno delle isole di calore favorirà un graduale spostamento delle destinazioni turistiche verso zone più temperate del nord e verso altitudini maggiori nella ricerca di temperature più fresche. Dal punto di vista temporale si prevede una variazione stagionale dell'afflusso turistico, facendo slittare i viaggi verso le zone costiere nei mesi primaverili e autunnali. Oltre alle perdite in termini di clienti, le località turistiche, come il Comune di Terracina, dovranno fronteggiare problematiche indotte dall'innalzamento delle temperature, i maggiori consumi di energia in concorrenza con le altre attività economiche e domestiche per l'uso delle riserve idriche che conseguentemente avranno maggiori costi di produzione dei servizi turistici.

Inoltre, secondo quanto riportato in uno studio redatto dall'Università Europea di Roma, "Gli impatti dei cambiamenti climatici sul turismo" si riporta quanto segue: *"Il turismo balneare nel Centro-Sud Italia subirà grandi trasformazioni, soprattutto se si è non attenti sin da ora sia ad innovare il sistema delle piscine con acqua di mare, sia a mantenere elevata la qualità delle acque. In effetti le acque marine potrebbero subire delle modificazioni derivati principalmente dall'aumento delle temperature delle acque superficiali, tali da non essere più attrattivi di turisti soprattutto per la variabilità e l'instabilità degli ecosistemi marini. La pressione antropica derivata dall'afflusso dei turisti ..aumenta la vulnerabilità agli impatti dei cambiamenti climatici delle coste italiane, in termini di innalzamento dei livelli del mare e dell'incidenza di eventi estremi, riducendo la capacità di resilienza naturale degli ambienti costieri gli impatti indiretti attesi riguardano l'aggravarsi dei fenomeni erosivi e la conseguenze scomparsa di aree costiere e di infrastrutture rilevanti ai fini di attività turistiche, la desertificazione/diminuzione delle risorse idriche e maggiore rischio di incendi), la crescente competizione tra usi energetici alternativi (con conseguenti maggiori costi per i servizi turistici)*

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 43 di 104

l'esplosione demografica di organismi quali alghe o meduse che non si conciliano con il turismo" (Ministero dell'Ambiente, Documento PNAC, 2017,68)⁴.

5.2.1 Vulnerabilità e rischio nel comune di Terracina per il turismo estivo

Per comprendere la vulnerabilità del comparto turistico estivo sono state indagate le offerte proposte nel comune di Terracina.

Il Comune di Terracina grazie alla sua posizione lungo le coste del Golfo di Gaeta presenta un'attività turistica estiva importante per l'economia locale. La presenza di molte strade che permettono il collegamento con le importanti località della regione, della linea ferroviaria sulla tratta Roma-Formia-Napoli e di un porto fanno sì che l'attività legata al turismo sia un fattore importante per l'economia locale.

Le strutture ricettive fornite sono sia di natura alberghiera che extra-alberghiera per un totale di 101 strutture e 8'531 posto letto.

Il turismo nel Comune di Terracina è garantito da una delle spiagge più belle del litorale laziale e dalla presenza del porto dal quale quotidianamente partono aliscafi e traghetti per l'Isola di Ponza.

Oltre alle attività balneari sono presenti numerose attività naturalistiche come il Parco di Rimembranza o il tempio di Giove Anxur nonché numerosi reperti archeologici che fanno di che Terracina sia un "museo a cielo aperto". La molteplicità di offerta fa sì che il Comune in analisi sia frequentato da turisti; infatti si colloca ai primi posti dei Comuni della Provincia di Latina per flusso turistico.

Dai dati forniti dal servizio "Istituto Nazionale di Statistica" si sono registrate presenze per 350'000 nel 2014 e di quasi 200'000 per il 2017.

I cambiamenti climatici, come evidenziato in precedenza, e in particolar modo l'incremento delle temperature e del fenomeno delle isole di calore può minacciare il settore del turismo, che nel Comune di Terracina è di fondamentale importanza per l'economia locale.

Queste criticità e rischi evidenziano quanto sia importante intervenire con strumenti di gestione e pianificazione territoriale sostenibile al fine di rendere il contesto urbano più resiliente nei confronti del cambiamento climatico, tutelando il settore turistico e i benefici economici e sociali che esso comporta.

⁴ Carmen Bizzarri, Margherita Pedrana, Università Europea di Roma, "Gli impatti dei cambiamenti climatici sul turismo – un'analisi delle politiche di intervento"

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 44 di 104

5.3 ZONE COSTIERE

Il Comune di Terracina è situata in zona costiera. Nel documento “Climate change impact and vulnerabilities in Europe 2016 – An Indicator-based report” sviluppato dall’European Environmental Agency (EEA) si analizzano i possibili effetti che il cambiamento climatico può avere sulle zone costiere:

- Il livello medio ed estremo del mare è aumentato a livello globale e lungo la maggior parte delle coste in Europa. Livello medio globale del mare nel 2015 era la media annuale più alta del record. Vi è una crescente evidenza di un'accelerazione nel tasso globale aumento medio del livello del mare negli ultimi decenni.
- L'aumento medio del livello medio del mare nel 21 ° secolo è molto probabile che sia maggiore di quello del 20 ° secolo. Diversi recenti studi basati su modelli e valutazioni di esperti hanno suggerito un limite superiore per l'innalzamento medio del livello medio del mare nel 21 ° secolo nel range di 1,5-2,0 m.
- L'innalzamento del livello del mare continuerà per molti secoli, anche se le emissioni di gas serra e la temperatura verranno stabilizzate. La principale incertezza per l'innalzamento del livello del mare di molti secoli è la velocità con cui i grandi strati di ghiaccio si disintegreranno.
- Gli aumenti previsti dei livelli estremi di acque costiere in Europa risulteranno verosimilmente in gran parte a causa dell'aumento locale del livello medio relativo del mare nella maggior parte delle località.
- L'aumento del livello del mare previsto, possibili cambiamenti nella frequenza e intensità delle mareggiate e l'erosione costiera possono provocare danni ecologici significativi, perdite economiche e altri problemi sociali.
- Impatti diretti dall'innalzamento dei mari includono inondazioni e dispersione delle zone umide, delle terre basse, erosione costiera, aumento di danneggiamento da tempeste ed alluvioni, aumento della salinità negli estuari e nelle lagune, ed aumento delle protezioni fisiche della costa che possono impedire il drenaggio.

5.4 RISORSA IDRICA

L’Unione Europea grazie al documento “Climate change impact and vulnerabilities in Europe 2016 – An Indicator-based report”, sviluppato dall’European Environmental Agency (EEA) ha analizzato i possibili effetti che il cambiamento climatico può avere sulla risorsa idrica:

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 45 di 104

- In generale dal 1960 si è assistito ad un incremento di portate nei fiumi durante la stagione invernale e una riduzione durante quella estiva, seppure con notevoli variazioni locali. I cambiamenti climatici sono un importante fattore che condiziona tali condizioni.
- Gli eventi estremi come alluvioni sono incrementati in Europa dal 1980, in particolare nel Sud e Sud-Est Europa. Si prevede che la siccità meteorologica e idrologica aumenti in termini di frequenza, durata e gravità nella maggior parte d'Europa, in particolare nella parte meridionale.
- Il cambiamento climatico incrementa la temperatura dell'acqua sia nei fiumi che nei laghi accorciando la permanenza del ghiaccio.
- Temperatura maggiore dell'acqua nei fiumi ha importanti conseguenze negative sulla qualità della stessa e sull'ecosistema acquatico.
- Con il riscaldamento globale si prevede che possa intensificare il ciclo idrologico, incrementando la frequenza di accadimento di eventi estremi nella maggior parte d'Europa.
- Le inondazioni pluviali e quelle improvvise, innescate da precipitazioni intense di breve durata, probabilmente aumenteranno. Tuttavia nelle regioni con scarso accumulo di neve durante la stagione invernale il rischio di alluvioni nella stagione primaverile è ridotto.
- L'aumento della temperatura dell'acqua può portare a fioriture di fitoplancton più vecchie e più grandi, nonché l'invasione di specie nuove che possono provocare problemi di salute pubblica e alterare gli ecosistemi autoctoni.

Nel "Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici" redatto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) si afferma che: *" gran parte degli impatti dei cambiamenti climatici sono riconducibili a modifiche del ciclo idrologico e al conseguente aumento dei rischi che ne derivano. Le risorse idriche sono fondamentali per uno sviluppo equo e sostenibile e la sicurezza idrica è un requisito fondamentale per la competitività delle imprese e la tutela dell'ambiente naturale."*

I cambiamenti climatici, infatti, comporteranno una modifica al regime idrologico secondo due diversi aspetti: fenomeni di scarsità idrica, con le conseguenze relative alla competizione per l'utilizzo della risorsa e dall'altro precipitazioni di elevata intensità che potranno rappresentare un pericolo per possibili dissesti idrogeologici e dunque per la sicurezza idraulica. I cambiamenti stagionali nel regime idrologico avranno conseguenze importanti sia sulle alluvioni causate da esondazione dei fiumi che su quelle causate da precipitazioni intense locali e di carattere convettivo.

Sarà quindi fondamentale porre un'adeguata attenzione alla pianificazione territoriale, alla definizione e gestione del rischio delle zone inondabili e soprattutto definire dei sistemi di allerta che tengano in considerazione le modifiche in atto al regime idrologico.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 46 di 104

Il cambiamento climatico potrà alterare anche lo stato di qualità della risorsa idrica, alterandone i parametri fisici e chimici.

I nuovi rischi avranno impatti sul sistema socio-economico (e viceversa), poiché ne saranno oggetto i centri abitati, le infrastrutture e le linee di viabilità.

5.4.1 Rischio idrogeologico e idrologico

A tale proposito nel documento “Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici” redatto dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), si porta quanto segue:

“L’impatto del cambiamento climatico sul rischio geologico, idrologico ed idraulico si estrinseca principalmente attraverso il cambiamento delle temperature e del regime delle precipitazioni, che si verifica con modalità fortemente variabili nello spazio e nel tempo, ed è influenzato da condizioni naturali e antropiche locali. In generale, ciò comporta una variazione di frequenza dei fenomeni di dissesto idraulico nei bacini di estensione minore, dei fenomeni franosi superficiali e profondi in terreni caratterizzati da coltri di spessore ridotto e/o elevata permeabilità e dei fenomeni franosi. Lo scioglimento del permafrost potrà avere effetti su colate detritiche e frane superficiali. La frequenza delle piene fluviali sarà maggiormente impattata nei bacini a permeabilità ridotta che rispondono più velocemente alle sollecitazioni meteoriche e hanno ridotto effetto attenuante nei confronti delle precipitazioni di breve durata e forte intensità. L’urbanizzazione e l’uso del suolo possono avere un impatto negativo, contribuendo all’aggravarsi dei fenomeni di dissesto.”⁵

È di fondamentale importanza individuare l’influenza che i cambiamenti climatici possono avere sulle portate dei corsi d’acqua e sul tempo di ritorno che caratterizza le portate di picco. Un aumento di frequenza e di intensità delle precipitazioni può aumentare notevolmente la portata di picco nel corso d’acqua, così si potrebbe osservare un cambiamento da eventi caratterizzati da un tempo di ritorno di 100 anni ad eventi di 200 anni con tutte le conseguenze che ne derivano. A tale proposito sarà da rivedere l’affidabilità dei criteri definiti dall’U.O. 1.34 del GNDCI del CNR per l’Italia Centrale per la messa in sicurezza e la manutenzione dei corsi d’acqua. Inoltre, la stessa analisi dovrà essere svolta anche per la mappatura delle aree di pericolo sia per esondazione che per colate detritiche e frane.

Per quanto riguarda l’effetto sinergico tra una riduzione del regime delle precipitazioni medie e l’utilizzo via via crescente delle derivazioni e dei prelievi, alcune delle cause assolutamente non trascurabili sono la riduzione del contorno bagnato relativo alle portate prevalenti e di morbida favorisce un veloce

⁵ Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici” redatto dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), 2017

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina		Partner tecnico 	
Comune di Terracina			Data: 2019	Pagina 47 di 104

avanzamento della vegetazione in alveo che a sua volta facilita la cattura del sedimento e l'innalzamento di parte della sezione rendendola non sommergibile dalle piene annuali. Oltre alla progressiva parzializzazione della sezione si possono innescare, in occasione di piene a maggiore tempo di ritorno, ingenti trasporti di sedimenti e soprattutto di materiale galleggiante. Tutto ciò potrà quindi comportare la necessità di maggiori spese per mantenere in efficienza il reticolo idrografico.

In Figura 18 viene rappresentato il reticolo idrografico di competenza del Comune di Terracina.

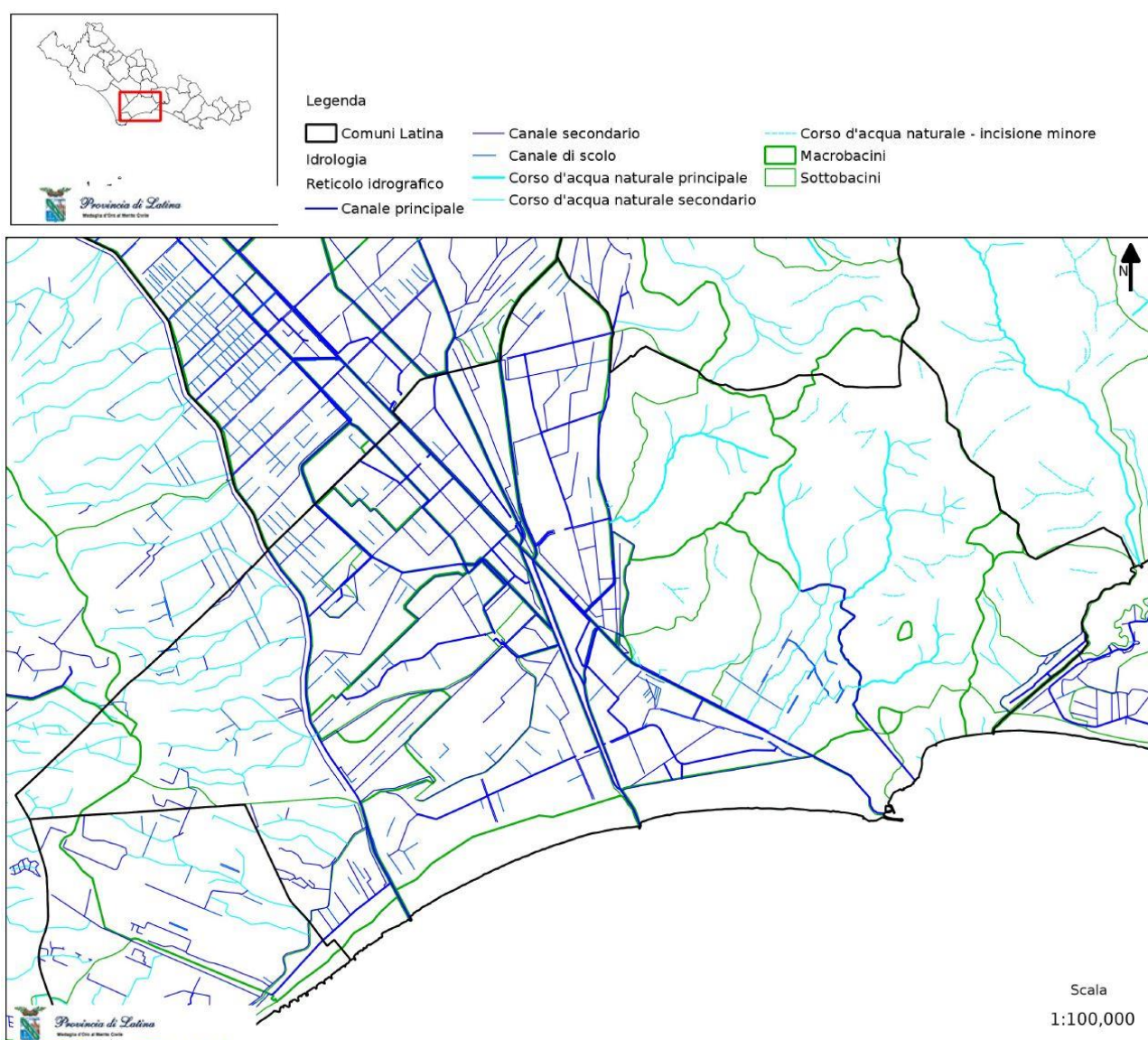


Figura 18 Reticolo idrografico del Comune di Terracina (Fonte:Provincia di Latina)

Il Comune di Terracina, come si osserva nelle precedente mappa, è caratterizzato da una rete idrografica fitta e ben distribuita sul territorio. Il reticolo idrografico è nei tratti in collina formato da piccoli corsi naturali, mentre nella parte pianeggiante, lungo la costa è caratterizzato da canali artificiali, frutto delle

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 48 di 104

opere eseguite per bonificare il territorio. Molti di questi canali vengono utilizzati a scopo irriguo nell'entroterra dove la presenza di coltivazioni è elevata.

L'analisi climatica, discussa in precedenza, ha evidenziato delle criticità dal punto di vista del regime delle precipitazioni, è quindi necessario identificare le aree soggette a maggiore rischio idrogeologico.

A tale proposito la regione Lazio e in particolare l'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio ha redatto il Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) nel quale ha identificato le aree soggette a pericolo idraulico e di frana.

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica ha identificato tre categorie:

- Fasce a pericolosità A. Alta probabilità di inondazione, sono eventi caratterizzati da un tempo di ritorno inferiore ai 30 anni;
- Fasce a pericolosità B. Moderata probabilità di inondazione, sono eventi caratterizzati da un tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni;

Le fasce a pericolosità B sono a loro volta suddivise in due sub-fasce:

- sub-fasce a pericolosità B1: aree che possono essere investite dagli eventi alluvionali caratterizzati da dinamiche intense ed alti livelli idrici;
- sub-fasce a pericolosità B2: aree, ubicate nelle zone costiere pianeggianti, ovvero ad una congrua distanza dagli argini, tale da poter ritenere che vengano investite da eventi alluvionali caratterizzati da dinamiche graduali e bassi livelli idrici;
- Fasce a pericolosità C: aree a bassa probabilità di inondazione, caratterizzate da un tempo di ritorno maggiore di 200 anni.

Le frane invece sono state suddivise in tre categorie, sulla base dei volumi coinvolti e delle velocità in gioco:

1. Le aree a pericolo di frana molto elevato, interessate da frane caratterizzate da elevati volumi e/o velocità di spostamento da estremamente rapido a rapido (da > 3 m/s a >1.5 m/giorno: frane di crollo, colate di detrito, sink hole, scorrimenti traslazionali e rotazionali in terra e roccia);
2. Le aree a pericolo di frana elevato, interessate da frane caratterizzate da media intensità (bassi volumi e/o velocità moderata (<1.5 m/giorno a 1.5 m/mese: scorrimenti traslazionali in terreni complessi, scorrimenti rotazionali in terreni caratterizzati da alternanze di terreni a differente comportamento, colate) o dalla presenza di scarpate di altezza significativa;
3. Le aree a pericolo di frana lieve, interessate frane di bassa intensità (modesti volumi e velocità da lenta a molto lenta, da $<$ di $1,5$ m/mese a 0.06 m/anno: soliflusso, creep della coltre superficiale ecc.)

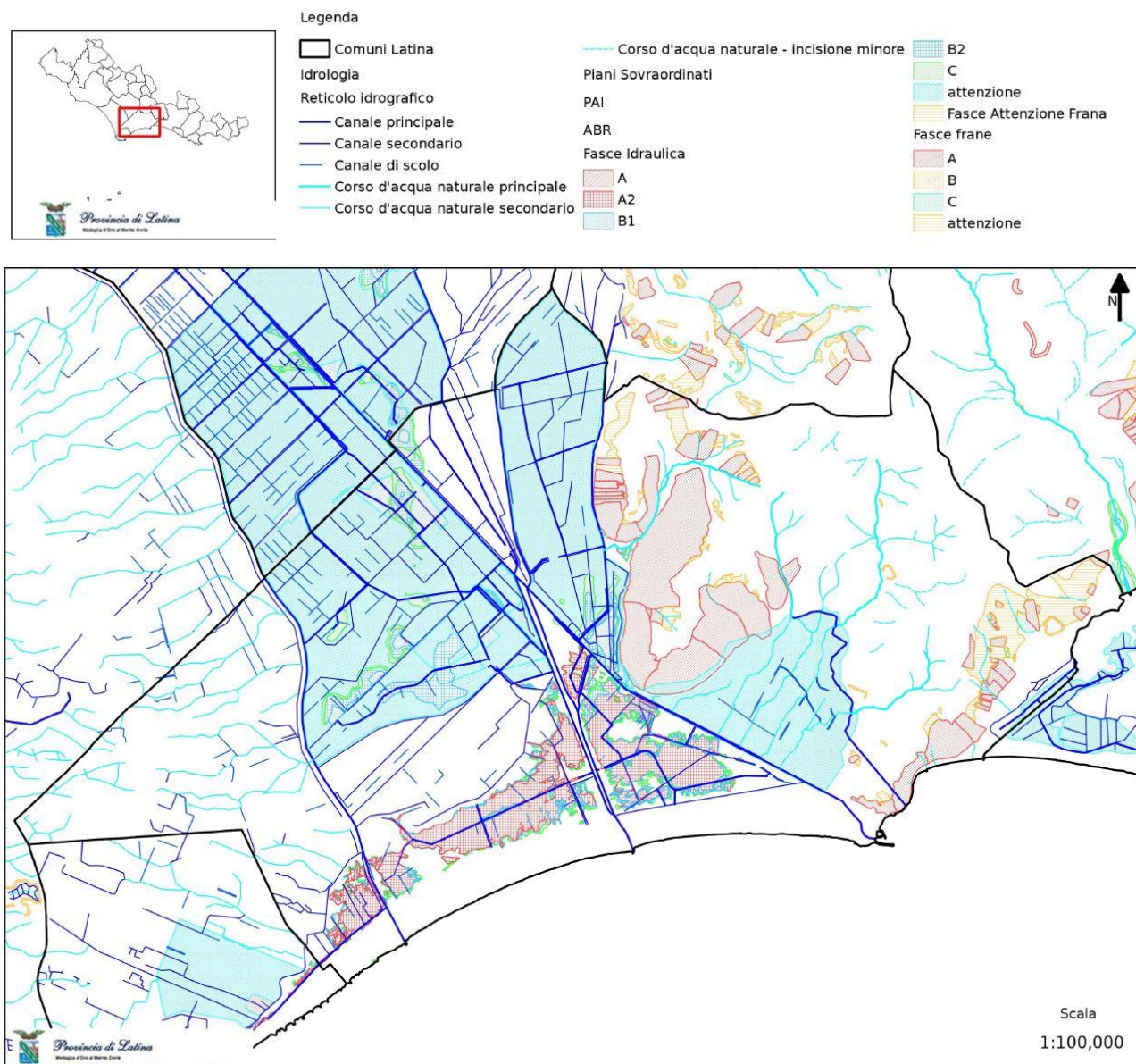


Figura 19 Mappe di pericolosità idraulica e di frana redatta dall'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio – Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Come si osserva dalla precedente mappa il Comune di Terracina è caratterizzato da differenti zone di pericolo idrogeologico. In particolare nella zona del centro del Comune, quella fortemente urbanizzata che si estende a destra e a sinistra del Fiume Portatore è caratterizzata da elevata pericolosità. Mentre le zone più interne e meno urbanizzate che si trovano nella parte più a nord del comune, sono caratterizzate da livelli di pericolosità B. La zona del centro storico del Comune è caratterizzata da elevata pericolosità di presenza di frana.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina		Partner tecnico 
Comune di Terracina			Data: 2019 Pagina 50 di 104

Per completezza viene riportata la carta del rischio del Comune di Terracina, redatta in occasione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale.

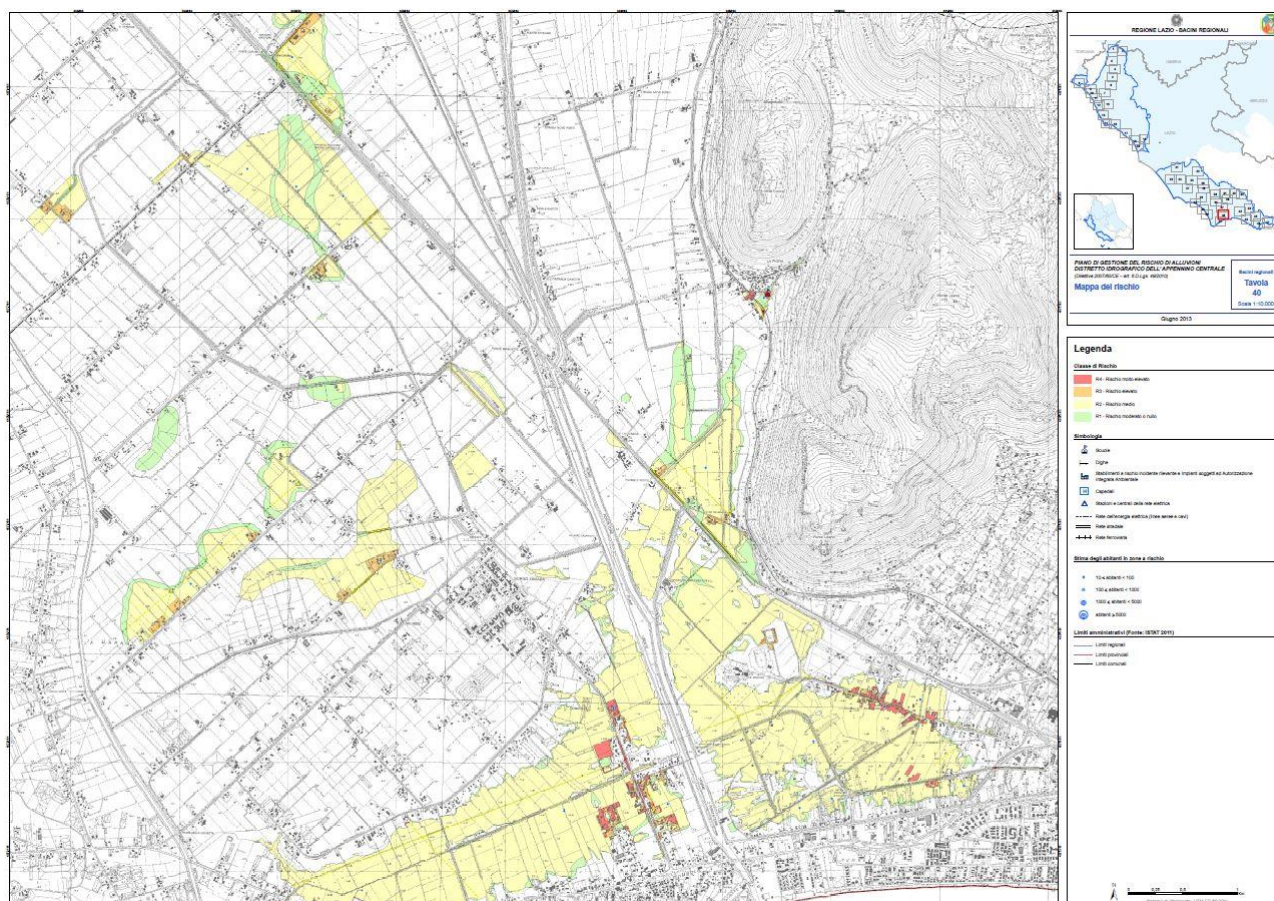


Figura 20 Mappa del rischio idrogeologico del Comune di Terracina, Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto idrografico dell'Appennino Centrale

Come si osserva, nelle zone limitrofe ai grandi canali come il Fiume Portatore e del Collettore Principale Pantani si hanno livelli di rischio medio, mentre solo localmente il rischio è elevato.

L'incremento di eventi estremi, sia in termini di intensità che in termini di frequenza incrementano il rischio idrogeologico. È auspicabile le Amministrazioni Pubbliche e gli Organi di Competenza verifichino lo stato attuale delle opere e ne garantiscano l'adeguatezza ai possibili eventi di forte intensità dovuti al cambiamento climatico.

Ulteriore aspetto connesso al rischio idrogeologico è l'aumento di aree impermeabili dovute all'urbanizzazione crescente. Una continua impermeabilizzazione dei terreni impone a zero la capacità naturale di infiltrazione del suolo, aumentando drammaticamente il deflusso superficiale; tale fenomeno può contribuire a causare problemi idraulici, in quanto il tempo di corrivazione del bacino viene ridotto e

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 51 di 104

viene a mancare la funzione di assorbimento e quindi di laminazione nei confronti di eventi intensi dei terreni naturali.

Tutti i fenomeni legati al rischio idrogeologico hanno effetti disastrosi per le attività antropiche, perdite economiche ingenti, danni alle infrastrutture pubbliche e private, erosioni o smottamenti con conseguenti danni al territorio e perdita di vite umane.

Oltre al rischio idrogeologico che considera eventi come alluvioni, piene, colate di detriti e altri fenomeni il cambiamento climatico e quindi l'intensificazione degli eventi di maggiore intensità possono avere degli impatti anche da un punto di vista idrologico.

A tale proposito è bene considerare gli effetti dell'azioni combinata del cambiamento climatico e la crescente urbanizzazione ed utilizzo di suolo. Il continuo incremento delle zone impermeabili riduce sensibilmente la capacità dei terreni di trattenere parte dell'acqua che cade a terra. Specie durante gli eventi chiamati "bombe d'acqua" la presenza di zone ad elevata permeabilità come giardini e parchi contribuiscono a ridurre il deflusso superficiale e aiutano il sistema di drenaggio dell'acqua piovana. L'aumento di impermeabilizzazione dei terreni fa crollare drasticamente tale capacità; questo si ripercuote sui sistemi di drenaggio dell'acqua piovana che possono andare in crisi e presentare molteplici criticità. Gli effetti sono l'allagamento delle strade e delle cantine.

Come emerso dall'analisi climatica illustrata in precedenza, nel Comune di Terracina, si sta assistendo ad una intensificazione degli eventi estremi di forte intensità, questo effetto del cambiamento climatico, può aumentare il rischio alluvioni, eventi di colate detritiche e smottamenti su tutto il territorio Comunale. È quindi auspicabile intervenire con azioni di adattamento cercando di verificare la reale efficacia delle opere di sicurezza idraulica presenti e/o prevederne la realizzazione di nuove in relazione al nuovo regime di precipitazioni.

5.4.2 Scarsità della risorsa idrica

Come confermato dall'analisi climatica, le precipitazioni negli ultimi 30 anni stanno registrando una riduzione in quasi tutte le stagioni eccetto quella autunnale. Questo comporterà inevitabilmente un aumento del rischio di eventi di siccità e al contrario un incremento di fenomeni di forte intensità. A fronte di tali considerazioni è necessario attuare una gestione ottimale della risorsa idrica allo scopo di limitarne il deficit e i contenziosi che si instaureranno per l'utilizzo di questa.

La siccità e la scarsità di risorsa idrica sono la causa di uno squilibrio tra domanda e offerta della risorsa, tuttavia tale divario può essere dovuto ad un incremento della popolazione oppure ad un uso corposo di acqua a scopo irriguo.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 52 di 104

Bisogna sottolineare una differenza sostanziale tra due termini apparentemente simili: siccità e scarsità d'acqua. Con il primo si intende una temporanea diminuzione della disponibilità idrica e può essere distinta in siccità meteorologica, idrologica e agricola; mentre con il termine scarsità della risorsa si intende uno squilibrio a lungo termine tra la domanda e l'offerta.

Tale variazione sarà maggiormente evidente durante la stagione estiva nella quale si osserva una riduzione nel regime delle precipitazioni, conseguentemente si avrà un cambiamento nel ciclo dell'acqua.

Tale problematica intacca diversi ambiti. In primo luogo, un calo nel regime delle precipitazioni comporta una riduzione del deflusso nei corsi d'acqua, un decremento della quota delle falde, in quanto non vengono più caricate regolarmente, ed esaurimento delle sorgenti, con conseguenze per il normale sviluppo della vegetazione autoctona e alterazione della biodiversità.

Nel Comune di Terracina, oltre alla riduzione delle portate si può assistere alla riduzione del livello di falda, infatti nel 2016 in un periodo di siccità si era appurato come la falda si fosse abbassata del 50% rispetto al 2013. Le condizioni di siccità e riduzione della risorsa idrica sono in perfetta opposizione con un bisogno sempre maggiore della stessa.

La mancanza di risorsa idrica e siccità influenzano quindi negativamente l'economia, la società e l'ambiente. In particolare, i principali settori colpiti sono quelli correlati alla fornitura di acqua pubblica, l'agricoltura e alla produzione di energia.

Possibili problematiche dovute alla siccità presenti e future sono state confermate dall'analisi climatica svolta in precedenza, nella quale la precipitazione totale si è ridotta dagli anni '60 ad oggi.

La scarsa presenza di risorsa idrica crea delle situazioni di competizione e conflitto di interesse per l'utilizzo in diversi settori, quello potabile, quello agricolo e quello industriale che è destinato a peggiorare a causa del cambiamento climatico. È necessario quindi intervenire con azioni di adattamento nei confronti di tale criticità, attraverso una gestione più efficiente, sostenibile e responsabile della risorsa idrica sia da parte degli enti pubblici sia dal cittadino.

5.4.3 Il comparto agricolo

Nel documento "Climate change impact and vulnerabilities in Europe 2016 – An Indicator-based report", sviluppato dall'European Environmental Agency (EEA) ha analizzato i possibili effetti che il cambiamento climatico può avere sul settore agricolo:

- Un incremento della stagione calda vegetativa sta portando all'espansione verso maggiori altitudini determinate colture.
- Si potrà osservare una variazione nella fenologia delle colture, con anticipazione dei periodi di raccolta.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 53 di 104

- Eventi estremi come le ondate di calore, siccità e alluvioni riducono sensibilmente la resa di molte colture, incrementando il rischio di perdite nel raccolto.
- Si prevede un aumento del fabbisogno idrico, soprattutto nell'Europa meridionale, dove si prevede un'espansione dell'irrigazione che entrerà in conflitto con una riduzione della risorsa idrica disponibile e con un aumento di domanda da parte degli altri settori.
- Potranno manifestarsi aumenti nelle malattie, negli infestanti e nei parassiti, a causa di un incremento di temperatura che potrà far nascere specie esotiche.
- In alcune zone del sud Europa le elevate temperature e problemi di siccità potrebbero mettere in crisi il settore dell'allevamento con problemi nella produzione del latte, formaggi, uova e altro cibo di derivazione animale.
- Gli eventi estremi andranno a modificare la composizione del suolo, costringendo l'utilizzo di mangimi concentrati.

Tutte le conseguenze sopra citate sono perfettamente adattabili al contesto del Comune di Terracina. In particolare la minaccia maggiore è quella legata al reperimento della risorsa idrica che è necessario soprattutto nel periodo in cui è più assente. Inoltre l'incremento degli eventi estremi con scrosci, alluvioni e grandinate possono provocare danni irreparabili all'agricoltura con dei danni economici importanti.

Per fare fronte a tali situazioni di criticità è necessario modificare il sistema di gestione dell'irrigazione puntando su tecnologie moderne e all'avanguardia, evitando sprechi della risorsa nel rispetto dei bisogni idrici delle differenti colture.

5.5 QUALITÀ DELL'ARIA

La qualità dell'aria è influenzata da fattori antropici legati alle emissioni e a fattori stagionali o climatici.

La qualità dell'aria è in parte condizionata dal cambiamento climatico, in particolare dall'aumento delle temperature. L'effetto sinergico tra la presenza di condizioni anticicloniche, l'aumento dell'irradianza (responsabile della formazione del buco dell'ozono) e la maggiore persistenza dell'inquinamento in città incidono sulle concentrazioni di ozono presenti in atmosfera future. L'incremento di concentrazione dell'ozono prevista a causa dei cambiamenti climatici non dovrebbe eccedere i $5 \mu\text{g} / \text{m}^3$ entro la metà del secolo il quale sarebbe controbilanciato da una riduzione dei livelli di ozono prevista con la riduzione delle emissioni.

I fattori meteorologici che inducono le maggiori criticità nella dispersione naturale degli inquinanti sono:

- persistenti condizioni anticicloniche di bel tempo, caratterizzate da alta pressione richiedono ad inibire il flusso di masse d'aria ed a creare stratificazioni termiche stabili in prossimità del suolo;

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 54 di 104

- calme da vento riducono esponenzialmente il fenomeno di diluizione degli inquinanti;
- presenza di inversioni termiche e di stratificazioni termiche stabili sono condizioni sfavorevoli per la diluizione degli inquinanti;
- venti deboli di direzione costante possono provocare condizioni stabili di sottovento, con ristagno degli inquinanti nella zona.

5.6 SERVIZI ECOSISTEMICI

Al fine di comprendere cosa si intende per servizi ecosistemici è necessario capire cosa sia un ecosistema. Un ecosistema è una combinazione complessa e dinamica di animali, microorganismi, piante e in generale di tutti gli elementi naturali che interagiscono tra di loro creando un sistema in equilibrio stabile. Con il termine biodiversità invece si intende una miriade di elementi viventi che garantiscono tali relazioni.

Tutti gli ecosistemi esistenti forniscono all'esistenza umana una serie di vantaggi e aiuti che vengono definiti appunto "beni e servizi ecosistemici", come riportato nel documento "Beni e servizi ecosistemici" pubblicato dalla Commissione europea nel 2009.

I servizi prodotti comprendono l'approvvigionamento idrico, la purificazione dell'aria, il riciclo naturale dei rifiuti, la formazione del suolo, l'impollinazione e i meccanismi regolatori naturali dell'ecosistema. I beni invece consistono in entità fisicamente prodotte dagli ecosistemi quali: il cibo, il legname, i carburanti e l'acqua. La problematica principale legata a tali servizi è la non consapevolezza del regime fragile di tali sistemi complessi, in quanto l'attività umana da sempre attinge da tale risorsa senza dare nulla in cambio. Tuttavia i cambiamenti climatici con l'aumento delle temperature e l'intensificazione degli eventi di precipitazione estrema possono danneggiare in maniera irreversibile gli ecosistemi naturali.

Le Nazioni unite nel 2005, nel progetto "Millennium Ecosystem Assessment" hanno suddiviso i servizi ecosistemici in quattro categorie:

- *servizi di fornitura*, che comprende tutti gli alimenti o materie prime;
- *servizi di regolazione*, come la funzione di smaltimento dell'anidride carbonica da parte delle foreste, la protezione dai rischi idrogeologici o l'impollinazione necessaria per le attività agricole;
- *servizi culturali*, come la bellezza sconfinata della natura che ci permette di godere di panorami mozzafiato e di momenti di benessere;
- *servizi di supporto*, necessarie per lo sviluppo delle altre categorie ad esempio la formazione del suolo, la fotosintesi e il ciclo nutritivo alla base della crescita e della produzione,

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 55 di 104



Figura 21 Schema illustrativo delle funzioni principali dei servizi ecosistemici (Fonte: www.greenreport.it)

Le attività antropiche e i cambiamenti climatici possono minacciare molte forme di biodiversità, infatti l'aumento delle temperature induce una migrazione verso climi più rigidi delle specie animali e vegetali autoctone, così il fragile equilibrio naturale può essere distrutto con danni irreversibili agli ecosistemi e di conseguenza ai servizi gratuiti e necessari che la natura offre all'attività umana.

Una conseguenza è l'estinzione di specie autoctone dovute ad un aumento dei processi di competizione trofica tra preda e predatore. Tale effetto è da attribuire all'aumento delle temperature che comporta un innalzamento della quota del limite della vegetazione arborea e la conseguente perdita di habitat.

Il mutamento climatico inoltre, tende a far spostare verso altitudini maggiori, verso temperature inferiori, numerosi ecosistemi forestali con un incremento del rischio incendi in particolare nell'Europa Meridionale.

Uno dei principali impatti per gli ecosistemi è quello di una maggiore concentrazione degli scarichi fognari e dell'acqua di dilavamento dei suoli agricoli nei corsi d'acqua in cui vengono rilasciati. Se infatti i corpi idrici, in alcuni periodi dell'anno, saranno caratterizzati da portate minori rispetto alle attuali, la concentrazione finale degli scarichi in arrivo sarà maggiore rispetto all'attuale, con un conseguente aumento dell'eutrofia e un peggioramento della qualità dell'acqua.

Come riportato nel "Piano di tutela delle acque - Relazione di sintesi", Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente:

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 56 di 104

“Dove vi sono problemi di allacciamento, con fognatura bianca che recapita in fognatura nera, si assiste in concomitanza con i fenomeni temporaleschi ad un aumento degli scolmi in acqua superficiale.

L'applicazione puntuale del Piano di risanamento delle acque insieme alla misura precedente porterà nel tempo ad un completo risanamento di alcune situazioni che tuttora rappresentano criticità, [...]

Si mette in evidenza come, in molti casi, questo tipo di pressione sia associata ad altre pressioni e come non sempre l'analisi delle pressioni abbia individuato anche la pressione “inquinamento puntuale”, messa invece in evidenza dal monitoraggio.

Viceversa, in molti casi l'analisi delle pressioni ha messo in evidenza un rischio per pressioni puntuali che non è stato poi confermato dal monitoraggio.”⁶

A seconda degli indicatori i corpi idrici e quelli lacustri presentano diversi gradi di criticità, necessitando in alcuni casi di interventi urgenti. Si rimanda per questi fattori al Piano di Tutela acque, rimarcando come il cambiamento climatico in atto accentuerà le problematiche già in essere.

⁶ Fonte: “Piano di tutela delle acque - Relazione di sintesi”, Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 57 di 104

6 STRATEGIE DI MITIGAZIONE E ADATTAMENTO

Nel capitolo precedente sono stati analizzati i possibili impatti dovuti al cambiamento climatico. A fronte di tali considerazioni è necessario attuare delle azioni con lo scopo di mitigare e di adattarsi a tali cambiamenti. La mitigazione dei cambiamenti climatici consiste nell'intervenire per ridurre le emissioni di gas serra, i quali sono i maggiori responsabili dell'innalzamento della temperatura media globale.

Interviene a questo punto un concetto espresso in precedenza, ovvero la resilienza urbana, cioè quella proprietà dei sistemi complessi di reagire a fenomeni di stress, attivando strategie di risposta e di adattamento, al fine di ripristinare i meccanismi di funzionamento.

In tale capitolo vengono descritte le maggiori criticità dovute al cambiamento climatico alle quali il Comune di Terracina è soggetto e le azioni proposte atte alla mitigazione e adattamento di queste.

In particolar modo verranno analizzate le seguenti criticità considerate le più critiche e sulle quali è necessario agire:

- Fenomeno delle isole di calore dovuto all'incremento delle temperature;
- Rischio idrogeologico e idrologico legato all'incremento degli eventi estremi (scrosci);
- Scarsità della risorsa idrica dovuta all'incremento dei periodi siccitosi e all'aumento dell'uso della risorsa durante i periodi che presentano maggiore criticità;
- Problematiche biologiche legate alla presenza di nuove specie animali non autoctone che possono avere gravi conseguenze anche sulla salute umana.

Per ciascuna di queste criticità emerse dall'analisi climatica, confermate da molti report scientifici che trattano le problematiche legate al cambiamento climatico, sul territorio del Comune di Terracina, verranno proposte delle azioni di adattamento e strumenti per rendere il sistema urbano più resiliente a tali cambiamenti.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 58 di 104

6.1 ISOLE DI CALORE

Le ondate di calore sono condizioni meteorologiche estreme che si verificano durante la stagione estiva, caratterizzate da temperature elevate, al di sopra dei valori usuali, che possono durare giorni o settimane. In particolare, sono delle giornate caratterizzate da temperature massime superiori al 90° percentile delle temperature medie stagionali sul periodo climatico di riferimento.

Tale fenomeno è maggiore nei centri urbani con maggiore densità edilizia e tende a ridursi verso i centri rurali come mostrato in Figura 22. Infatti, la temperatura all'interno della città supera di alcuni gradi quella misurata nelle aree rurali circostanti, con effetti parzialmente positivi in inverno ma negativi in estate.

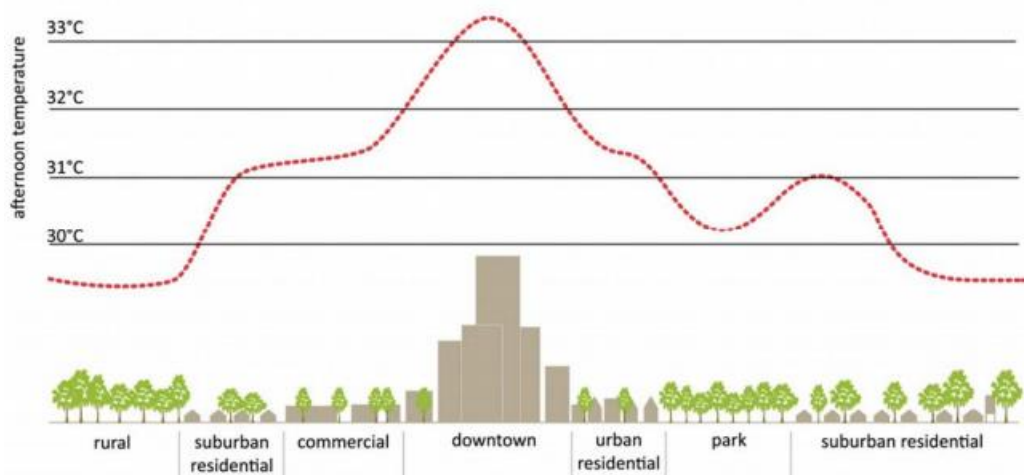


Figura 22 Andamento tipico della temperatura dovuto alla presenza dell'isola di calore urbana (Fonte: "Interventi di mitigazione delle ondate di calore in contesti urbani", Fondazione Cariplo, Marcello Magoni e Chiara Cortinovis)

Uno studio pubblicato sulla rivista Nature Climate Change ha preso in considerazione 911 articoli accademici tra 1980 e il 2014, individuando più di 1,900 località sparse per il globo dove l'afa e l'umidità eccessiva hanno causato dei decessi. Quanto evidenziato è che il 30% della popolazione mondiale per almeno 20 giorni all'anno è interessata dal fenomeno delle ondate di calore. La maggioranza degli episodi si è verificata alle medie latitudini, con la concentrazione maggiore in Europa e Nord America. È il caso, per esempio, di Chicago nel 1995 (circa 740 morti), Parigi nel 2003 (4,900 decessi) e Mosca con oltre 10,800 esseri umani colpiti.

In Italia, nell'estate del 2015 in 21 città italiane, secondo il Ministero della Salute, si sono verificati circa 2,655 decessi di persone con età maggiore ai 65 anni, pari al 13% del totale, attribuibili alle ondate di calore. Tali dati dimostrano come la categoria maggiormente vulnerabile sia quella degli anziani, tuttavia anche i bambini al di sotto dei 5 anni e le donne in gravidanza sono esposti a maggiori rischi per la salute.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 59 di 104

Anche il Comune di Terracina, come il resto della Regione, è interessata da questi fenomeni intensi e pericolosi; l'analisi climatica descritta nel paragrafo 4.2.2 ha mostrato un incremento del fenomeno da 6.7 giorni a oltre i 31 giorni dal 1960 ad oggi. Questa analisi dimostra come il Comune di Terracina sia fortemente interessato da questo fenomeno, che può comportare gravi conseguenze soprattutto alla salute umana. Dato il rapido e forte incremento della durata di tale eventi, in quasi 60 anni la durata del fenomeno delle isole di calore è più che quadruplicato. È quindi necessario intervenire con azioni allo scopo di rendere la città più resiliente a tale criticità e limitare i danni che questo fenomeno può avere nei confronti della salute umana, economici, sociali e ambientali.

Il tale relazione verranno proposte alcune azioni di adattamento nei confronti delle isole di calore.

È necessario sottolineare che le azioni proposte devono essere integrate in una pianificazione urbanistica sostenibile, nel rispetto dell'ambiente e del Piano Regolatore Generale vigente. Al fine di aumentare l'efficacia delle azioni proposte sarebbe utile identificare le aree maggiormente vulnerabili all'interno del tessuto urbano al fenomeno delle isole di calore.

In linea generale, come è evidenziato in molte città italiane, le zone maggiormente soggette al fenomeno dell'isola di calore, ottenute dall'interpolazione tra differenti informazioni, come la presenza di edifici e di aree verdi e la morfologia del tessuto urbano, sono quelle centrali e soprattutto i centri storici. Nel centro delle città infatti, la presenza di aree verdi è scarsa e gli edifici sono molto ravvicinati impedendo una corretta circolazione dell'aria.

Si osserva che le isole di calore hanno degli effetti sia sulla salute umana che di carattere socio-economico e ambientale. In questo modo si ha una necessaria transizione dal concetto di pericolo a quello di rischio. A tale proposito per individuare il rischio correlato alle isole di calore nel contesto urbano può essere utilizzato il metodo proposto da Morabito et al, (2015). Tale criterio combina la normalizzazione dell'esposizione (densità della popolazione [abitanti/km²]), rischio naturale (temperatura [°C]) e vulnerabilità (densità degli anziani di età superiore a 65 anni e bambini al di sotto dei 5 anni [abitanti/km²]). Le aree caratterizzate da rischio elevato e molto elevato sono da considerarsi di primaria priorità per le azioni di adattamento, in quanto caratterizzate da temperature elevate e alta densità di popolazione.

In Figura 23 viene riportata la mappa della densità abitativa del Comune di Terracina.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina		Partner tecnico 
Comune di Terracina			Data: 2019 Pagina 60 di 104

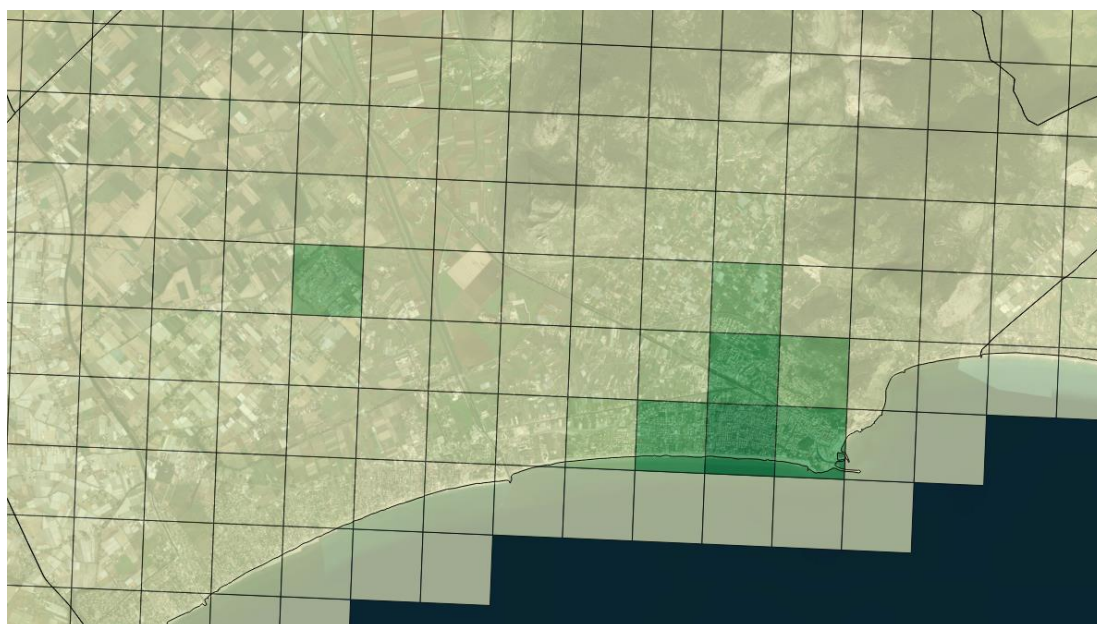


Figura 23 Densità abitativa nel Comune di Terracina

Per avere un'idea di quali aree presentino maggiore criticità e sulle quali è necessario intervenire maggiormente per ridurre le isole di calore, viene considerata la densità abitativa. Come si osserva dalla precedente figura le zone maggiormente abitate sono quelle più vicine al centro e rappresentano le aree dove il rischio correlato alle isole di calore è maggiore.

La realizzazione di uno studio approfondito che permetta di identificare nel dettaglio le aree maggiormente soggette a fenomeni estremi come le isole di calore è necessario al fine di avere una pianificazione del territorio efficace a ridurre queste criticità.

A fronte delle criticità evidenziate, nei paragrafi successivi vengono descritte le azioni di adattamento proposte per tale progetto allo scopo di rendere la città più resiliente e di maggiore comfort per i cittadini anche durante i fenomeni delle isole di calore.

6.1.1 Spazi di aggregazione collettiva

Il fenomeno delle ondate di calore, come descritto in precedenza, crea maggiore criticità per la salute delle persone anziane. Per affrontare questa problematica è buon auspicio seguire delle preziose indicazioni, come bere molta acqua e fare pasti leggeri; evitare cibi grassi e o bevande alcoliche, oscurare le finestre esposte al sole ed evitare di uscire di casa nelle ore più calde (dalle 12:00 alle 17:00). Tuttavia, tali buone pratiche non sono sufficienti per ridurre a zero i rischi correlati alle andate di calore. Infatti, la categoria maggiormente vulnerabile a tale fenomeno è quella degli anziani con età superiore ai 65 anni, i quali purtroppo vivono molto spesso da soli in casa e non hanno a disposizione un impianto di condizionamento.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 61 di 104

Per fare fronte a tale problematica si possono individuare dei centri di assistenza, associazioni, o altri enti al fine di rendere disponibile nei mesi estivi spazi di aggregazione collettiva gratuiti per gli anziani, così da garantire loro di trascorrere le ore più calde in spazi freschi e di mantenere e/o creare delle relazioni sociali. Tale iniziativa è stata proposta nel 2015 in un comune trentino, il quale ha messo a disposizione diverse sale con orari prestabiliti, offrendo permanenza in locali accoglienti e freschi; attività di animazione e socializzazione insieme agli ospiti dei Centri Servizi e la possibilità di riposo pomeridiano su poltrone relax, Allo stesso modo anche la città di Bolzano nel 2018 ha attuato il progetto “Un’estate da brivido”, caratterizzato da tre sale aperte agli anziani per garantire un luogo rinfrescante e di incontro sociale. Queste iniziative sono di forte importanza per fronteggiare le problematiche legate alle ondate di calore, poiché aiutano le persone maggiormente bisognose ed assicurano, ad ognuna di questa indifferente dalla condizione sociale o economica, un luogo sicuro e rinfrescante nel quale trascorrere le giornate più torride, che altrimenti se trascorse nella propria casa potrebbero essere poco sicure e dannose per la salute.

6.1.2 Green Infrastructures

In termini di strategie per l’adattamento ai cambiamenti climatici, la Commissione Europea ha definito le infrastrutture verdi come: “una rete pianificata strategicamente di aree naturali e semi-naturali con altre aree ambientali funzionalità progettate e gestite per offrire una vasta gamma di servizi ecosistemici. Incorpora spazi verdi (o blu se gli ecosistemi acquatici sono di interesse) e altre caratteristiche fisiche in aree terrestri (comprese quelle costiere) e marine. Molti riconoscono che utilizzare delle soluzioni basate sulla natura in città è un potente rimedio per alleviare le pressioni urbane e raggiungere la resilienza ai cambiamenti climatici. La sinergia tra componenti urbane e servizi ecosistemici rivela la natura multifunzionale degli elementi e le interazioni tra le diverse funzioni. Le soluzioni basate sulla natura sembrano essere un potente rimedio per rispondere alle pressioni urbane e allo stesso tempo raggiungere la resilienza del clima. Per raggiungere una transizione di successo verso una sostenibilità e resilienza le soluzioni BGI di città devono essere integrate nel tessuto urbano e avere un design integrato, migliorando i servizi ecosistemici. La riduzione dello stress termico può essere ottenuta prevedendo processi di ombreggiamento ed evapotraspirazione della vegetazione o superfici d’acqua, L’evapotraspirazione è influenzata dalla temperatura dell’aria, dall’umidità relativa, dal vento e dall’umidità del suolo (anche in relazione alle proprietà del suolo).

L’ombreggiamento ha una grande influenza nella regolazione del microclima: blocca la radiazione solare diretta, riduce il calore che entra negli edifici e mantiene il suolo più fresco. In altre parole, gli elementi

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 62 di 104

dell'infrastruttura verde e blu possono essere migliorati e sviluppati per ridurre le temperature locali; alcune delle misure che possono essere adottate per mitigare l'effetto UHI (ondate di calore) sono le seguenti:

- Promuovere pareti verdi e tetti verdi;
- Integrazione di sistemi urbani (come le infrastrutture) con elementi verdi;
- Creazione di aree ombreggiate.

Benefici sul clima

Le strutture verdi sono in grado di regolare il microclima urbano, infatti vengono impiegati per ricreare le condizioni di comfort indoor o outdoor. Gli effetti dell'utilizzo di un approccio verde sul clima urbano possono essere distinti in due scale differenti, poiché si riferiscono a due diversi processi: la scala urbana (strato limite urbano e mesoscala) è influenzata da grandi elementi verdi, come ad esempio i parchi naturali e le cinture verdi e quello locale (strato di vegetazione urbana) influenzato da superfici verdi minori, come tetti verdi e strade alberate. Gli effetti locali sono il risultato di due processi: l'ombra provocata dagli alberi e la riduzione delle temperature grazie all'evapotraspirazione. D'altra parte, gli effetti urbani dipendono da vari fattori, come i venti, morfologia naturale, costruzione di morfologia e inducono il processo di evapotraspirazione. In effetti, la vegetazione controlla il microclima in diversi modi: il fogliame blocca la radiazione solare diretta ed emette radiazione diffusa. Inoltre, la vegetazione regola l'intensità e la direzione del vento e, grazie a processi di evaporazione, riduce la temperatura dell'aria. Ulteriore vantaggio è la capacità da parte della vegetazione di migliorare l'efficienza energetica degli edifici, riducendo così il costo per l'approvvigionamento energetico, grazie alla creazione di zone ombreggiate. Infine, si ha l'immagazzinamento di anidride carbonica che contribuisce a mitigare gli impatti e ridurre la presenza di CO₂.

Per quanto riguarda la riduzione del deflusso superficiale che contribuisce al flusso di picco, il terreno delle aree naturali è altamente permeabile, questo permette all'acqua di filtrare in profondità e di ricaricare la falda freatica, per di più riduce il deflusso superficiale contribuendo ad un sistema di drenaggio urbano sostenibile come verrà analizzato nel paragrafo dedicato.

Benefici economici, sociali, ambientali ed ecologici

I benefici ambientali includono la mitigazione dell'isola di calore urbana, la riduzione del deflusso, l'assorbimento di CO₂ e fissazione di altri inquinanti, riduzione del rumore, aumento della biodiversità, ecc...

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 63 di 104

Le superfici impermeabili riducono i tempi di corrivazione, peggiorando il rischio di alluvione in caso di precipitazioni intense. Aumentare le aree verdi e le superfici permeabili è una soluzione potente ed efficace per risolvere questo problema.

La vegetazione ha la capacità di assorbire CO₂ (a seconda delle specie, delle condizioni ambientali, della salute della pianta). Inoltre, poiché l'uso di piante riduce le temperature locali in estate, è richiesto un minor consumo di energia per il raffreddamento, che riduzione l'uso di combustibili fossili e conseguentemente dei consumi energetici.

L'uso corretto della vegetazione contribuisce a ridurre l'inquinamento acustico del traffico urbano, migliorando la qualità della vita (diminuendo disturbi del sonno, stress).

Infine, la vegetazione contribuisce a salvaguardare la biodiversità, di solito a grave rischio negli spazi urbani; agire in questo senso è importante per sapere quali sono i bisogni della fauna e della flora, al fine di progettare strutture e sistemi che garantiscono un habitat adeguato a mantenere e conservare gli ecosistemi.

Gli spazi aperti danno un contributo diretto all'economia della città, infatti aumentano la qualità di quartieri e il valore degli edifici ricreando zone con uno stile di vita sano e bello.

Indicatori che possono essere presi in considerazione nella valutazione del miglioramento economico grazie alle infrastrutture verdi sono: uso efficiente dell'energia, competitività economica, aumento del valore della proprietà e del terreno produttivo. I benefici sociali riguardano uno stile di vita sano, con la realizzazione di spazi ricreativi aperti e un'incentivazione a mezzi di trasporto più sostenibili.

Gli spazi verdi migliorano inoltre la qualità estetica del paesaggio e il modo in cui sono concepiti dagli utenti, contribuendo a ricreare un'atmosfera comunitaria.

Di seguito verranno descritte nel dettaglio alcune proposte di infrastrutture verdi, che come illustrano in precedenza, hanno molti benefici in quanto riducono la presenza di CO₂ (azione di mitigazione) e allo stesso tempo contribuiscono a ridurre la temperatura soprattutto durante i fenomeni delle isole di calore (azione di adattamento).

6.1.2.1 Tetti verdi

Il primo esempio di infrastruttura verde atta a mitigare il fenomeno delle isole di calore descritto in precedenza è il tetto verde, questo è utilizzato grazie alla grande quantità di vantaggi e al ridotto impatto ambientale ed economico che comporta. Questa tecnologia permette la realizzazione di un vero e proprio spazio verde che si sostituisce al sistema di copertura tradizionali del tetto molto inclinato o piatto. I benefici nella costruzione di verde pensile sono svariati, tra questi abbiamo la riduzione della temperatura

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 64 di 104

locale dovuta al contributo dell'evapotraspirazione delle piante presenti, nonché al potere isolante con riduzione dei consumi energetici e all'aumento della biodiversità creando nuovi habitat in zone critiche. Inoltre, funge da "serbatoi di laminazione" nel caso di eventi estremi di precipitazione, in quanto assorbe temporaneamente parte dell'acqua piovana e la rilascia in maniera differita evitando l'allagamento e la tracimazione della rete fognaria. Tale acqua raccolta può essere stoccata e resa alla falda oppure utilizzata allo scopo irriguo urbano, quindi funge da azione di adattamento anche nei confronti di scarsità della risorsa idrica, Carlo Alberto Campiotti del Dipartimento Unità Efficienza Energetiva dell'ENEA ha affermato: *"I tetti verdi risultano particolarmente efficaci nel periodo estivo. Grazie alla loro funzione di "cappotto verde", riescono ad abbattere la temperatura del lastrico solare anche di 25°C, con una forte riduzione del flusso di calore verso l'interno dell'abitazione. Ma d'inverno le coperture vegetali sono altrettanto utili, anche se sotto altri aspetti. Migliorano l'isolamento termico degli ultimi piani delle abitazioni e contribuiscono a ridurre la pericolosità degli eventi meteorologici estremi, come forti acquazzoni e piogge torrenziali, che si abbattano sempre più spesso sulle città a causa del cambiamento climatico ormai in atto nell'area mediterranea".*

Esistono molteplici tecniche per la realizzazione di tetti verdi, queste variano in funzione della fruizione prevista, della pendenza del tetto della struttura e dell'impegno manutentivo richiesto.

Fondamentalmente esistono tre diversi tipi di tetti verdi:

1. *Inverdimento estensivo* che richiede costi di costruzione e di manutenzione contenuti. Prevedono la semina di piante a basso sviluppo in altezza e in grado in autoriprordursi come Crassulaceae, ma anche erbacce o erbe aromatiche. Lo spessore di tale ricoprimento varia tra 11-15 cm e il peso a saturazione idrica varia tra 130-150 kg/m², La stratigrafia tipica viene riportata in Figura 25.

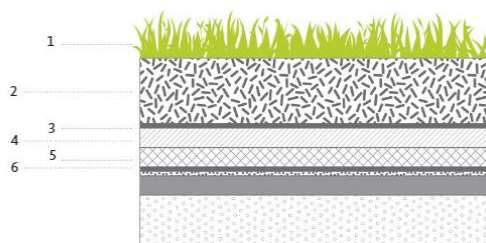


Figura 24 Stratigrafia inverdimento estensivo: 1 Vegetazione per inverdimento; 2 Substrato; 3 Strato filtrante; 4 Strato drenante e d'accumulo idrico; 5 Strato di protezione; 6 Impermeabilizzazione antiradice (Fonte: "Coperture a verde. Guida pratica alla norma UNI 11235-Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde", IDM Südtirol-Alto Adige)

2. *Inverdimento intensivo* che è caratterizzato dalla semina di specie erbacee e legnose, per questo motivo (data la somiglianza con un giardino a terra) ha bisogno di manutenzione periodica e di un impianto di irrigazione automatico. Inoltre, tale tipologia prevede spessori che variano da 20-80 cm

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 65 di 104

e di un peso a saturazione compreso tra 210 e 960 kg/m². La stratigrafia è più complessa come evidenziato in Figura 26.

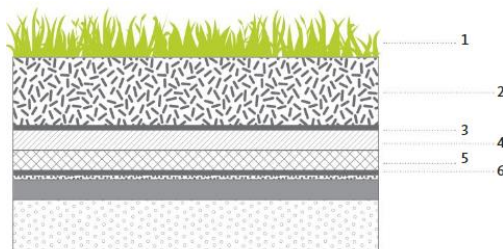


Figura 25 Stratigrafia inverdimento intensivo: 1 Vegetazione; 2 Substrato; 3 Strato filtrante; 4 Strato drenante e d'accumulo idrico; 5 Strato di protezione; 6 impermeabilizzazione antiradice (Fonte: "Coperture a verde. Guida pratica alla norma UNI 11235-Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde", IDM Südtirol-Alto Adige)

3. *Coperture inclinate* vengono installate quanto la copertura esistente supera i 5° di inclinazione, Quest'ultima tipologia è senza alcun dubbio quella più impegnativa dal punto di vista strutturale in quanto è necessario predisporre delle soluzioni atte ad impedire lo scivolamento dei materiali che compongono la copertura a verde. Ad esempio, a partire dai 15° è necessario predisporre degli strati antierosione, sacchi di juta, per garantire la stabilità dello strato.

In sostanza i benefici dell'installazione dei tetti verdi in edifici pubblici e industriali sono molteplici:

- captazione dell'acqua piovana e aumento del tempo di corruzione, corrispondente a minore probabilità di situazioni critiche nella rete di drenaggio urbana;
- riduzione della temperatura degli edifici e di quella degli ambienti circostanti, con conseguente efficientamento energetico degli edifici;
- assorbimento degli inquinanti e miglioramento della qualità dell'aria;
- aumento della biodiversità creando nuovi habitat nei contesti urbani;
- attenuazione dell'inquinamento acustico legato al traffico o da altre fonti.

I costi per la realizzazione di tali opere non sono esigui, tuttavia sono ben giustificati dai benefici che comportano e dal ciclo di vita dell'opera, infatti l'aspettativa di un tetto verde è di circa 40 anni, mentre per quella dei tetti tradizionali è appena di 17 anni. Secondo uno studio redatto da "United States General Services Administration", Esperti di efficienza energetica del Centro Ricerche ENEA hanno evidenziato che i tetti verdi risultano particolarmente efficaci nella stagione estiva in quanto sono in grado di abbattere la temperatura del lastrico solare anche di 25°C, a fronte di tale efficacia che si converte in una riduzione dei consumi legati al riscaldamento e al raffrescamento, la Commissione europea incoraggia la diffusione nelle città dei tetti verdi con l'introduzione della direttiva UE 2018/844 del 30 maggio 2018. Anche l'Italia si è attivata con la legge di bilancio 2018 la quale prevede il cosiddetto "bonus verde", che consiste nella

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 66 di 104

detrazione IRPEF delle spese sostenute per la “sistemazione a verde” di aree scoperte di edifici esistenti, unità immobiliari, pertinenze e recinzioni data l'importanza di tali opere.

Ulteriore esempio si ha nella città di Basilea, dove nel 1996 fu lanciata dall'Amministrazione una campagna per l'incentivazione delle coperture a verde. Lo scopo di tale iniziativa era quello di raggiungere, negli insediamenti urbani, obiettivi di tipo ecologico e in particolare in riferimento al risparmio energetico per la regolazione del microclima locale. A seguito di tale iniziativa, nel tempo di un anno furono finanziati progetti di inverdimento per un totale di 85'000 m² distribuiti su oltre 100 edifici comportando un risparmio energetico di circa 4Gigawatt/ora.

La città di Terracina è caratterizzata da temperature molto elevate in estate e queste sono destinate ad aumentare come ha evidenziato l'analisi climatica. Una delle maggiori conseguenze è il fenomeno delle isole di calore che può essere attenuato dai tetti verdi. Questa tecnologia inoltre riesce a ridurre drasticamente la temperatura interna negli edifici comprimendo i consumi necessari per il raffrescamento. L'installazione dei tetti verdi può essere una valida azione di adattamento che presenta innumerevoli benefici, sia dal punto di vista ambientale, di regolazione del microclima e mitigazione delle emissioni di gas serra. È auspicabile che l'Amministrazione pubblica incentivi la realizzazione di questa tecnologia innovativa e ambientalmente sostenibile, sia in fase di costruzione di nuovi edifici, sia in sede di ristrutturazione.

6.1.2.2 Pareti verticali verdi o giardini verticali

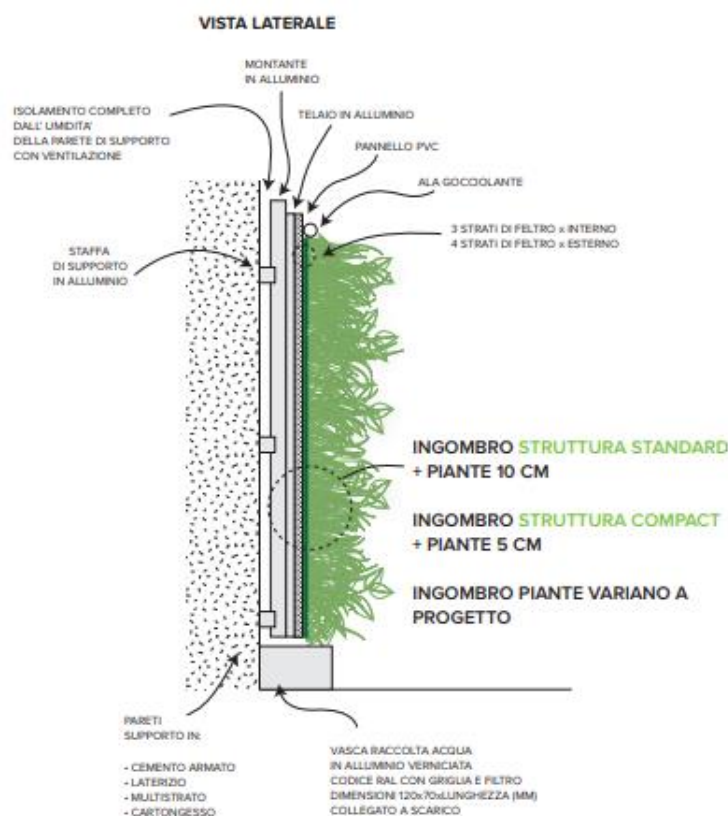
Una proposta alternativa ai tetti verdi sono le pareti verticali verdi o giardini verticali. Questi non sono altro che una seconda pelle degli edifici. Ad oggi non c'è un largo utilizzo di tali soluzioni, sebbene questi abbiano innumerevoli pregi, in primis abbattano la temperatura grazie all'evapotraspirazione delle piante mitigando le ondate di calore, ma riducono anche la temperatura all'interno dell'edificio limitandone i consumi energetici. In estate le pareti si surriscaldano causando un innalzamento delle temperature interne, aumentando così il consumo di energia, ma se vengono installati dei giardini verticali la temperatura interna degli edifici tende a calare (anche fino a 15 °C) grazie alla camera di ventilazione interposta tra la parete e il pannello vegetale. In inverno invece contribuisce a limitare le dispersioni termiche e aumentare la coibentazione degli edifici.

Ulteriore vantaggio è la creazione di biodiversità anche in città, dove le criticità sono maggiori e migliora la qualità dell'aria abbattendo i gas inquinanti. Queste opere sono di dimensioni variabili in funzione dell'uso o della disponibilità di spazio, ma sono molto efficaci in quanto non accumulano il calore assorbito dalla radiazione solare. Per questa ragione possono essere posizionate in spazi periferici al centro storico, ad esempio sulle pareti di edifici commerciali (abbattendo drasticamente la temperatura dei materiali) oppure

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 67 di 104

sulle pareti di edifici residenziali e non del centro storico. La possibilità di realizzare giardini verticali di ridotte dimensioni e in spazi ristretti, come il centro storico e la zona maggiormente urbanizzata della città di Terracina, permetterebbe di attuare azioni di adattamento efficaci contro il fenomeno delle ondate di calore, con effetti “collaterali” senza dubbio positivi. È da osservare come tali azioni devono essere programmate in modo da essere coerenti con il PRG vigente e con la tutela dei beni storici presenti. Esistono due diversi approcci alle strutture verdi verticali: ricoprimenti di piante rampicanti e veri e propri giardini verticali con la semina di specie vegetali adatte alle condizioni climatiche locali. Esistono diverse soluzioni progettuali in funzione del risultato che si vuole ottenere: soluzioni verdi integrate o giustapposte alla parete verticale. Le prime si hanno quando la parte vegetale è racchiusa nella struttura dell’edificio tramite delle cassette di metalliche retroventilate e contenenti del substrato. La seconda invece consiste in una montante in alluminio distanziata dalla parete dell’edificio tramite delle staffe. L’ingombro di tale opere è di circa 10-15 cm, il che è molto ridotto rispetto al beneficio che viene prodotto. Entrambe le metodologie prevedono un impianto di irrigazione e di fertilizzazione a goccia automatico. La manutenzione dei giardini verticali è minima sia nel tempo che nei costi, tuttavia deve essere posta molta attenzione alla scelta delle specie vegetali da utilizzare che meglio si adattano al clima locale.

Figura 26 Schema strutturale tipico di una parete verde giustapposta alla parete verticale dell’edificio (Fonte: www.sundaritalia.com)



	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 68 di 104

Un esempio di parete verde la troviamo nel Comune di Trento che nel 2016 è stato progettato e realizzato il primo giardino verticale della città. L'estensione di tale parete vegetale è di circa 200 mq per uno spessore che varia dai 20-40 cm e circa 33 specie differenti crescono al suo interno. I benefici di tale struttura sono evidenti in quanto la temperatura interna all'edificio può passare da 50-60° C a 20-30°C. Per quanto riguarda i costi di manutenzione vengono previsti circa 6000 euro annui.



Figura 27 Giardino verticale in Via Petrarca, Trento (Fonte: www.altoadige.it)

Questo a dimostrazione di quanti benefici si abbiano con costi economici limitati nell'installazione di tali infrastrutture verdi. Infine, è bene citare la funzione ornamentale che questi hanno nei confronti del contesto urbano.

Le pareti verdi in breve fanno bene all'ambiente, in quanto riducono gli effetti delle isole di calore, assorbono gli inquinanti, limitano i consumi energetici e arricchiscono il paesaggio urbano dal punto di vista estetico.

Per quanto riguarda il comune di Terracina, la realizzazione di tale struttura è da considerarsi prioritaria nelle aree maggiormente soggette al fenomeno delle isole di calore. Una delle aree densamente abitate e soggette a maggiore rischio correlato alle ondate di calore è la zona che circonda Viale della Vittoria. Questa, specialmente durante la stagione estiva, è una delle vie maggiormente trafficate e percorse dai turisti, dato il rapido collegamento con il mare e i numerosi ristoranti e bar presenti. La realizzazione di piccoli giardini verticali non solo ridurrebbe la temperatura localmente, ma incrementerebbe il valore estetico e della città agli occhi del turista. Oltre al centro della città, questa tecnologia sostenibile potrebbe essere prevista sulle pareti di grandi edifici, come grossi supermercati e centri commerciali, caratterizzati nella maggior parte dei casi da aree completamente impermeabili e carenti di verde.

È bene che le aree individuate siano di natura pubblica che privata nel rispetto della legislazione vigente di natura urbanistica pianificatoria.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 69 di 104

Al fine di incentivare maggiormente la realizzazione di queste strutture si potrebbe introdurre un vincolo per quanto riguarda la ristrutturazione di edifici esistenti nella Legge Regionale 18 luglio 2017, n.7 – “Disposizioni per la rigenerazione urbana e per il recupero edilizio”, mentre il PRG dovrebbe prevedere dei vincoli sulla realizzazione di edifici ex novo al fine di favorire e incentivare la progettazione di tali strutture green.

Per quanto riguarda il contributo dei privati si potrebbe prevedere un incentivo o premio per i residenti del centro storico e non che adibiscono parte della propria abitazione all’installazione di giardini verticali. Ad ogni modo tale tipologia di green infrastructures può essere realizzata anche in zone periferiche della città, caratterizzate dalla presenza di grandi edifici senza aperture, come i centri commerciali o grandi parcheggi. Alla progettazione e la realizzazione dei giardini verticali deve essere anteposta una verifica caso per caso della reale fattibilità della struttura e del rispetto del Piano Regolatore Generale vigente e della legislazione in materia urbanistica sulla tutela del paesaggio e dei beni storico-culturali.

6.1.3 Aree ombreggiate e parchi urbani

Un’ulteriore azione atta a mitigare gli effetti delle isole di calore è la predisposizione di aree ombreggiate come ad esempio parchi, viali alberati e isole verdi all’interno del contesto urbano. L’azione di ombreggiamento offerta dalla vegetazione ha un’importanza fondamentale sul microclima locale, in quanto riduce puntualmente la temperatura e protegge le superficie dall’irraggiamento diretto. La creazione di viali alberati, laddove non esistono, è fondamentale per garantire al cittadino la fruizione pubblica al riparo dalla radiazione diretta soprattutto nelle ore più calde della stagione estiva. In un giorno di sole, l’evapotraspirazione di un albero raffresca per una potenza di 20-30 kW, mentre un’area verde urbana di 1’500 mq raffresca in media di 1.5°C e a mezzogiorno di 3°C e ha effetti per un raggio di 100 m.

Alcuni studi hanno dimostrato che un albero adulto può traspirare fino a 450 litri di acqua al giorno, per ogni grammo evaporato l’albero sottrae energia e quindi calore all’ambiente circostante. In questo modo si ottiene un abbassamento di temperatura pari all’azione di condizionamento di cinque sistemi di raffrescamento di piccola potenza operanti per 20 ore al giorno. Inoltre, più è densa e fitta la vegetazione, maggiore sarà l’energia assorbita.

La mitigazione termica degli alberi è frutto di due effetti: evapotraspirazione e ombreggiamento ed è proporzionale alla continuità del primo e alla contiguità del secondo. Nel contesto urbano a secondo della morfologia gli alberi possono essere presenti come isolati o in filari o a gruppi.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 70 di 104

Esiste una connessione tra gli alberi e il vento, infatti le strutture urbane verdi abbassano la temperatura dell'aria e innescano brezze urbane che vanno dal verde al costruito che presenta temperatura maggiore. La progettazione di barriere alberate in direzione parallela al vento, permette l'innescarsi di un flusso indirizzato verso obiettivi sensibili, come i centri storici caratterizzati da un elevato grado di edifici. Uno studio approfondito sui venti che attraversano il Comune di Terracina, potrebbe essere utile per un eventuale pianificazione di viali alberati che sfruttino ed amplificano tali brezze nelle aree dove il fenomeno delle isole di calore è più marcato.

La realizzazione di nuove aree verdi e ombreggiate grazie alla riqualificazione di aree abbandonate o siti dismessi è un ottimo strumento per la regolazione del clima a livello locale che ha ottimi benefici anche da un punto di vista sociale ed ambientale mediante la creazione di biodiversità. A rafforzare la tesi dell'importanza delle aree verdi per la regolazione del microclima e non solo, l'articolo "Mapping and assessing ecosystem services to support urban planning: A case study on brownfield regeneration in Trento, Italy" redatto dal Dipartimento di Ingegneria Civile e Meccanica dell'Università del Studi di Trento (D, Geneletti e C, Cortonovis, 2018) indaga l'effetto della conversione di siti dismessi esistenti in nuovi parchi urbani, sia in termini di regolamentazione del microclima che del beneficio per gli ecosistemi ai fini di ottenere delle linee guida per una buona pianificazione territoriale. Qui la compresenza di aree residenziali e industriali, con poche aree verdi, così come un elevato tasso di impermeabilizzazione del suolo legato all'elevata concentrazione delle infrastrutture di trasporto principali, hanno un impatto negativo sul raffrescamento della città. In tale studio si evidenzia come un cambiamento del suolo da parzialmente sigillato a densamente vegetato può far raggiungere al sito la massima classe di effetto di raffrescamento. Tale beneficio non lo avrebbero solo i frequentatori dell'area verde, ma anche le abitazioni limitrofe. Infatti, un'area verde potenzialmente ampia caratterizzata da densità abitativa elevata può creare dei benefici in termini di raffrescamento a circa 2'000 cittadini. Tali considerazione ed effetti sono da considerarsi per una buona pianificazione territoriale, in quanto per far fronte al continuo incremento delle temperature è auspicabile convertire le aree dismesse presenti sul territorio comunale, in aree verdi.

In Figura 28 viene riportato quanto emerso dallo studio "Mapping and assessing ecosystem services to support urban planning: A case study on brownfield regeneration in Trento, Italy" redatto dal dipartimento di Ingegneria Civile e Meccanica dell'Università del Studi di Trento, il quale evidenzia una radicale modifica della classe del raffrescamento di un'area convertita da dismessa a forte densità vegetativa (da A,B,C a A+),

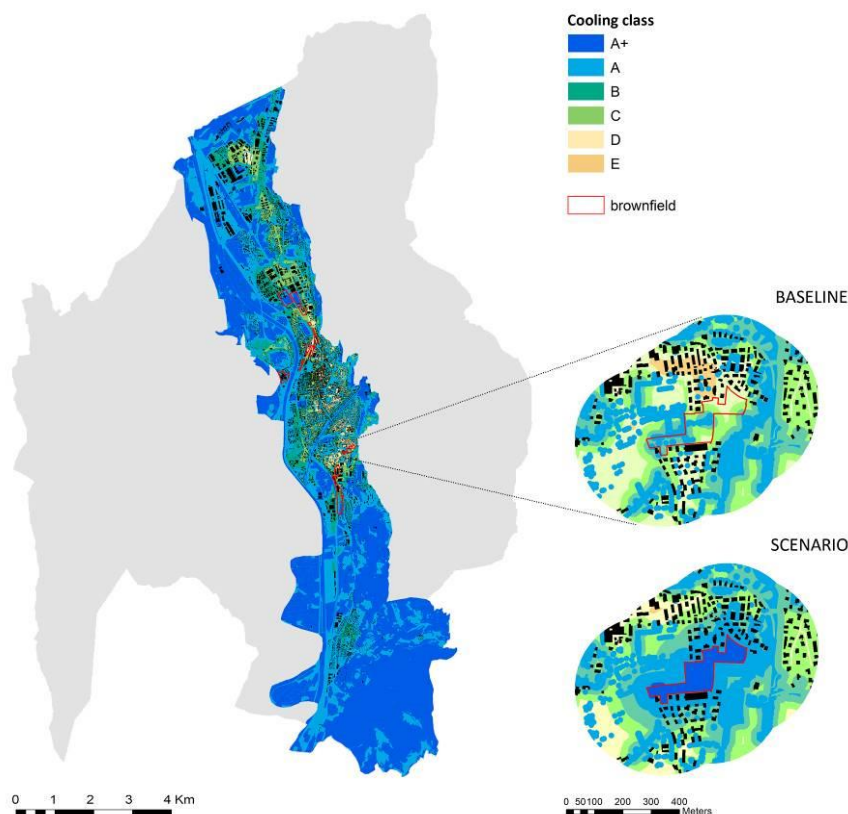


Figura 28 Mappa dell'effetto di raffreddamento delle infrastrutture verdi urbane nella parte più urbanizzata della città di Trento (condizione di base) e un esempio di uno scenario di pianificazione relativo alla rigenerazione di un sito dismesso. Lo zoom mostra la distanza massima potenzialmente raggiunta dall'effetto dei raffreddamento generato dal sito convertito (Fonte: "Mapping and assessing ecosystem services to support urban planning: A case study on brownfield regeneration in Trento, Italy" redatto dal dipartimento di Ingegneria Civile e Meccanica dell'Università del Studi di Trento, D. Geneletti e C. Cortinovis, 2018)

Uno studio svolto a Lione, riporta che *"l'attrattività di spazi liberi pubblici quali piazze di città e paesi o grandi viali può essere notevolmente accresciuta, d'estate, sfruttando l'ombra degli alberi. Anche le piste ciclabili e i percorsi pedonali devono essere protetti dall'irraggiamento solare diretto per renderne gradevole l'utilizzo anche in caso di canicola.*

Un adeguato ombreggiamento, inoltre, previene il surriscaldamento dei percorsi e degli spazi liberi e le loro emissioni notturne di calore. A tal riguardo gli alberi rappresentano la soluzione migliore poiché, contrariamente agli elementi architettonici come ad esempio le vele da sole, dispongono anche della capacità di raffreddare l'aria attraverso la traspirazione. Nelle giornate soleggiate, sotto le ampie chiome degli alberi la temperatura dell'aria è inferiore di qualche grado centigrado rispetto alle superfici

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 72 di 104

direttamente irraggiate. Ai gruppi di popolazione sensibili alla canicola, come anziani e bambini, è fondamentale garantire percorsi pedonali ombreggiati e parco giochi alberati.”⁷

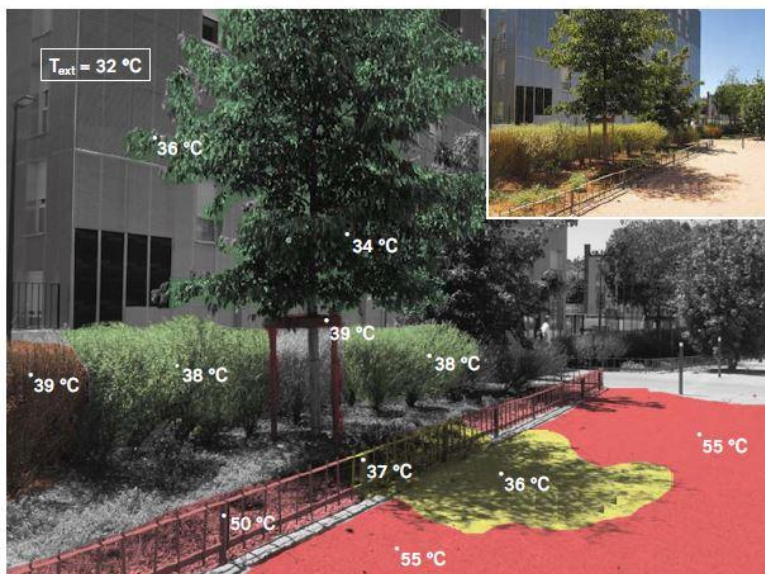


Figura 29 Impatto dell'ombra degli alberi sulla temperatura della superficie, misurazioni a Lione (Fonte: Ondate di calore in città – Basi per uno sviluppo degli insediamento adattato ai cambiamenti climatici”, Ufficio federale dell’ambiente UFAM, 2018)

Come si osserva dalla precedente immagine, la presenza di alberi riduce sensibilmente la temperatura localmente. Infatti la pavimentazione presenta temperatura di circa 55°, mentre la temperatura percepita nei pressi dell’albero scende fino a 34°. In questo modo si vuole sottolineare l’importanza di investire e agire nell’ottica di una pianificazione territoriale che mira alla presenza sempre più importante di verde a discapito delle zone impermeabili che amplificano il fenomeno dell’isola di calore.

È quindi di fondamentale importanza prevedere l’introduzione di politiche e azioni di pianificazione atte a dare nuova vita alle zone dismesse e in stato di abbandono.

Per individuare le aree con maggiore criticità nel comune di Terracina, vengono riportate una serie di dati cartografici relativi ai parchi e/o aree verdi esistenti come riportato in Figura 30.

⁷ “Ondate di calore in città – Basi per uno sviluppo degli insediamento adattato ai cambiamenti climatici”, Redatto dall’Ufficio federale dell’ambiente UFAM, 2018

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina		Partner tecnico 	
Comune di Terracina			Data: 2019	Pagina 73 di 104

Legenda

Comuni Latina Pianoteca PRG Centri storici Zone di completamento Zone di espansione	Zone di insediamenti industriali Zone agricole Zone agricole tutelate Zone a standard urbanistici Zone per le attrezzature ed impianti di interesse generale Verde pubblico Verde privato	Zone per insediamenti turistici Viabilità esistente Viabilità in progetto o da potenziare Parcheggi Zone vincolate e fasce di rispetto Zone non riconoscibili o non definite Laghi, canali e corsi d'acqua
---	---	--

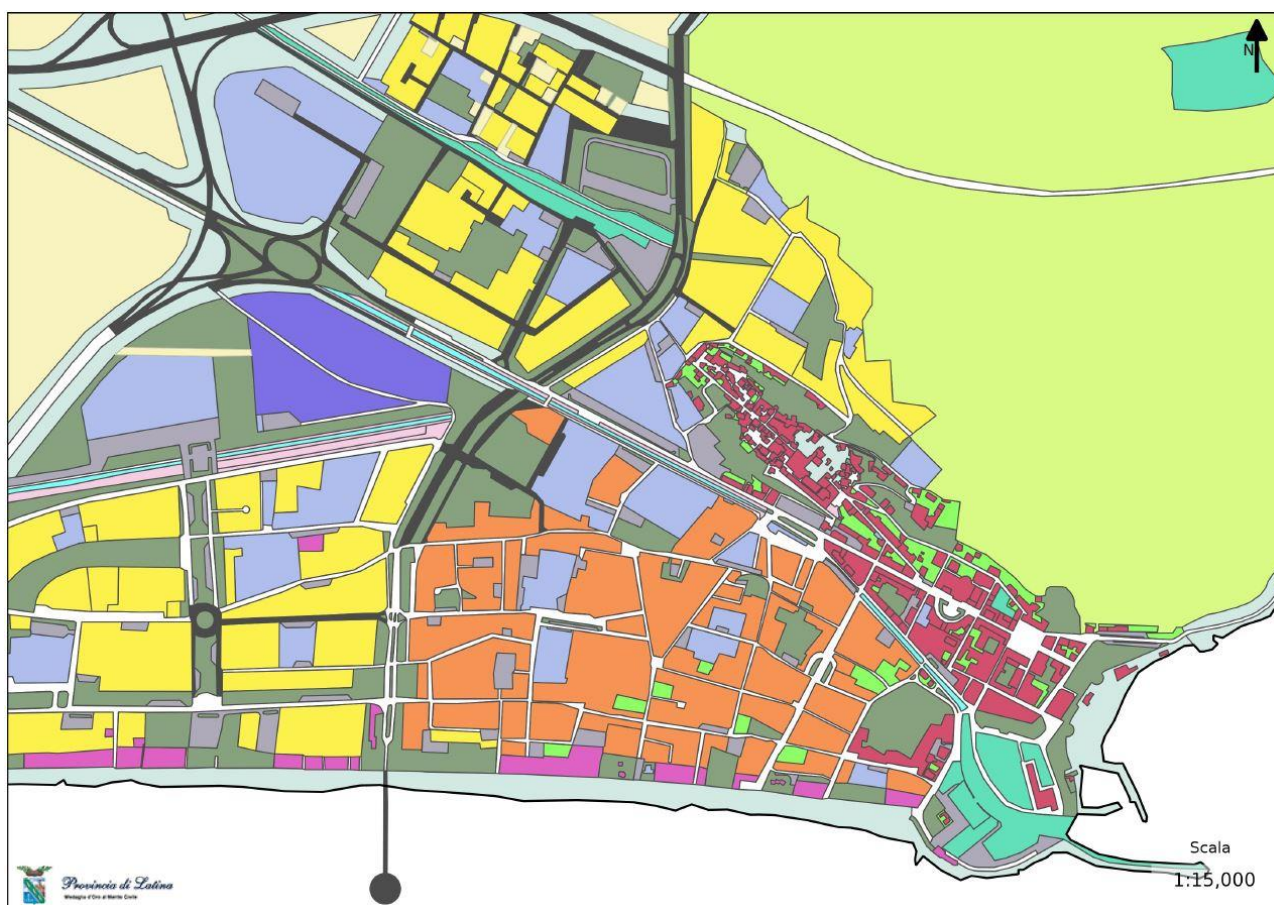


Figura 30 Piano Regolatore Generale del Comune di Terracina (Fonte: Provincia di Latina)

Dalla mappa riportata si osservano una notevole quantità di parchi pubblici nel comune di Terracina (in verde scuro) come il parco Villa Tomassini, il parco Area Ghezzi, il parco Montuno, il Parco Oasi e il Parco della Rimembranza. Nonostante il comune di Terracina sia caratterizzato dalla presenza di un buon numero di parchi pubblici, non è da escludere, laddove sia possibile, la riqualificazione e la trasformazione di aree in disuso o abbandonate in aree verdi capaci di abbattere le temperature e contrastare la continua impermeabilizzazione del suolo.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina		Partner tecnico 
Comune di Terracina			Data: 2019 Pagina 74 di 104

Di seguito viene riportata la mappa dei tracciati ciclo-pedonali esistenti e quelli proposti durante la stesura del PAES (Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile) nell'ottica di incentivare la mobilità sostenibile e ridurre le emissioni dovute all'intenso utilizzo dell'automobile, soprattutto nei brevi tragitti.



Figura 31 Tracciati ciclo-pedonali presenti e futuri nel Comune di Terracina

Nel centro della città di Terracina i percorsi ciclo-pedonali esistenti e di futura realizzazione sono dislocati sul territorio al fine di collegare il centro storico con le aree limitrofe e i parchi urbani. A tale scopo è necessario che questi siano opportunatamente ombreggiati al fine di ottenere una attenuazione del fenomeno delle isole di calore e permettere il loro percorrimto anche quando la temperatura dell'aria è elevata. I viali alberati possono essere fonte di riparo per le persone più sensibili e deboli alle elevate temperature, infatti secondo quanto riportato nel paragrafo 6.1.1 la realizzazione di sale di aggregazione collettiva è un'azione atta ad aiutare in particolare gli anziani durante i periodi di forte ondate di calore. Sebbene tali luoghi siano mantenuti freschi è bene che vi sia un collegamento tra questi punti di raccolta e i parchi principali al riparo della radiazione diretta dei raggi solari e caratterizzate da temperature dell'aria inferiori.

Come si osserva dalla Figura 31 nel Comune di Terracina sono presenti diversi percorsi ciclo-pedonali che collegano in modo funzionale i punti sensibili e di interesse della città. Tuttavia questi non sono sufficientemente ombreggiati. In primo luogo sono stati analizzati i percorsi esistenti: Lungomare Circe

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 75 di 104

presenta numerose piante di oleandro che però, date le ridotte dimensioni, non garantiscono a pieno l'ombreggiatura, questa è invece garantita dalla presenza di palme lungo l'intero percorso. Lo stesso non si può dire per il tracciato Lungolinea Pio Vi nel quale la vegetazione è completamente assente e le zone di ombra sono praticamente nulle per tutto il percorso lungo il canale. Nel tratto centrale, compreso tra Viale della Vittoria e la Stazione vi è la presenza di vegetazione che crea un percorso ombreggiato e fresco. Per quanto riguarda gli altri tracciati, il Comune di Terracina, con delibera n.20 del 14 febbraio 2019 ha approvato la realizzazione di un tracciato ciclo-pedonale, che colleghi i percorsi esistenti. I tracciati sono previsti lungo Via Leonardo da Vinci, Viale Europa, Via Pecs e Via Borromini. Tali strade, allo stato attuale risultano completamente o in parte sprovviste di vegetazione e di aree ombreggiate. A tale criticità si potrebbe facilmente sopperire mediante la piantagione di alberi ad alto fusto caducifoglie a distanza ravvicinata, così da garantire una protezione dalla radiazione diretta in estate e lasciando filtrare i raggi solari in inverno. In altre parole, deve essere convertito il concetto di strada tradizionale con quello di strada alberata multifunzionale capace di far collimare differenti esigenze nell'ottica del benessere comune.



Figura 32 Strada multifunzionale (Fonte: RIGENERARE LA CITTÀ CON LA NATURA- Strumento per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici, Valentida Dessì, Elena Farnè, Luisa Ravanello, Maria Teresa Salomoni)

La strada deve essere considerata come un punto di incontro che deve soddisfare differenti necessità, come garantire il traffico veicolare, ma deve essere compatibile anche con altre forme di mobilità, come il muoversi a piedi e in bicicletta. La presenza di alberi, non solo garantisce dei passaggi ombreggiati e al riparo dalla radiazione diretta durante le giornate molto calde, ma permette di contrastare l'inquinamento atmosferico e migliorare il valore estetico nel contesto urbano.

Per quanto riguarda i nuovi tracciati proposti nel PAES, questi si collocano lungo strade prive di vegetazione, data anche la ridotta dimensione di queste. La progettazione dei nuovi percorsi ciclo-pedonali deve essere fatta in maniera integrata con la riqualificazione della strada nell'ottica di creare spazi ombreggiati che colleghino i punti funzionali della città garantendo la mobilità sostenibile anche nelle ore più calde. Viale della Vittoria, nell'ottobre 2018 è stato soggetto ad una violenta tromba d'aria che ha raso

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 76 di 104

al suolo e sradicato numero alberi presenti. Questi ad oggi sono stati sostituiti con alberi canfora in grado di resistere agli eventi climatici di forte intensità e di garantire, grazie alla folta chioma e alle ampie dimensioni la presenza di ombreggiatura.

Le azioni di ombreggiamento che possono essere previste consistono quindi nell'aumento di vegetazione ad alto fusto ad intervalli regolati in zone adiacenti ai percorsi oppure la progettazione di interi viali ombreggiati da pergolati.

Un albero adulto può traspirare fino a 450 litri di acqua al giorno (1000MJ) e, per ogni grammo di H₂O evaporata, occorrono 633 calorie, che sono sottratte all'ambiente, producendo un abbassamento di temperatura equivalente alla capacità di cinque condizionatori di aria di piccola potenza operanti 20 ore al giorno. Non sempre la vegetazione assicura l'ombreggiamento prolungato nelle calde giornate estive, inoltre necessita di parecchi anni per raggiungere dimensioni tali da garantire una azione di raffrescamento continua e prolungata nel tempo. Una valida alternativa all'utilizzo di piante ad alto fusto è l'uso di pergolati verdi.

La pergola vegetale è un passaggio ombreggiato formato da un sistema di travi orizzontali e verticali (o pilastri), su cui poggiano e crescono in genere piante rampicanti. Tali strutture possono essere posizionate lungo i tracciati ciclo-pedonali, creando fonte di ombreggiatura e di riduzione della temperatura, conseguentemente attenuano il fenomeno delle isole di calore. Le specie vegetali utilizzate sono rampicanti cadifoglie, in modo da avere una funzione di ombreggiamento solamente nella stagione estiva. Il vantaggio che la vegetazione ha rispetto ad un altro materiale sta nel fatto che la sua temperatura superficiale non supera mai di molti gradi quella dell'aria, in pratica si tratta di un soffitto fresco verso il quale le persone cedono calore, cioè dissipano il calore estivo in eccesso.

Le pergole vengono solitamente realizzate per schermare la radiazione solare delle ore centrali della giornata, quando il sole ha un'altezza elevata. Tuttavia, se allo strato orizzontale si associa una specie di parete verticale, l'effetto che si ottiene è quello di schermare anche la radiazione solare della mattina o del pomeriggio. Per realizzare una pergola si utilizzano piante rampicanti, utilissime anche per chi possiede ridotti spazi calpestabili, ideali per le ciclabili nei pressi del centro storico, poiché il loro portamento permette di realizzare superfici verdi su qualsiasi pendenza e verticalità senza togliere spazio, ma anzi dilatandolo. Le piante devono essere opportunamente scelte in funzione del clima locale e in base anche alla necessità di esposizione solare. Questa soluzione potrebbe essere prevista nel tratto di percorso ciclo-pedonale della Lungolinea Pio VI compresa tra Viale della Vittoria e la Stazione, integrandolo con aree di sosta, come panchine e sedute primarie.



Comune di
Terracina

PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA
(PAESC)
- PIANO DI ADATTAMENTO -
del comune di Terracina



Data:
2019

Pagina
77 di 104



Figura 33 Tracciato ciclo-pedonale nel Comune di Terracina che collega la Stazione con Viale della Vittoria (sinistra), esempio di pergolato (destra)

Il sistema di pergole è utilizzato in maniera diffusa nei parchi pubblici o in piazzette, ma non sono molti i casi di interi viali ombreggiati con tale tipo di tecnica. Questa proposta mira a garantire i collegamenti principali tra i parchi di maggiore importanza della città, le strutture di aggregazione collettiva per gli anziani e il raggiungimento del centro storico anche nelle ore maggiormente soleggiate, usufruendo in uno spazio ombreggiato, fresco e al riparo della radiazione solare diretta.

Per quanto riguarda il servizio di captazione della risorsa idrica per la vegetazione che abita il pergolato si potrebbe sfruttare il sistema di irrigazione esistente per gli alberi a ridosso del manto stradale, in questo modo non bisogna sostenere inutili e dispendiosi lavori per la creazione di una nuova rete di approvvigionamento della risorsa idrica. Inoltre, la vegetazione rampicante non necessita di molta manutenzione, ma di una doppia potatura annuale.

In conclusione, è di fondamentale importanza la riqualificazione delle strade urbane in maniera integrata con azioni di adattamento delle temperature. A questo scopo il concetto di strada multifunzionale, grazie alla coesistenza di strada, vegetazione e tracciati ciclo-pedonali garantisce la presenza di percorsi ombreggiati e caratterizzati da temperature inferiori in grado di garantire un collegamento percorribile anche durante le isole di calore. La spesa economica da sostenere è sostenuta, tuttavia il beneficio sociale ed ecologico è preponderante. Ad ogni modo è necessario garantire la copertura di tutti i percorsi presenti mediante il potenziamento delle zone alberate, ove scarse o la piantagione di nuovi alberi ad alto fusto nel caso di assenza di vegetazione come accade nelle zone periferiche della città. In questo modo viene garantito un servizio di collegamento efficace tra i punti principali nel Comune di Terracina, con benefici sociali e in termini di mobilità sostenibile. La presenza di aree verdi che collegano la città in ogni punto crea benefici per la riduzione delle ondate di calore, in quanto la temperatura locale subisce un calo e in aggiunta si creano dei percorsi ecologici necessari al mantenimento della biodiversità urbana.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 78 di 104

Ulteriore aspetto che può essere analizzato, nell'ottica di una nuova pianificazione territoriale che consideri le consanguenienze del cambiamento climatico, è lo stato di ombreggiamento delle piazze del Comune di Terracina.

È quindi auspicabile intervenire nelle piazze della città; queste infatti rappresentano un punto di incontro per la collettività in quanto, grazie alle loro dimensioni, vengono utilizzate per numerosi eventi. Queste essendo inoltre punti fondamentali di collegamento tra i punti principali della città devono essere opportunamente ombreggiate per favorire il passaggio della popolazione anche durante le ore più calde e fornire uno spazio di sosta adeguato. La pianificazione delle aree ombreggiate deve essere fatta considerando i vincoli di tutela dei beni storici e architettonici e considerare la specie vegetale ideale nell'ottica di un clima che cambia.

6.1.4 Cool Roofs e Cool Pavement

Non solo la vegetazione aiuta a ridurre le temperature e conseguentemente il fenomeno delle isole di calore, anche una strategia edilizia può contribuire a contrastare il fenomeno.

Le proprietà dei materiali utilizzati nella realizzazione degli edifici non è un fattore da sottovalutare, in quanto questo influenza il microclima locale in funzione delle proprietà fisiche delle superfici.

Sfruttare l'albedo, ovvero la quantità di energia riflessa rispetto alla radiazione incidente, è una buona azione di resilienza urbana. In particolare, maggiore è l'albedo, minore è la quantità di energia immagazzinata dal corpo e di conseguenza minore è la sua temperatura superficiale. La seconda proprietà importante dei materiali è l'emissività, ovvero la capacità di emettere energia per radiazione, relativa ad un corpo nero. In questo caso maggiore è l'emissività maggiore è la quantità di energia che il corpo è il grado di rilasciare sotto forma di calore. Al fine di ridurre l'effetto delle isole di calore e quindi di ridurre la temperatura locale è opportuno progettare, ove possibile, tetti freddi (Cool Roofs) i quali sono coperture capaci di riflettere fino all'80% della radiazione solare e mantenere basse le temperature delle superfici esposte al sole, mitigando l'effetto isola di calore. Questi, realizzano utilizzando pitture chiare o con colori più scuri, trattati però con speciali pigmenti riflettenti, che aumentano la riflettanza nel vicino infrarosso mantenendo la risposta cromatica desiderata.

In media una città europea o americana è caratterizzata da un valore di albedo compreso tra 0,15 e 0,30. Studi dimostrano che se questo valore venisse aumentato a 0,20-0,45 la temperatura nelle città potrebbe ridursi anche di 4°C nei pomeriggi con elevate temperature. Ad esempio, a Los Angeles su Jordan Avenue, una delle strade più torride della città, le istituzioni hanno deciso di sostituire il rivestimento dell'asfalto tradizionale nero, optando per un materiale bianco riflettente e così la temperatura del suolo è scesa in

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 79 di 104

media di 10°C in un pomeriggio soleggiato. Allo stesso modo è stata promosso il White Roof Project a Brooklyn, nel quale decine di tetti sono stati dipinti di bianco, In questo modo è stato potenziato il potere di riflessione da 20% all'85% e la temperatura media all'interno dell'edificio si è ridotta da 46°C a 26°C quando la temperatura esterna è di 32°C.

A fronte di tali considerazioni si consiglia l'attivazione di nuove azioni legislative e di pianificazione urbanistica al fine di incentivare l'uso di materiali o ricoprimenti chiari nella realizzazione di nuove strutture e edifici, nonché incentivare con bonus economici l'utente privato che decide di investire nella conversione da colore scuro a colore chiaro della propria proprietà.

6.1.5 Utilizzo dell'acqua: sistemi di nebulizzazione

L'acqua è una risorsa che può dare un forte contributo alla riduzione delle temperature nei contesti urbani. Uno dei sistemi diffusi in molte città, sia italiane che estere, è quello dei nebulizzatori, i quali mettendo in diretto contatto l'aria con l'acqua e riducono la temperatura localmente. L'acqua per poter evaporare necessita di energia; quest'ultima, sottoforma di calore viene fornita dall'aria calda raffreddandosi. In questo modo si può ottenere una notevole riduzione delle temperature ed incrementare la sensazione di benessere della popolazione. Questi sistemi sono molto efficaci ed utili, in quanto la dimensione delle gocce è tale da non bagnare le persone presenti negli spazi urbani adibiti, infatti non si ha la sensazione di farsi la doccia, ma solo di raffrescarsi. Questi sistemi possono essere utilizzati in luoghi di passaggio, come nei percorsi ciclo-pedonali più trafficati e nelle zone di sosta, come le piazze del centro storico che sono le più soggette ai fenomeni delle isole di calore.

A titolo di esempio la Place de la Bourse è un simbolo della di Bordeaux che dal 2006 la piazza durante la stagione estiva caratterizzata da elevate temperature di trasforma, ad intervalli temporali regolari in un mare di nebbia (Figura 34). Questo crea molti benefici dal punto di vista del raffrescamento e raffreddamento.



Figura 34 Il rinfrescante “Miroir d’Eau” di fronte alla Borsa di Bordeaux (Fonte: “Ondate di calore in città – Basi per uno sviluppo degli insediamenti adattato ai cambiamenti climatici”, Ufficio federale dell’ambiente UFAM)

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 80 di 104

L'azione combinata di questi sistemi di nebulizzazione dell'acqua con fonti di ombreggiatura come pergolati e coperture, contribuiscono a generare una sorta di soffitto freddo e conseguentemente un ambiente fresco raffrescato in maniera passiva. Il sistema ottimale per utilizzare tale tecnologia è quello di accoppiarlo con sistemi di pergolati o gruppi di alberi.

Va sottolineato che l'installazione dei nebulizzatori deve essere anteposta da un progetto che tenga in considerazione il contesto climatico e deve prevedere un sistema di controllo automatico che verifichi la potenza da utilizzare in funzione delle condizioni climatiche. Questa tecnologia permette di mantenere l'area occupata semi-asciutta a patto che vengano collocati i micronizzatori ad un'altezza elevate in modo tale che l'acqua si mescoli il più possibile con l'aria e far funzionare i nebulizzatori ad intervalli variabili e discontinui.

Nel Comune di Terracina, sono presenti numerose piazze di differenti dimensioni che sono caratterizzate da elevate temperature durante la stagione estiva e che non hanno ne ombreggiatura ne altra fonte di raffrescamento. Un'azione di adattamento al fenomeno delle isole di calore potrebbe essere quella di predisporre in alcune di queste piazze o lungo i percorsi ciclo-pedonali maggiormente frequentanti sistemi di nebulizzazione che garantiscano una riduzione delle temperature ed incrementino il comfort anche nel centro urbano.

6.1.6 Sistemi alternativi di raffrescamento

Il fenomeno delle isole di calore implica un aumento nell'utilizzo di impianti di raffrescamento per garantire ambienti freschi e confortevoli. Questo comporta un maggiore utilizzo di combustibili fossili che riducono la temperatura interna degli ambienti ma rilasciando calore e quindi incrementato il fenomeno delle isole di calore. In questo modo esiste il rischio di innescare un circolo vizioso al quale non è possibile sfuggire. D'altra parte l'aumento della temperatura è inevitabile e quindi è necessario fornirsi di strumenti di raffrescamento adeguati. A tale scopo, per evitare un aumento delle temperature dovuto alle continue emissioni di CO₂ nasce la necessità di utilizzare sistemi innovativi in grado di avere zero emissioni e rendimenti elevati.

6.1.6.1 Solar Cooling

Una tecnologia che è ancora poco diffusa, ma che ha enormi margini di utilizzo e di miglioramento tecnologico è il Solar Cooling. Uno schema di impianto di Solar Cooling è tipicamente composto da un campo di pannelli solari, un serbatoio di accumulo, una unità di controllo, tubazioni e pompe ed una macchina frigorifera alimentata termicamente (Figura 35).

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 81 di 104

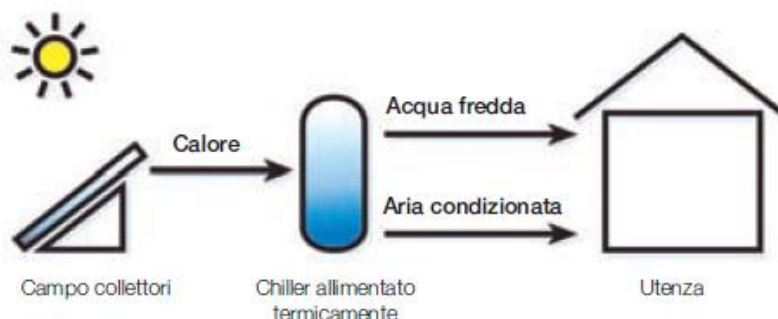


Figura 35 Sistema Solar Cooling (Fonte: Solar Cooling – Condizionamento Solare”, Progetto SOLCO, Intellingent Energy Europee (IEE))

Nell’ambito del progetto SOLCO, cofinanziato dal programma Intelligent Energy Europe (IEE), è stato pubblicato un report “Solar Cooling – Condizionamento Solare” il quale riporta numerose informazioni circa tale tecnologia. In particolare: *“Il collettore solare utilizza la radiazione solare per la produzione di acqua calda che viene accumulata nei serbatoi. Il chiller è il cuore di ogni impianto solar cooling. Se i pannelli solari forniscono il necessario input energetico all’impianto, i chiller sono invece le macchine in grado di produrre il freddo utilizzando come input energetico proprio l’energia termica immagazzinata nell’acqua grazie ai collettori solari (e non l’energia elettrica che alimenta i condizionatori tradizionali) .”*⁸

Secondo quanto riportato sul sito dell’ENEA, lo schema semplificato di funzionamento della tecnologia Solar Cooling è il seguente: i pannelli solari termici assorbono la radiazione solare del sole e la trasferiscono sotto forma di calore a fluidi quali acqua o aria; l’acqua o l’aria calda proveniente dai pannelli solari alimenta e fornisce energia di processo a speciali macchine frigorifere impiegate per raffrescare ambienti o produrre acqua fredda per la refrigerazione industriale.

In Figura 36 viene riportato uno schema semplificato di funzionamento di tale tecnologia.

⁸ Solar Cooling – Condizionamento Solare”, Progetto SOLCO, Intellingent Energy Europee (IEE)

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 82 di 104

solar cooling

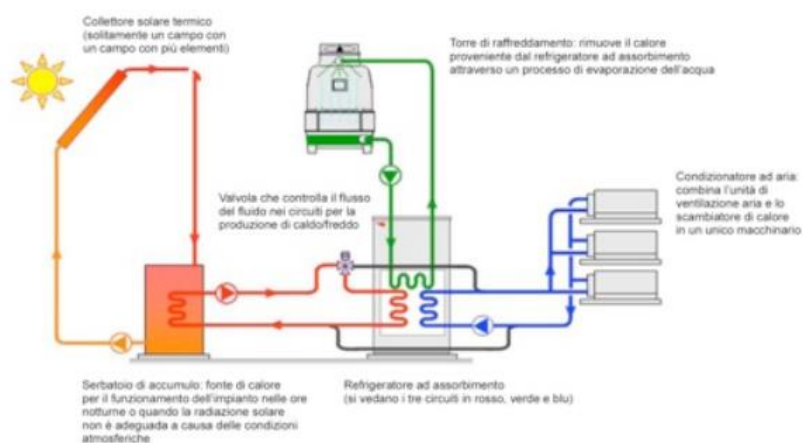


Figura 36 Schema di funzionamento semplificato del Solar Cooling (Fonte: ENEA, <http://www.enea.it>)

Come si osserva nel precedente schema il sistema di solar cooling è formato da tre circuiti fondamentali. Il primo è formato dal collettore che preleva l'energia solare e la fornisce al sistema, il secondo è collegato ad una torre di raffreddamento (Chiller) che rimuove il calore proveniente dal refrigeratore attraverso un processo di evaporazione dell'acqua ed infine il circuito del condizionatore ad aria che permette il raffreddamento dell'edificio.

Dal momento che il solar cooling sfrutta l'energia solare proprio nella stagione e nelle ore della giornata di massima richiesta di raffreddamento, questo comporta almeno due benefici: 1) l'utilizzo della fonte solare riduce i consumi di combustibile fossile riducendo le emissioni di CO₂; 2) la produzione e il consumo di energia è contemporaneo e ben adattabile alla diffusione di impianti fotovoltaici già esistenti, favorendo l'autoconsumo.

Tale tecnologia non è molto diffusa, tuttavia nel progetto SOLCO, vengono riportati alcuni casi studio da cui l'impianto di Solar Cooling installato a Bolzano. Nella città di Bolzano infatti, tre edifici sono dotati di un campo di collettori solari assistiti da un impianto di cogenerazione.

Sebbene tale tecnologia sia molto all'avanguardia e efficace soprattutto nell'Europa del sud, non è ancora ben sfruttata a causa di alcune barriere che ne impediscono la diffusione. Tra queste si ha la scarsa conoscenza tra i potenziali utenti circa le performance e i benefici derivanti da questa tecnologia, la disponibilità di sistemi solar Cooling di piccola taglia è limitata e le detrazioni fiscali e gli incentivi disponibili per i soli pannelli solari termici non sono sufficienti a promuovere la vera diffusione di questi impianti.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 83 di 104

Queste difficoltà possono essere superate grazie all'introduzione di politiche e azioni di sensibilizzazione da parte delle amministrazioni pubbliche. I cambiamenti climatici e quindi l'incremento della temperatura e delle isole di calore implicheranno un maggiore consumo energetico per il raffrescamento estivo, è quindi auspicabile investire in tecnologie alternative come il Solar Cooling. L'amministrazione pubblica, in questo senso potrebbe attivarsi mediante delle campagne conoscitive e dei corsi di formazione per i professionisti affinché tale tecnologia non risulti più sconosciuta, ma bensì una chiara possibilità. Oltre ad azioni a livello di sensibilizzazione e conoscitive è necessario predisporre degli incentivi economici per lo sviluppo di questi impianti; ad esempio potrebbero essere compresi negli incentivi con le detrazioni fiscali valide a livello provinciale e comunale.

6.1.6.2 Pompa di calore aria-aria o aria-acqua

Una tecnologia già diffusa, rispetto al solar cooling, è l'utilizzo della pompa di calore aria-aria o aria-acqua. Il principio di funzionamento di una pompa di calore è contrario rispetto a quello della refrigerazione; questa infatti estrae calore dall'ambiente e lo trasferisce all'esterno.

Il funzionamento della pompa di calore è composta da un ciclo di 4 fasi:

1. Evaporazione - L'elemento refrigerante assorbe l'energia calda dell'ambiente circostante. Nel fare questo cambia in stato gassoso, vista la bassa temperatura di evaporazione del refrigerante.
2. Compressione - Il vapore risultante è compresso utilizzando un compressore. Le molecole del gas si strofinano l'una contro l'altra aumentando la pressione in uno spazio limitato. Questo produce alte temperature che sono utilizzate per il circuito di riscaldamento.
3. Liquefazione - Nella terza fase il gas bollente fa salire il suo calore fino al sistema di riscaldamento. Il refrigerante diventa di nuovo liquido.
4. Rilascio - Infine una valvola di espansione riduce la pressione generata nella fase 2 così che il refrigerante assorbe di nuovo il calore dell'ambiente ed il processo riparte.

In Figura 37 viene rappresentato in schema illustrativo del funzionamento.



Comune di
Terracina

PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA
(PAESC)
- PIANO DI ADATTAMENTO -
del comune di Terracina



Data:
2019

Pagina
84 di 104

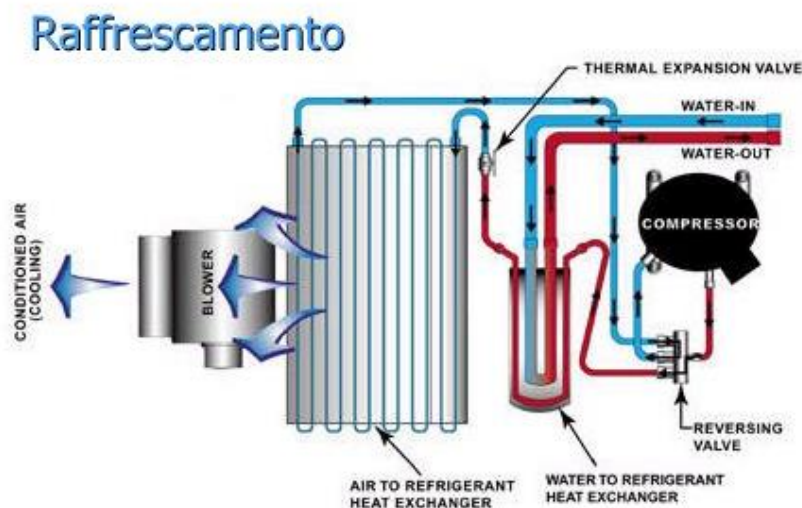


Figura 37 Schema illustrativo di una pompa di calore aria-acqua (Fonte: <http://www.consulente-energia.com/aq-come-fare-raffrescamento-estivo-con-le-pompe-di-calore-migliori-climatizzatori-a-pompa-di-calore-per-raffreddare-aria-di-casa-estate.html>)

Questa tecnologia, a basso consumo e che sfrutta una risorsa rinnovabile e pulita può essere utilizzata sia per il raffrescamento che per il riscaldamento degli edifici. Per questo motivo è necessario investire in tale tipologia di impianti sia negli edifici pubblici che incentivare l'installazione anche ai privati.

6.2 RISCHIO IDROLOGICO

Come descritto nel paragrafo 5.4 il cambiamento climatico ha grossi impatti sulla risorsa idrica, in particolare si è osservato un incremento dei fenomeni estremi, come le precipitazioni molto intense e di breve durata. Queste possono creare delle situazioni di criticità del sistema di rete di drenaggio dell'acqua meteorica urbana. Oltre al continuo incremento di questi eventi è presente il fenomeno di continua impermeabilizzazione dei suoli che riduce drasticamente le aree permeabili incrementando il deflusso superficiale, run-off.

Con il termine di run-off o scorrimento superficiale si intende la porzione di acqua pluviale che scorre sulle superfici impermeabili delle città, come tetti, strade, parcheggi ecc. Questa può rappresentare circa il 90% della precipitazione totale che raggiunge molto rapidamente le reti di drenaggio urbana senza alcuna forma di scolo e senza essere filtrata o trattenuta dal suolo. L'incremento di zone impermeabili, favorisce la riduzione del tempo di corrivazione, ovvero il tempo che impiega una goccia a raggiungere la rete di captazione e incrementano il volume di acqua che ruscella. Tempi di corrivazione ridotti e la scarsa trattenuta del suolo, incrementano la quantità di precipitazione che deve essere drenata e appesantiscono il carico sulla fognatura. Anche a causa dei cambiamenti climatici, che evidenziano un incremento degli

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 85 di 104

scrosci, la gestione dei deflussi superficiali in ambito urbano è un problema che comporta severe conseguenze sotto il profilo economico, ambientale e della sicurezza dei cittadini.

Al fine di aumentare la resilienza della città è necessaria una gestione sostenibile delle acque meteoriche attraverso l'attuazione del principio di invarianza idraulica. L'invarianza idraulica è in principio in base al quale le portate massime di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione. Questo principio può essere rispettato attraverso alcune strumenti di gestione alternativi, tra cui:

- la conservazione o il ripristino delle aree permeabili; il contenimento dei deflussi superficiali per limitare il rischio di inondazione;
- il ripristino della funzione di filtraggio naturale dei suoli per ridurre l'inquinamento delle acque e favorire la ricarica della falda acquifera per infiltrazione.
- costruzione di bacini idrici in aree agricole che possono immagazzinare acqua di inondazione durante eventi estremi;

La progettazione e la pianificazione di interventi atti a soddisfare gli scopi sopracitati devono considerare differenti fattori: la tipologia delle aree dilavate; l'eventuale presenza di inquinanti; la presenza di sistemi di raccolta di acque di prima pioggia; le caratteristiche dei suoli e la vulnerabilità degli acquiferi.

In tale paragrafo verranno proposte delle soluzioni ed azioni che il Comune di Terracina può intraprendere per rallentare lo scorrimento superficiale dell'acqua e stoccarla temporaneamente e restituirla alla rete in maniera ritardata e controllata.

Le azioni proposte sono:

- Nuovi spazi permeabili.
- Giardini della pioggia o rain gardens;
- Giardini, parchi e tetti verdi;

6.2.1 Riqualficazione urbana: nuovi spazi permeabili

L'elevata impermeabilizzazione della città edificata ha forti impatti sul microclima urbano, aumentare le zone permeabili significa complessivamente incrementare la resilienza della città ai cambiamenti climatici.

Secondo quanto riportato in uno studio condotto dall'Unione Europea. "Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo" riporta differenti strumenti che le amministrazioni pubbliche possono utilizzare al fine di compensare l'impermeabilizzazione del suolo.

Gli approcci sono fondamentalmente due: la limitazione nell'utilizzo di nuove aree, ovvero limitare l'espansione urbanistica ed evitare la conversione di aree verdi, ma incentivare, sfruttare e riutilizzare siti

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 86 di 104

esistenti e dismessi. Questo può essere fatto mediante un'attenta azione pianificatoria del territorio, e una approfondita analisi delle necessità urbanistiche nel rispetto delle prescrizioni vigenti. La revisione del PRG, è un'ottimo strumento di pianificazione del territorio che può regolare e limitare lo sfruttamento di suolo e limitare tutte le conseguenze che ne derivando e che possono peggiorare in conseguenza del cambiamento climatico. L'altro aspetto è dove l'impermeabilizzazione è presente, in queste zone possono essere adottate delle misure di mitigazione tese a mantenere alcune delle funzioni del suolo e ridurre gli effetti negativi diretti o indiretti significativi sull'ambiente e il benessere umano. Tali misure comprendono, se del caso, l'impiego di opportuni materiali permeabili al posto del cemento o dell'asfalto, da incentivare soprattutto nei luoghi pubblici, come parcheggi e ampi spazi.

In commercio esistono molte soluzioni di pavimentazioni permeabili come:

- Masselli porosi; pavimentazioni in masselli di calcestruzzo dotati di una certa porosità e con il riempimento delle fughe tramite sabbia che permette l'infiltrazione dell'acqua;
- Cubetti o masselli con fughe larghe inerbite; in questo caso le fughe sono più ampie raggiungendo il 35% di superficie verde;
- Grigliati in calcestruzzo inerbiti; costituiti da blocchi di calcestruzzo con apertura a nido d'ape all'interno dei quali viene posto materiale organico che permette la crescita dell'erba. L'applicazione di tale tecnologia è raccomandata in caso di carico medio-leggero come i parcheggi per autoveicoli;
- Grigliati plastici inerbiti; anch'essi si possono usare in spazi adibiti a parcheggio veicolare e sono costituiti da un grigliato in materiale plastico riempito con terreno inorganico e riempiti. In questo caso si raggiunge anche il 90% di superficie verde caratterizzata da elevata permeabilità.

6.2.2 Rain gardens

La forte impermeabilizzazione dei centri urbani costringe l'acqua meteorica a percorrere lunghi percorsi prima di rientrare nel terreno e ristabilire il ciclo idrico naturale. I cambiamenti climatici che comportano un incremento dei fenomeni di precipitazione intensi complicati da un elevato tasso di impermeabilizzazione fanno sì che le infrastrutture idriche di smaltimento non siano del tutto efficaci comportando sempre più frequentemente fenomeni di allagamento ed inondazione.

Quando ridurre l'impermeabilizzazione non è possibile è necessario optare per differenti soluzioni al fine di incrementare la capacità di assorbimento del territorio e ridurre il deflusso superficiale. Uno di questi è la raccolta e lo stoccaggio temporaneo di acqua meteorica che può essere rilasciata in un secondo momento. Una tecnologia nata negli anni '90 e sperimentata soprattutto nei paesi anglosassoni prevede l'individuazione di nuovi sistemi di gestione dei deflussi meteorologici sostenibile e naturale, chiamata

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 87 di 104

SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems). I giardini di pioggia o rain gardens fanno parte di questo nuovo approccio che mira ad una gestione sostenibile delle acque meteoriche. La funzione principale di questi giardini della pioggia è quella di ridurre il run-off, responsabile delle maggiori criticità del sistema di drenaggio urbano, e di incrementare la resilienza delle aree urbane rispetto alle piogge intense soprattutto laddove è presente un elevato tasso di impermeabilizzazione del terreno.

Lo scopo di questi giardini è quello di gestire e controllare le grandi quantità di acqua piovana provenienti dai tetti degli edifici, dalle sedi stradali e dalle grandi aree pavimentate. I rain gardens non sono altro che delle leggere depressioni del suolo ricoperte a verde e simili a delle aiuole che filtrano più lentamente l'acqua piovana intercettata dalle piante. In questo modo si ha un aumento del tempo di corrivazione, in quanto l'acqua raggiunge il sottosuolo o le condotte più lentamente poiché costretta ad attraversare differenti strati drenanti contrastando i possibili fenomeni di allagamento.

Questi sistemi possono essere ampiamente utilizzati nei contesti urbani data la semplicità di realizzazione e la bassa manutenzione. Vincolo necessario per la realizzazione è la presenza di almeno 1 metro di profondità riempito di differenti strati, quali:

1. Fascia erbosa di protezione per rallentare il deflusso di acqua in ingresso;
2. Specie vegetali autoctone, scelte attentamente in funzione del contesto climatico e della necessità di avere un'elevata resistenza a situazioni estreme, come la presenza di grandi quantità di acqua sia a periodi di siccità. Queste permettono l'assorbimento di parte degli inquinanti e a creare nuovi habitat nel contesto urbano;
3. Area di ristagno costituita da una depressione del terreno, di profondità di circa 10-20 cm, che ha lo scopo di raccogliere l'acqua e facilitare l'evapotraspirazione e permettere l'infiltrazione nel suolo;
4. Strato di pacciamatura necessario per rimuovere l'inquinamento organico grossolano e le particelle sospese presenti nell'acqua piovana. Il mantenimento dell'umidità del terreno, per far fronte ai periodi siccitosi è garantita da tale strato.
5. Strato drenante allo scopo di fornire acqua e nutrienti alle piante superficiali e ad assorbire i metalli pesanti, gli idrocarburi e gli altri agenti inquinanti contenuti nelle acque meteoriche. Tale strato è generalmente formato da una miscela di sabbia (50%), compost organico (25%) e terreno del sito (25%).

In Figura 38 viene riportato un esempio di rain garden e la stratigrafia che lo compone.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina		Partner tecnico 
Comune di Terracina			Data: 2019 Pagina 88 di 104

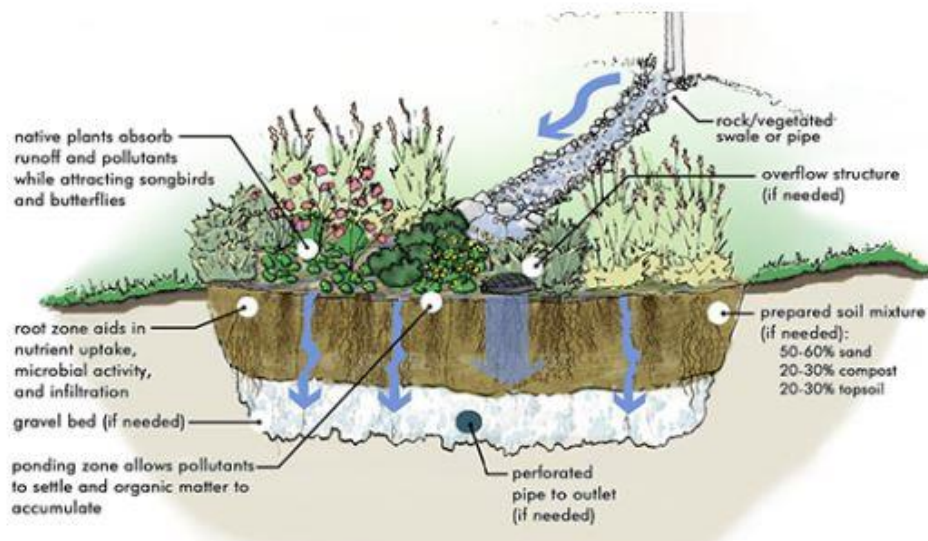


Figura 38 Esempio di Rain Gardens (Fonte: <https://www.architetturaecosostenibile.it/architettura/criteri-progettuali/rain-gardens-giardini-159>)

Come si osserva nella figura precedente è possibile prevedere l'inserimento di un dreno di raccolta dell'acqua costituito da un letto di ghiaia e da tubi drenanti utilizzati per convogliare l'acqua verso l'impianto fognario o verso delle cisterne di raccolta per un possibile riutilizzo della stessa.

La stratigrafia dei giardini della pioggia permette di trattenere anche più del 50% dell'acqua piovana per rilasciarla gradualmente e di ridurre del 30% la concentrazione di agenti inquinanti nel sistema idrico ricettore.

I rain gardens possono essere disegnati in differenti contesti urbani e in differenti tipologie di suolo e clima, migliorando la qualità della gestione delle acque pluviali. Ulteriore funzione da non sottovalutare è l'apporto estetico e paesaggistico che queste aiuole possono dare al contesto urbano, infatti questi innovativi giardini sono dei validi strumenti di riqualificazione degli spazi pubblici e privato, creando paesaggio e biodiversità.

I rain gardens possono essere utilizzati in differenti contesti ed è compito delle Amministrazioni pubbliche favorire il loro sviluppo e la loro installazione. In particolare questi giardini possono essere realizzati:

- Contesto pubblico; mediante la creazione di aiuole negli spazi pubblici del centro storico come parte di piazze, lungo le strade e in prossimità dei parcheggi;



Comune di
Terracina

PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA
(PAESC)
- PIANO DI ADATTAMENTO -
del comune di Terracina



Data:
2019

Pagina
89 di 104



Figura 39 Esempi applicativi di rain gardens in aree urbane pubbliche (Fonte: <http://www.rinnovabili.it/greenbuilding/rain-gardens-contrastare-allagamenti-ambito-urbano-543/>)

- Contesto privato; il cittadino o un insieme di cittadini potrebbero realizzare un giardino della pioggia nelle proprie proprietà ai fini di raccogliere l'acqua dai tetti e indirizzare parti di questa nei rain gardens e rilasciarla nel terreno.



Figura 40 Rain garden privato
(Fonte: <https://inhabitat.com/melbourne-water-encourages-australian-citizens-to-build-10000-rain-gardens/>)



Figura 41 Rain garden privato (Fonte: <http://www.stormwaterpa.org/raingarden.html>)

Il rilascio di acqua nel terreno permette la ricarica delle falde acquifere e mitiga la presenza di grandi aree impermeabilizzate grazie alla restituzione della risorsa idrica all'ambiente attraverso porzioni di terreno.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 90 di 104

Questi sistemi di drenaggio sostenibile dell'acqua pluviale possono essere integrati con sistemi di cisterne impermeabili che permettono lo stoccaggio dell'acqua per altri utilizzi, giardinaggio ecc... In questo modo si potrebbe prevedere il riutilizzo della risorsa idrica e mitigare le criticità dovute a periodi di siccità.

Sebbene in Italia non siano molto presenti, nel resto del mondo sono molti gli esempi di utilizzo dei rain gardens per migliorare la gestione delle precipitazioni intense.

A San Francisco, negli USA in Mind Plaza sono stati realizzati dei rain gardens, la piazza prevede differenti inclinazioni per favorire il defluire dell'acqua meteorica nei giardini della pioggia, nei quali le piante filtrano l'acqua dagli agenti inquinanti e ne trattengono in parte. La restante attraversa gli strati di sabbia e compost del giardino fino ad essere rilasciate lentamente nel terreno. Anche in Minnesota sono state intraprese delle politiche a favore della tutela e salvaguardia delle aree urbane. Lo scopo principale è quello di aiutare il sistema di raccolta delle acque piovane e migliorare la qualità del sistema di gestione. A Meaplewood, l'attiva partecipazione dei cittadini ha permesso l'installazione di rain gardens in aree residenziali private, circa 30'000 abitanti per un totale di 450 rain gardens sono al servizio della comunità. A Melbourne, grazie all'attività di sensibilizzazione e all'iniziativa dell'Amministrazione pubblica sono stati realizzati circa 10'000 rain gardens che permettono lo stoccaggio temporaneo delle acque meteoriche, creando meno stress al sistema fognario.

Questa tecnologia semplice da realizzare e dai contenuti costi di manutenzione, è un'ottima soluzione allo scopo di aumentare la resilienza della città, in quanto riduce il run-off e favorisce il ripristino dell'equilibrio idrico naturale, riducendo lo stress a cui il sistema di captazione della rete di drenaggio urbana è sottoposta durante gli eventi di forte intensità. Incrementa la biodiversità e fornisce degli habitat anche nei centri storici dove il tasso di verde è molto ridotto e quello di impermeabilizzazione molto elevato. Inoltre, se accoppiato con delle cisterne impermeabili permette la raccolta dell'acqua piovana per riutilizzarla in altri scopi e ridurre il problema del reperimento della risorsa idrica durante i periodi di siccità.

È importante che anche il Comune di Terracina, allo scopo di diventare una città più resiliente progetti questa tipologia di strutture per una gestione più sostenibile della raccolta delle acque meteoriche a fronte degli effetti del cambiamento climatico.

6.2.3 Aree ombreggiate, parchi e tetti verdi

Nei paragrafi 6.1.2 e 6.1.3 sono state descritte le infrastrutture verdi, ovvero strumenti di gestione urbana sostenibile che hanno lo scopo di ridurre le temperature ed attenuare il fenomeno delle isole di calore. Come dimostrano in precedenza, la presenza di aree ombreggiate, parchi e tetti verdi riduce di diversi gradi la temperatura locale aumentando il benessere all'interno delle città anche nei periodi maggiormente

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 91 di 104

caldi. In parallelo ai benefici in termini di temperatura tali tecnologie e strumenti sono in grado di attenuare il fenomeno del run-off, in quanto riducono le superfici impermeabili e permettono la filtrazione dell'acqua, soprattutto durante gli eventi di forte intensità, nel terreno.

I tetti verdi, oltre alla loro azione di isolare e riduzione di temperatura, convertono l'area urbanizzata e resa impermeabile in permeabile, questi infatti assorbono l'acqua durante gli eventi di precipitazione per poi inviarla al sistema fognario in tempistiche più lunghe riducendo il carico a cui è soggetta la rete di captazione delle piogge.

Allo stesso modo i parchi e quindi tutte le superfici a prato riducono il run-off, ovvero lo scorrimento superficiale delle acque pluviale, garantendo una gestione sostenibile delle piogge intense. Anche i viali alberati e le zone ombreggiate, caratterizzate dalla presenza di alberi, possibilmente di specie autoctone, data la necessità di terreno, assorbono in parte l'acqua per i propri bisogni idrici, e in parte la rilasciano lentamente nel terreno. Questo contribuisce alla mitigazione del microclima, nonché alla deputazione delle acque e alla cattura e mitigazione dei metalli pesanti provenienti dagli scarichi autoveicolari. Emergono quindi i grandi benefici di avere aree e viali alberati, come le piste ciclabili, in grado di garantire interconnessioni ombreggiate e confortevoli anche nei periodi più caldi, limitare il deflusso superficiale e contribuire alla depurazione delle acque pluviali.

Le aree verdi risultano molto importanti secondi differenti punti vista nel contesto urbano (gestione delle precipitazioni, mitigazione delle isole di calore, assorbimento della CO₂) è quindi auspicabile intervenire nelle aree dismesse del Comune di Terracina e nella progettazione di viali alberati nel concetto di strada multifunzionale, per realizzare parchi e aree/percorsi ombreggiate tali da aumentare il benessere del cittadino e rendere la città più resiliente ai cambiamenti climatici.

6.3 RISCHIO IDROGEOLOGICO

Il rischio idrogeologico nel Comune di Terracina, come riportato nel paragrafo 5.4.1 è legato alla presenza di numerosi canali e del Fiume Portatore.

Uno degli effetti del cambiamento climatico è l'incremento degli eventi estremi e di forte intensità che possono provocare esondazioni, colate di detrito e onde di piena.

Recentemente, ottobre 2018, nel Comune di Terracina si è assistito ad un evento di forte intensità che ha provocato lo sradicamento di molti alberi e l'alluvionamento di alcune zone a seguito dell'esondazione di alcuni canali. Un continuo incremento dei fenomeni estremi mette a dura prova la rete idrica del Comune, che è sottoposta a maggiore rischio.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 92 di 104

È necessario quindi approfondire attraverso uno studio dell'attuale rischio idrogeologico locale ed indagare lo stato di sicurezza ed adeguatezza idraulica delle opere presenti, al fine di verificare che la loro messa in sicurezza sia sufficiente a contrastare le onde di piena sempre più frequenti.

Nel documento "Elementi per una Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici", nel Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, è riportato quanto segue:

"Le variazioni climatiche e ambientali in atto e previste rendono, se possibile, ancora più urgente affrontare il dissesto, per mitigarne gli effetti territoriali e ambientali, e i costi economici e sociali. Per affrontare il dissesto è quindi necessario agire in modo sinergico a più scale geografiche, temporali, organizzative ed operative, ed è importante operare alle scale compatibili con i processi che si affrontano, e quindi arrivare sino alla scala del bacino idrografico e del versante. Per la mitigazione del rischio idrogeologico in generale, e ancora di più in un'ottica di cambiamenti climatici, è opportuno privilegiare le azioni di previsione e di prevenzione, limitando per quanto possibile le azioni emergenziali e di ripristino a quelle utili per la riduzione progressiva del rischio, e per il ripristino di condizioni generali di sicurezza territoriale. E' necessario che le azioni di adattamento siano coordinate a tutte le scale geografiche e amministrative, e si basino su valutazioni economiche condivise. Per raggiungere questo obiettivo è indispensabile lo sviluppo di una cultura moderna della prevenzione, che favorisca la pianificazione e la gestione integrata del territorio e delle risorse e una mitigazione del rischio coordinata, come già sottolineato, a diverse scale geografiche, temporali e organizzative. Infine, una strategia di adattamento sarà efficace se sarà fondata su solide basi conoscitive che ne permetta la condivisione fra i diversi attori interessati, non ultimi i cittadini stessi. Di seguito si riportano le principali azioni di adattamento ai cambiamenti climatici che possono ridurre o contenere l'impatto dei fenomeni di dissesto idrogeologico. Le azioni riguardano:

- *il monitoraggio e la previsione;*
- *la prevenzione, la definizione e la riduzione del rischio;*
- *l'avanzamento delle conoscenze e lo sviluppo tecnologico.*

*Tali azioni sono sinergiche e non possono prescindere l'una dall'altra."*⁹

Il monitoraggio e la previsione sono indispensabili sia a differenti scale temporali che spaziali (scala sinottica/nazionale). Il monitoraggio ha lo scopo di individuare eventuali condizioni di criticità considerando differenti mutamenti dovuti al cambiamento climatico, meteorologico, ambientale e di utilizzo del suolo. La strategia nazionale prevede tra le azioni di monitoraggio:

⁹ "Elementi per una Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici", Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 93 di 104

- rete capillare e affidabile per il rilevamento meteo-idro-geologico;
- cartografia dei dissesti e un censimento degli eventi che hanno evidenziato criticità;
- realizzazione di banche dati sugli eventi passati al fine di avere una panoramica sulle variabili che creano maggiore vulnerabilità.

A fronte di un incremento degli eventi di forte intensità, indotti anche dal cambiamento climatico è utile prevedere un potenziamento delle reti osservative esistenti, verificare la capacità delle stazioni esistenti di registrare correttamente gli scrosci, installare sensori di misura dell'umidità del suolo e dei livelli piezometrici. Inoltre, dove è necessario, è utile prevedere un potenziamento delle capacità predittive delle forzanti meteorologiche e climatiche per i diversi fenomeni e delle loro interazioni.

In vista dei cambiamenti climatici in atto è necessario rafforzare il Sistema di allertamento per il rischio idrogeologico ed idraulico, e migliorarne l'interazione con il complesso delle misure di prevenzione e di mitigazione dispiagate dagli Enti.

Ulteriore aspetto da indagare è la fase di progettazione dell'opere idrauliche, queste infatti vengono costruite sulla base del concetto del "tempo di ritorno". Con questo termine si fa riferimento alla stazionarietà statistica dei processi e dei fenomeni. Tuttavia se il clima sta cambiando, gli eventi di forte intensità aumentano in termini di frequenza questo concetto perde di validità. È pertanto opportuno raggiungere un nuovo accordo sui riferimenti utilizzati nella progettazione delle opere di difesa che considerano l'evoluzione climatica e degli effetti che questa ha sugli eventi di precipitazione in termini di frequenza ed intensità.

6.4 SCARSITÀ DELLA RISORSA IDRICA

L'analisi climatica riportata in precedenza ha evidenziato una riduzione delle precipitazioni nell'ultimo trentennio. Questo implica una riduzione della risorsa idrica, con periodi lunghi siccitosi che possono comportare la messa in competizione tra i diversi settori di utilizzo della risorsa.

Il comune di Terracina in passato è stato protagonista di numerose ordinanze contro lo spreco dell'acqua. Ad esempio nell'estate 2016, a seguito dell'Ordinanza del Sindaco fu imposto il divieto di utilizzo dell'acqua per usi differenti da quelli stabiliti dal servizio di fornitura (come riempire piscine, irrigazione di orti, pulizia di pavimentazioni), inoltre il divieto fu allargato anche alle fontane pubbliche. La necessità di imporre il divieto di acqua deriva dall'aumento dei turisti e dalle calde temperature estive che impennano la richiesta idrica che supera la potenzialità delle sorgenti. Questo strumento politico ha lo scopo di evitare lo svuotamento degli acquiferi e impedire una distribuzione non uniforme della risorsa idrica.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 94 di 104

È quindi necessario attuare delle azioni di mitigazione, attraverso lo stoccaggio ed il recupero dell'acqua piovana, che invece di essere restituita al terreno direttamente dopo l'evento di precipitazione, può essere riutilizzata per altri scopi.

Il controllo della siccità richiede la ricarica delle acque sotterranee e lo stoccaggio inter-stagionale dell'acqua. In generale, la scarsità d'acqua può essere contrastata in due modi: diminuendo l'uso di acqua o aumentando l'offerta. In questo caso, a mitigare questo impatto, è importante lavorare su misure intermedie come l'efficienza idrica degli edifici e di attività che consumano acqua in ambito domestico, commerciale, industriale e soprattutto agricolo. D'altra parte, alcune misure ecologiche possono essere prese per migliorare la conservazione dell'acqua:

- stoccaggio dell'acqua nelle zone umide e nei corpi idrici;
- manutenzione e gestione di aree verdi;
- uso di piante adattate alla scarsità d'acqua.

Il recupero delle acque meteoriche può essere fatto attraverso diversi impianti di recupero, che permettono a seguito dello stoccaggio delle acque pluviali di abitazioni civili e di una depurazione il riutilizzo di queste per altri scopi. Un esempio di utilizzo esterno può essere quello dell'annaffiatura delle aree verdi, l'autolavaggio, lavaggio delle aree pavimentate.

In questo paragrafo verranno descritte due azioni che il Comune di Terracina può intraprendere per ridurre gli sprechi della risorsa idrica e sistemi innovativi per il riciclo dell'acqua pluviale, quali:

- vasche di prima pioggia;
- sensibilizzazione della popolazione;
- misure alternative di irrigazione e riutilizzo della risorsa idrica in ambito agricolo.

6.4.1 Sistemi di raccolta dell'acqua piovana

Il recupero dell'acqua piovana negli edifici privati può essere d'aiuto non solo per ridurre la richiesta di acqua, ma anche per assolvere alla funzione di microlaminazione.

Tra i sistemi in grado di offrire un immediato contributo alla soluzione dei problemi dello spreco, della penuria e dei crescenti costi dell'approvvigionamento idrico vi sono sicuramente quelli basati sul recupero e riciclaggio delle acque meteoriche.

I vantaggi che vengono offerti dall'installazione di impianti di raccolta dell'acqua piovana per uso individuale non vengono goduti solo a livello privato ma si riflettono positivamente anche nella sfera dell'intervento pubblico:

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 95 di 104

- evitano il ripetersi di sovraccarichi della rete fognaria di smaltimento in caso di precipitazioni di forte intensità;
- aumentano l'efficienza dei depuratori (laddove le reti fognarie bianca e nera non siano separate);
- sottraendo al deflusso importanti quote di liquido che, nel diluire i quantitativi di liquami da trattare, ridurrebbero l'efficacia della fase biologica di depurazione;
- provvedono a trattenere e/o disperdere in loco l'eccesso d'acqua piovana (ad esempio durante forti temporali) che non viene assorbita dal terreno a livello urbano, a causa della progressiva impermeabilizzazione dei suoli, rendendo inutili i potenziamenti delle reti pubbliche di raccolta.

Il limite per la raccolta dell'acqua piovana è imposto dalla superficie di raccolta e dalla capacità di stoccaggio del serbatoio. Negli ultimi anni sono state realizzate diverse tipologie di serbatoio, da quelli interrati a quelli dal design accattivante per l'installazione in giardini e cortili.

Prima dell'installazione è necessario valutare attentamente la tipologia di terreno e la presenza di alberi sia in prossimità della superficie di raccolta che vicino al serbatoio di stoccaggio, che possono ostacolare o danneggiare il sistema di raccolta dell'acqua piovana.

Una volta recuperata, l'acqua può essere utilizzata per l'irrigazione di aree verdi o per altri servizi. Il vantaggio di questi sistemi è il costo relativamente basso.

Affinché l'installazione di serbatoi per la raccolta di acqua piovana sia efficace è necessario analizzare accuratamente il regime pluviometrico della zona, conoscere la superficie di raccolta e l'utilizzo di destinazione dell'acqua. Infatti, una volta noto il regime medio di pioggia del Comune di Terracina, si può calcolare il volume ottimale di installazione, per un giardino di circa 100 mq, pari a un serbatoio di 5'000 litri, che permette il risparmio annuale di circa 40'000 litri d'acqua per ogni installazione. Considerando la fornitura dei serbatoi per la raccolta dell'acqua piovana a 100 famiglie, il risparmio annuale di acqua sarà pari a 4'000 m³ d'acqua.

6.4.2 Sensibilizzazione della popolazione

Il problema del reperimento della risorsa idrica, soprattutto nella stagione estiva, oggi è di fondamentale importanza. Questo è ulteriormente destinato a diventare sempre più critico a causa dei cambiamenti climatici che provocano grandi periodi di assenza di precipitazione e riduzione di disponibilità della risorsa idrica. Diventa quindi sempre più importante l'impegno per preservare la risorsa idrica ed evitare gli sprechi. Da molti anni in tutta Italia sono attive delle campagne di sensibilizzazione contro lo spreco dell'acqua. Le buone pratiche atte al risparmio idrico come: limitare l'utilizzo dell'acqua, non lasciare aperto il rubinetto se non necessario, utilizzare gli elettrodomestici solamente a pieno carico, riutilizzare

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 96 di 104

l'acqua piovana per l'irrigazione di orti e giardini, utilizzare il diffusore per ridurre l'uso di acqua, monitorare eventuali perdite nella rete idrica, (ecc..) devono fare parte della quotidianità del cittadino. Per sensibilizzare la popolazione nei confronti di una problematica sempre più evidente e di difficile gestione è opportuno attivare ulteriori campagne di sensibilizzazione, anche nelle scuole, in modo tale che il risparmio della risorsa idrica diventi un impegno quotidiano senza sforzi. L'Amministrazione pubblica in questo senso potrebbe attivare una campagna di sensibilizzazione attraverso la divulgazione delle buone pratiche per il risparmio idrico, marcando e facendo conoscere il problema sempre più reale del reperimento della risorsa idrica nella stagione estiva. Inoltre, al fine di ottenere migliori risultati si potrebbe prevedere un "bonus" attraverso il regolamento edilizio nei confronti di chi si impegna nel preservare la risorsa idrica e ridurre al minimo gli sprechi.

L'azione collettiva dell'amministrazione pubblica e del cittadino nell'impegno di risparmio idrico può portare a ridurre gli sprechi di molto, limitando carenze nel reperimento della risorsa e nel rispetto della tutela delle risorse idriche.

6.4.3 Comparto agricolo: sistemi alternativi per l'irrigazione

Il cambiamento climatico possono avere dei gravi effetti sul comparto agricolo, l'aumento delle temperature, la presenza di fenomeni estremi e la riduzione della risorsa idrica possono mettere in grave difficoltà le colture. Nel Comune di Terracina sono presenti numerose aziende agricole, le quali a fronte dell'emergenza idrica potrebbero dover affrontare momenti di grande criticità. L'emergenza siccità colpisce maggiormente questo settore, che dal punto di vista nazionale si fa carico del 60% del consumo idrico. Data la presenza di periodi siccitosi, di abbassamento delle falde è necessario intervenire e ripensare il sistema di irrigazione dei terreni agricoli. Ad oggi nel Comune di Terracina, come nella maggior parte del territorio regionale, il sistema di irrigazione è a pioggia il quale è caratterizzato da un'efficienza compresa fra il 70 e l'80% e richiede un elevato consumo di energia data l'elevata pressione che necessita.

Per far fronte alla scarsità della risorsa idrica si deve valutare attentamente la criticità che presenta il territorio ed è necessario investire in tecnologie più efficienti nel rispetto della tutela dell'acqua. Un sistema molto efficiente (85-90%) è la micro-irrigazione, ovvero sistemi di irrigazione ad alta precisione o a goccia. L'irrigazione avviene in prossimità della pianta, vicino al suolo evitando di disperdere una parte della risorsa idrica sulla parte epigea della pianta dove evapora in breve tempo. Tale tecnologia non solo permette di concentrare l'acqua al suolo, ma di migliorare la qualità dell'informazione che viene utilizzata dall'agricoltore per identificare quanto e quando irrigare la propria proprietà in base alle esigenze. La presenza di sistemi di monitoraggio e la modalità di irrigazione implementate in tale tecnologia permettono

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 97 di 104

di modificare completamente il sistema di irrigazione tradizionale, convertendolo in un sistema più efficiente, all'avanguardia nel rispetto della tutela della risorsa idrica. Al fine di incentivare la conversione dal sistema a pioggia a quello a goccia l'Amministrazione Pubblica e/o il gestore della risorsa idrica potrebbero prevedere dei vantaggi, come la riduzione della tariffa, per chi investe in queste nuove tecnologie.

Oltre a questi sistemi innovativi di irrigazione un'altra azione di adattamento che mira a preservare la risorsa idrica consiste nel riutilizzo delle acque piovane. Come dimostrato dall'analisi climatica, i cambiamenti climatici indurranno precipitazioni sempre più rare e più violente; da qui nasce la necessità di stoccare l'acqua durante le precipitazioni intense per un duplice scopo, laminare il deflusso superficiale e stoccare l'acqua per riutilizzarla in un secondo momento. In questo modo viene sfruttata una risorsa sempre più preziosa e rara a costo zero nell'ottica di una gestione ottimale dell'acqua. A tale scopo esistono numerose tecnologie di stoccaggio dell'acqua piovana, ma tutte sono caratterizzate da una vasca di raccolta o serbatoio che deve essere dimensionato nell'ottica sia di una possibilità di recupero della risorsa sia dalla necessità di recupero, ovvero della quantità di acqua disponibile e della quantità necessaria all'irrigazione. Questo sistema è molto utilizzato in ambito agricolo dove il reperimento della risorsa idrica è fondamentale e sempre più complesso. Le vasche di accumulo sono dotate di un sistema di filtraggio e permettono quindi di captare l'acqua quando è in eccesso e riutilizzarla quanto non è presente per una gestione ottimale, nel rispetto della tutela della risorsa idrica.

Questi sistemi di accumulo e riutilizzo dell'acqua piovana sono incentivati dalla Legge di Bilancio 2018, che prevede una detrazione fiscale del 65% per questa tipologia di impianti.

Nel Comune di Terracina il consumo idrico a scopo agricolo è rilevante e il problema della siccità può creare ingenti danni dal punto di vista economico e ambientale. È auspicabile che questi sistemi di recupero vengano installati in tutto il suolo agricolo. A tale scopo, l'Amministrazione Pubblica dal canto suo potrebbe introdurre l'obbligo di installazione delle vasche di raccolta per i proprietari di serre e agricoltori in modo da sfruttare la risorsa idrica e prevenire possibili conseguenze disastrose in mancanza di questa.

6.5 AZIONI IN MATERIA URBANISTICA

6.5.1 Strumenti per l'edilizia esistenti

Nei paragrafi precedenti si sono descritte una serie di azioni atte ad adattarsi alle criticità, evidenziate dall'analisi climatica, che il Comune di Terracina può intraprendere. Tuttavia, le sole azioni ad edifici e suolo pubblici non sono sufficienti a garantire dei buoni risultati in termini di riduzione della temperatura nei

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 98 di 104

centri urbanizzati. Nasce l'esigenza di coinvolgere i cittadini promuovendo investimenti per contribuire all'aumento della resilienza urbana. A tale scopo leggi regionali e regolamenti sono degli ottimi strumenti di governo del territorio per indirizzare la progettazione verso l'edilizia sostenibile.

Nella Legge Regionale n.7 del 18 luglio 2017 "Disposizioni per la rigenerazione urbana e per il recupero edilizio" mira ad incentivare la razionalizzazione del patrimonio edilizio esistente, promuovere la riqualificazione di aree urbane degradate e di tessuti edilizi disorganici o incompiuti e riqualificare edifici a destinazione residenziale e non residenziale mediante interventi di demolizione e ricostruzione, adeguamento sismico e efficientamento energetico. Le norme proposte riconsegnano ai Comuni un ruolo centrale nel governo e nella progettazione della rigenerazione urbana e della riqualificazione del tessuto edilizio esistente. L'articolo 1 in particolare riporta:

"La presente legge, in attuazione dell'articolo 5, comma 9, del decreto-legge 13 maggio 2011, n. 70 (Semestre Europeo - Prime disposizioni urgenti per l'economia), convertito, con modifiche, dalla legge 12 luglio 2011, n. 106 e dell'articolo 2 bis del decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia), detta disposizioni finalizzate a:

- a) promuovere, incentivare e realizzare, al fine di migliorare la qualità della vita dei cittadini, la rigenerazione urbana intesa in senso ampio e integrato comprendente, quindi, aspetti sociali, economici, urbanistici ed edilizi, anche per promuovere o rilanciare territori soggetti a situazioni di disagio o degrado sociali ed economici, favorendo forme di cohousing per la condivisione di spazi ed attività;*
- b) incentivare la razionalizzazione del patrimonio edilizio esistente, favorire il recupero delle periferie, accompagnare i fenomeni legati alla diffusione di piccole attività commerciali, anche dedicate alla vendita dei prodotti provenienti dalla filiera corta, promuovere e agevolare la riqualificazione delle aree urbane degradate e delle aree produttive, limitatamente a quanto previsto dall'articolo 4, con presenza di funzioni eterogenee e tessuti edilizi disorganici o incompiuti nonché di complessi edilizi e di edifici in stato di degrado o di abbandono o dismessi o inutilizzati o in via di dismissione o da rilocalizzare;*
- c) qualificare la città esistente, limitare il consumo di suolo, aumentare le dotazioni territoriali mediante l'incremento di aree pubbliche o la realizzazione di nuove opere pubbliche ovvero il potenziamento di quelle esistenti, favorire la mobilità sostenibile, in particolare potenziando la mobilità su ferro;*

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 99 di 104

d) aumentare la sicurezza dei manufatti esistenti mediante interventi di adeguamento sismico, di miglioramento sismico e di riparazione o intervento locale, tenuto conto delle norme tecniche per le costruzioni di cui al d.p.r. 380/2001 e successive modifiche e integrazioni;

e) favorire il miglioramento della qualità ambientale e architettonica dello spazio insediato, promuovendo le tecniche di bioedilizia più avanzate, assicurando più elevati livelli di efficienza energetica e lo sviluppo delle fonti rinnovabili nel rispetto della normativa vigente;

f) promuovere e tutelare l'attività agricola, il paesaggio e l'ambiente, contenere il consumo di suolo quale bene comune e risorsa non rinnovabile che esplica funzioni e produce servizi ecosistemici nonché favorire l'effettivo utilizzo agricolo attraverso il riuso o la riqualificazione, anche con la demolizione e la ricostruzione, di fabbricati esistenti utilizzando le tecniche ed i materiali tipici del paesaggio rurale; in tale contesto la Regione incentiva la riqualificazione del patrimonio edilizio esistente nelle aree agricole, promuovendo misure volte a disincentivare l'abbandono delle coltivazioni, a sostenere il recupero produttivo, la rigenerazione delle aree agricole dismesse od obsolete, il ricambio generazionale in agricoltura e lo sviluppo dell'imprenditorialità agricola giovanile;

g) promuovere lo sviluppo del verde urbano, l'adozione di superfici permeabili e coperture a verde pensile, la realizzazione di interventi per la regimentazione ed il recupero delle acque piovane."

Nell'art. 2 si fa riferimento a progetti di rigenerazione urbana, in particolare:

"Nelle porzioni di territorio urbanizzate di cui all'articolo 1 sono consentiti, anche attraverso il coinvolgimento di soggetti pubblici e su proposte dei privati, programmi di rigenerazione urbana costituiti da un insieme coordinato di interventi urbanistici, edilizi e socioeconomici volti, nel rispetto dei principi di sostenibilità ambientale, economica e sociale, con finalità di interesse generale e con il riuso dei materiali derivanti dalle demolizioni di opere e manufatti di edilizia civile ed infrastrutturale, a riqualificare il contesto urbano in situazione di criticità e di degrado ed a recuperare e riqualificare gli ambiti, i complessi edilizi e gli edifici dismessi o inutilizzati al fine del miglioramento delle condizioni abitative, sociali, economiche, ambientali, culturali e paesaggistiche, inclusi i programmi volti a potenziare la mobilità sostenibile, a favorire l'insediamento di attività di agricoltura urbana e al conseguimento dell'autonomia energetica basato anche sulle fonti rinnovabili".

A tale proposito il Comune di Terracina nel 2016 Il Circolo Legambiente Terracina "Pisco Montano", il Circolo Tematico Nazionale Città e Territorio di Legambiente "Città Invisibili" e Legambiente Lazio hanno proposto all'Amministrazione Comunale lo studio di un progetto pilota finalizzato alla redazione di un Piano Integrato di rigenerazione urbana del Territorio Costiero del Levante di Terracina, comprendente il sito

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 100 di 104

dell'“Ex-depuratore di Via delle Cave” e l'“Area archeologico-naturalistica di Pisco Montano” ma anche il “Parco del Montuno” e l'“Anello Ciclopedonale di Levante” e la redazione di linee guida per la rigenerazione urbana, identificando interventi-tipo e individuando criteri standard di sviluppo e gestione sostenibile che la città potrà replicare anche per altre aree, come ad esempio per l'antico “Mercato della Marina”.

6.5.2 Possibili strumenti per l'edilizia futuri

La legislazione Regionale vigente mira ad incentivare la riorganizzazione urbana, tuttavia questa sembra non essere sufficiente al fine di comportare investimenti consistenti da parte del cittadino privato in opere di adattamento al cambiamento climatico.

Pare quindi necessario modificare gli strumenti esistenti al fine di favorire, incentivare o rendere obbligatoria l'applicazione di strumenti di compensazione urbanistica.

Il comune di Bolzano, ad esempio, ha introdotto un modello “Indice RIE (Riduzione Impatto Edilizio)”, il quale non è altro che un indice numerico di qualità ambientale applicato al lotto edificiale al fine di certificare la qualità dell'intervento edilizio rispetto alla permeabilità dei suoli ed al verde. In altre parole, è il rapporto tra gli elementi che concorrono a modificare il territorio rispetto alla gestione delle acque meteoriche. Maggiore è il valore di tale indice migliore è la gestione territoriale anche dal punto di vista edificatorio in relazione ai benefici su microclima locale. L'amministrazione comunale di Bolzano, come descritto nell'art 19 bis del Regolamento Edilizio, rende obbligatoria la procedura di RIE sia per gli edifici di nuova costruzione sia a quelli soggetti ad interventi di ristrutturazione edilizia di cui alla lettera d) dell'art. 59 della L.P. 13/97. Successivamente al primo periodo di applicazione della procedura, 18 mesi, è stato effettuato un controllo dei risultati ottenuti sulle prime procedure di RIE. Per capire gli effettivi risultati della procedura sono stati ipotizzati i risultati che si sarebbero ottenuti nel caso in cui il RIE non fosse stato eseguito. Quello che è evidenziato dai risultati è un incremento del 100% delle alberature, il 50% di incremento delle superfici a verde pensile e un aumento consistente del rapporto tra superficie impermeabili e permeabili con sostanziali benefici per la riduzione della temperatura locale e la captazione dell'acqua meteorica.

Ulteriore esempio di strumento di gestione del territorio al fine di aumentare la qualità del verde, migliorare la regimazione idrica, ridurre le isole di calore e attenuare la sigillazione del suolo è l'indice BFF adottato nella città di Berlino. Questo parametro indica il rapporto tra il valore ecologico delle superfici e la superficie totale del lotto. Ad ogni tipologia di superficie viene attribuito un valore che varia da 0 (superficie sigillata in cemento) a 1 (vegetazione su suolo profondo). Anche in questo caso è di competenza

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 101 di 104

dell'amministrazione individuare un valore minimo di BFF da rispettare obbligatoriamente per ogni quartiere, sia in caso di nuova costruzione sia nel caso di ristrutturazione dell'esistente.

A fronte di tali risultati è auspicabile intervenire su gli strumenti esistenti, come il "Regolamento per la diffusione dell'edilizia sostenibile", o crearne di nuovi, introducendo se possibile l'obbligatorietà nel rispetto di limiti di edilizia sostenibile incentivati da riduzione delle concessioni o aumenti volumetrici previsti per la realizzazione o ristrutturazione dell'edificio.

Per quanto riguarda la tutela della risorsa idrica in campo agricolo, a fronte di criticità che possono emergere nei periodi di siccità, si potrebbe introdurre l'obbligo di installazione di vasche di accumulo e recupero dell'acqua piovana allo scopo di stoccarla durante gli eventi di precipitazione e utilizzarla successivamente. Inoltre, per migliorare la gestione della risorsa idrica si potrebbero prevedere dei bonus per gli agricoltori che investono nella trasformazione del sistema a pioggia tradizionale in un sistema a goccia molto più efficiente in termini di risparmio della risorsa idrica.

6.6 ECOSISTEMI E BIODIVERSITÀ

I cambiamenti climatici hanno effetti diretti ed indiretti sui processi biologici alterando la fisiologia, il comportamento, il ciclo vitale e la distribuzione geografica delle specie.

Una conseguenza dei cambiamenti climatici è la presenza, sempre più spinta, di specie artropodi vettori di malattie all'uomo come la zanzara tigre e altre specie tropicali come la cimice asiatica che possono creare problemi all'habitat esistente e danni ingenti alle agricolture del territorio.

La zanzara tigre, è una specie di origine asiatica che negli ultimi anni ha subito una progressiva e rapida espansione favorita anche dai cambiamenti climatici, che grazie all'aumento delle temperature stanno favorendo il suo insediamento.

Queste nuove specie, non autoctone, costituiscono dal punto di vista sanitario vettori per la diffusione di malattie. La zanzara tigre è ritenuta vettore dei virus della Dengue, Chikungunya e Zika. Oltre alle potenzialità come vettori di patogeni queste zanzare sono causa di problemi legato ad attività ectoparassitaria. Le vittime a seguito di continue punture sono costrette a interrompere le attività svolte all'aperto per richiudersi in luoghi chiusi. La presenza di queste specie, la cui espansione è favorita dai cambiamenti climatici è causa di emergenze sanitarie, in quanto l'elevato numero di punture prese in breve tempo può dare origine a risposte allergiche localizzate soprattutto nelle persone più sensibili come bambini e anziani.

Al fine di contrastare l'espansione della zanzara tigre i cittadini, grazie a campagne di informazione e sensibilizzazione dal parte del Comune, con delle semplici e utili buone pratiche quali:

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 102 di 104

1. tenere pulite le caditoie e griglie, coprirle con rete a maglia fine o inserire regolarmente un prodotto antilarvare;
2. coprire con un coperchio o una rete a maglia fine tutti i tipi di contenitori all'interno dei quali si può accumulare dell'acqua, come secchi, bisoni, vasche, piscinette, ecc..;
3. vuotare settimanalmente sul terreno o capovolgere se inutilizzati, annaffiatori, vasi e sottovasi;
4. se non è possibile svuotare l'acqua di piccoli contenitori, come i sottovasi, introdurre fili di rame da cambiare frequentemente o un prodotto antilarvare;
5. favorire la lotta integrata dei predatori naturali come pesci ornamentali e nelle vasche dei giardini purché queste non abbiano scarico libero;
6. non abbandonare né accumulare all'esterno oggetti che potrebbero diventare piccole raccolte di acqua stagnante come bottiglie, lattine, bicchieri, tappi, ecc...

Inoltre è necessario che il Comune si prenda carico di azioni di disinfestazione e prevenzione della zanzara tigre nei parchi e luoghi pubblici, in modo da garantire la fruibilità di questi luoghi anche nella stagione di maggiore presenza di tale specie.

Solo grazie alla continua azione di monitoraggio e disinfestazione da parte dell'Amministrazione pubblica e al continuo impegno del cittadino privato si può auspicare ad una riduzione o ad una limitazione nell'espansione delle zanzara che potrebbe rafforzare la propria presenza grazie all'azione dei cambiamenti climatici.

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 103 di 104

7 CONCLUSIONI

Il Comune di Terracina, come tutto il territorio regionale, sta già vivendo alcuni degli effetti indotti dal cambiamento climatico, come alterazione degli ecosistemi, anticipo della stagione vegetativa ed effetti sulla salute umana. L'analisi climatica conferma l'incremento delle temperature (medie, massime e minime) negli ultimi 60 anni, il fenomeno delle isole di calore che è quadruplicato rispetto al periodo climatologico di riferimento (1957-1986). Anche il regime pluviometrico ha registrato delle modifiche importanti, sottolineando una riduzione della precipitazione totale, con evidenti problematiche legate alla siccità, ma un incremento degli eventi estremi e di forte intensità caratterizzati da tempi di ritorno elevati.

Le previsioni per gli anni futuri non sono confortanti, infatti secondo differenti studi si prevede che le temperature continueranno a salire e così le isole di calore, aumenteranno le problematiche relative al reperimento della risorsa idrica e si avrà un maggiore rischio idrogeologico.

Questo documento denominato "Piano di Adattamento" ha lo scopo di indicare quali azioni il governo del territorio intende intraprendere al fine di adattarsi agli effetti e alle criticità emerse dall'analisi climatica e indotte dal cambiamento climato. Uno degli aspetti fondamentali è quello di incrementare la resilienza urbana, in modo da garantire uno stile di vita adatto anche il presenza di un clima che cambia.

Il primo aspetto considerato è stato l'aumento del fenomeno delle isole di calore che può avere innumerevoli effetti negativi sull'ambiente e sulla salute umana. Al fine di contrastare tale fenomeno è necessario investire in nuove tecnologie e strumenti di pianificazione come le Green Infrastructures (tetti e pareti verdi), incrementare le aree verdi come parchi e creare strade multifunzionali dove la presenza di alberi riesce a garantire l'abbassamento delle temperature e incentivare la mobilità sostenibile anche durante le giornate estive. L'azione mitigatrice che offre naturalmente la vegetazione può essere ottenuta anche artificialmente, mediante l'utilizzo di materiali freschi ed innovativi da utilizzare nell'edilizia, nonché sistemi di nebulizzazione.

L'altro aspetto fondamentale è legato al rischio idrologico e idrogeologico. Come evidenziato dall'analisi climatica gli eventi estremi, ovvero quelli caratterizzati da tempi di ritorno maggiori, si stanno verificando sempre più frequentemente. Questi oltre ad aumentare il rischio idrogeologico legato all'esondazione dei canali, hanno forti impatti sulla rete di captazione urbana delle acque meteoriche. Il fenomeno delle "bombe d'acqua" sta diventando sempre più spesso fonte di grandi danni economici come allagamento di strade e cantine. È necessario quindi intervenire con azioni che mirano a ridurre il deflusso superficiale e ad alleviare il carico a cui la rete di drenaggio è sottoposta. A tale scopo il settore del comparto pubblico può agire mediante la creazione di nuovi spazi permeabili attraverso azioni di riqualificazione urbana di aree

	PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE ED IL CLIMA (PAESC) - PIANO DI ADATTAMENTO - del comune di Terracina	Partner tecnico 	
Comune di Terracina		Data: 2019	Pagina 104 di 104

dismesse e/o abbandonate, inoltre la realizzazione dei giardini della pioggia (rain gardens) può contribuire alla riduzione del run-off oltre che a migliorare l'aspetto estetico della città.

Un ulteriore aspetto di criticità analizzato è legato al reperimento della risorsa idrica. La riduzione della precipitazione infatti, può creare problemi nell'approvvigionamento dell'acqua per differenti usi, innescando fenomeni di competizione tra i settori. L'azione combinata di sensibilizzazione della popolazione al fine di ridurre gli sprechi e sistemi di raccolta dell'acqua piovana ad uso privato per un possibile riutilizzo sono due azioni fondamentali che possono contribuire alla riduzione delle criticità nel reperimento della risorsa. Anche il settore agricolo può essere in condizioni di criticità nei periodi siccitosi, per questo motivo si prevede l'incentivazione alla conversione del sistema di irrigazione tradizionale in sistemi più innovativi ed efficienti. Inoltre si potrebbe prevedere l'introduzione dell'obbligatorietà per gli agricoltori di riutilizzo dell'acqua meteorica accumulandola in cisterne per un riuso in condizioni di necessità.