



Environment, Archaeology and  
Biodiversity  
**Engineering & Construction**

GRE CODE

**GRE.EEC.K.26.IT.W.15235.05.004.00**

PAGE

1 di/of 28

**TITLE:**

**AVAILABLE LANGUAGE:** IT

**IMPIANTO EOLICO "ACQUAVIVA COLLECROCE"**  
**Comuni di Acquaviva Collecroce (CB), San Felice del Molise (CB), Castelmauro (CB), Palata (CB), Tavenna (CB) e Montecilfone (CB)**

Climate Change Risk Assessment

Il Tecnico  
Ing. Leonardo Sblendido

File: **GRE.EEC.K.26.IT.W.15235.05.004.00** Climate Change Risk Assessment

<b>00</b>	<b>21/10/2021</b>	<b>EMISSIONE PER ITER AUTORIZZATIVO</b>	<b>T. Fassi</b>	<b>T. Fassi</b>	<b>L. Sblendido</b>
<b>REV.</b>	<b>DATE</b>	<b>DESCRIPTION</b>	<b>PREPARED</b>	<b>VERIFIED</b>	<b>APPROVED</b>
<b>GRE VALIDATION</b>					
<b>COLLABORATORS</b>		<b>Thomas Fassi</b>	<b>Luciano Iacofano</b>		
		<b>VERIFIED BY</b>	<b>VALIDATED BY</b>		
<b>PROJECT / PLANT</b>		<b>GRE CODE</b>			
ACQUAVIVA COLLECROCE EO		<b>GROUP</b>	<b>FUNCION</b>	<b>TYPE</b>	<b>ISSUER</b>
		<b>GRE</b>	<b>EEC</b>	<b>K</b>	<b>2 6 I T W</b>
					<b>1 5 2 3 5 0 5 0 0 4 0 0</b>
<b>CLASSIFICATION</b>			<b>UTILIZATION SCOPE</b>		
<p><i>This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.</i></p>					

## Indice

1. Caratterizzazione Meteo-climatica dell'area di studio .....	3
Classificazione climatica .....	3
Descrizione delle variabili climatiche .....	5
Temperatura.....	5
Precipitazioni.....	6
2. Identificazione degli hazard climatici.....	7
Analisi degli scenari .....	10
Identificazione degli impatti dovuti agli hazard climatici.....	14
Identificazione elementi vulnerabili ricavati dalla caratterizzazione di tutti i fattori ambientali .....	19
Analisi attività di adattamento locali .....	22
3. Identificazione delle interazioni tra l'opera e i cambiamenti climatici.....	23
Rischi climatici a cui l'opera può essere vulnerabile.....	23
Cumulo, innesco o contributo agli effetti dei cambiamenti climatici .....	24
4. Definizione delle misure di adattamento .....	24
5. Monitoraggio .....	27
6. Bibliografia .....	28

## 1 Caratterizzazione Meteo-climatica dell'area di studio.

Il territorio molisano è interessato prevalentemente da montagne (56%) che, spostandosi da ovest verso est in direzione del mare, lasciano spazio a pendii collinari fino ad arrivare alle limitate aree pianeggianti costiere del Mare Adriatico. Nonostante la ridotta dimensione del territorio (4.438 km<sup>2</sup>), la regione presenta un'elevata variabilità climatica, dovuta principalmente all'irregolare morfologia dei rilievi.

Saranno in seguito analizzate le principali variabili climatiche di interesse facendo riferimento ai risultati dello studio *La classificazione climatica della regione Molise* (Aucelli et. Al., 2007).

### 1.1 Classificazione climatica

La classificazione climatica dell'area sarà effettuata a partire dalla suddivisione operata da Koppen (1936) e adattata da Pinna (1970) per le caratteristiche della penisola italiana. Le variabili su cui la classificazione si basa sono i valori e la distribuzione di temperatura e precipitazioni. Su scala regionale, il Molise rientra completamente nella categoria "C", che

caratterizza i climi temperati caldi.

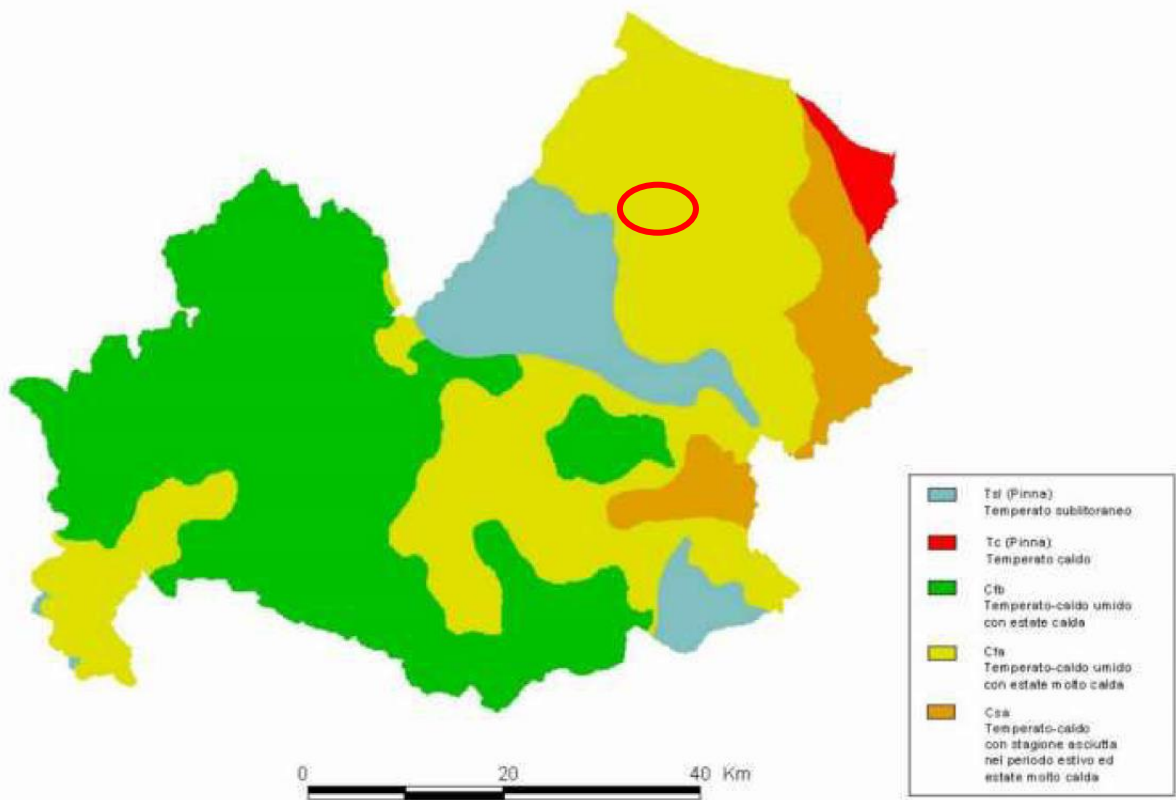


Figura 1. Classificazione climatica del Molise secondo Koppen (1936) e Pinna (1970). In rosso è inquadrata l'area di progetto.

Secondo la classificazione di Koppen, l'area vasta di progetto ricade nella sottocategoria "Cfa", risultando caratterizzata da un clima temperato-caldo umido con un'estate molto calda: le precipitazioni medie mensili, seppur con una diminuzione durante il periodo estivo, non scendono sotto i 30 mm/mese; le temperature, invece, risultano particolarmente elevate in estate, arrivando a raggiungere valori medi mensili anche superiori ai 28 gradi. Osservando la Figura 1, si può notare che l'area vasta rientra parzialmente all'interno della zona climatica identificata da Pinna come *temperata sublitoranea (tls)*, che caratterizza la fascia sub-appenninica litoranea dalle Marche alla Puglia.

	Temperto sublitoraneo (Tsl)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. T media annua tra 10 °C e 14,4 °C</li> <li>2. T media mese più freddo tra 4 °C e 5,9 °C</li> <li>3. Tre mesi con T media <math>\geq 20</math> °C</li> <li>4. Escursione media annua tra 16 °C e 19 °C</li> </ol>
--	-----------------------------	--

Figura 2. Caratteristiche del clima temperato sublitoraneo così come identificato da Pinna (1970)

## 1.2 Descrizione delle variabili climatiche

L'inquadramento dell'andamento di precipitazioni e temperatura dell'area di studio è definito a partire dalle medie della località Acquaviva Collecroce, localizzata in prossimità dell'impianto e paragonabile per quota ed esposizione del versante. I dati sono ottenuti dalla ricostruzione operata dal sito web Climate-Data (<https://it.climate-data.org/>) a partire dalla griglia di dati climatici registrati dall'ente ECMWF. Le medie sono considerate nel periodo di riferimento 1999-2019.

Tabella 1. Andamento annuale delle variabili climatiche caratteristiche dell'area di studio.

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	4.9	5.3	8.4	11.8	16.1	20.7	23.2	23.2	18.6	14.8	10.5	6.2
Temperatura minima (°C)	1.2	1.2	3.9	7	11	15.2	17.7	17.9	14.1	10.7	6.9	2.6
Temperatura massima (°C)	9.1	9.7	13	16.5	20.6	25.3	28	28.3	23.1	19.2	14.5	10.2
Precipitazioni (mm)	76	64	73	77	65	51	38	38	57	68	80	83
Umidità(%)	79%	76%	74%	73%	71%	65%	61%	63%	70%	78%	79%	81%
Giorni di pioggia (g.)	7	7	8	8	7	5	4	5	6	6	7	8

### 1.2.1 Temperatura

L'andamento regionale delle temperature riflette la morfologia del territorio, presentando una diminuzione all'aumentare dell'altezza e con valori medi annuali che variano tra i 16° di Termoli e i 7° sui rilievi più elevati. Il gradiente di temperatura è negativo procedendo dalla costa verso l'interno fino a raggiungere la piana di Isernia, dalla quale si registra un incremento dei valori di temperatura in direzione sud-occidentale.

Osservando le medie annuali di temperatura riportate in Tabella 1. si nota l'andamento tipico dei climi temperati, con estati molto calde ed un inverno freddo. Le temperature estive sono influenzate dall'ingerenza in sede mediterranea dell'Anticiclone del Azzorre e Nord Africano, che comportano condizioni meteorologiche stabili e decisamente calde. In periodo invernale, non sono invece infrequenti irruzioni di correnti fredde da nord-est che provocano

bruschi abbassamenti di temperatura, raggiungendo talvolta minime di alcuni gradi sotto lo zero.

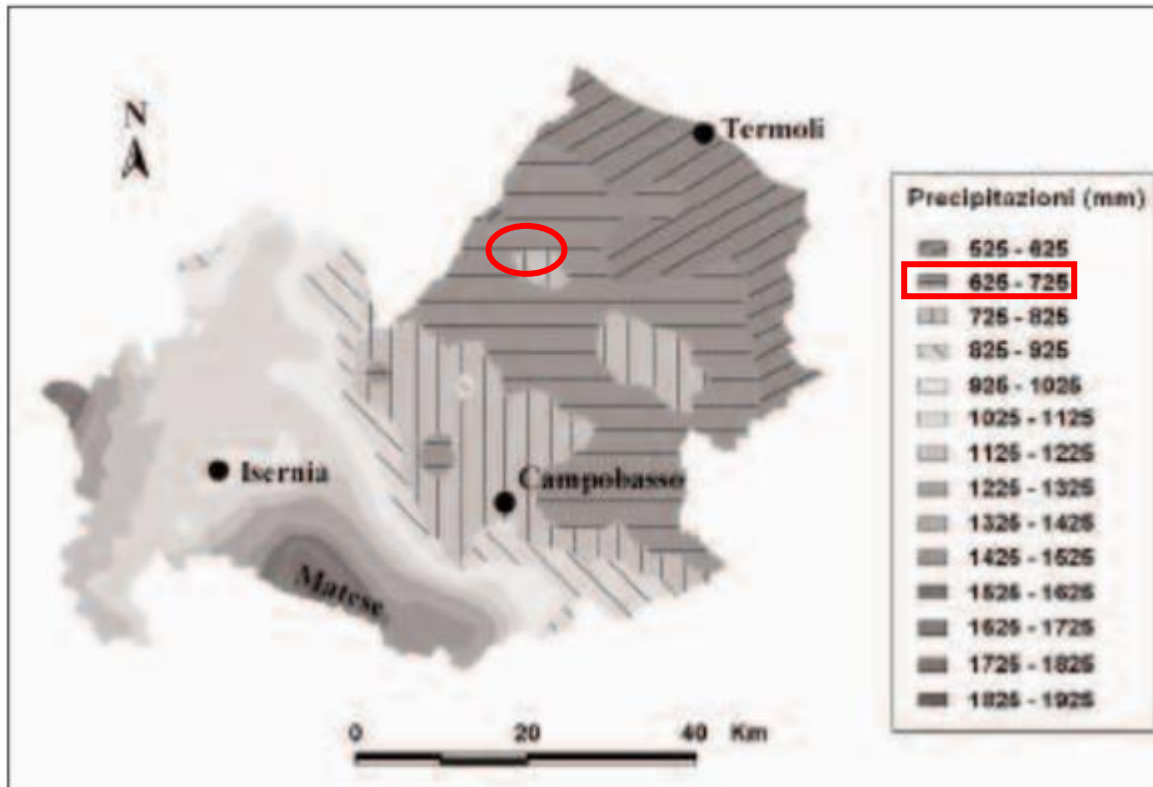


Figura 3. Precipitazioni medie annue in Molise. In rosso, l'inquadramento dell'area di studio

### 1.2.2 Precipitazioni

L'irregolare distribuzione delle precipitazioni sul territorio molisano è fortemente influenzata dalla variabilità orografica. Il principale elemento di variabilità è l'altitudine, per cui si registra un sostanziale aumento precipitativo direttamente proporzionale all'innalzamento della quota. Fattori locali che concorrono a caratterizzare il regime precipitativo regionale sono l'esposizione alle correnti atmosferiche, la vicinanza ai Monti del Matese e la posizione sottovento o sopravvento rispetto a questi, la distanza dalla costa. A riguardo è fondamentale il ruolo giocato dal massiccio del Matese che, disposto in direzione NO-SE, intercetta le correnti umide provenienti da est e da ovest; da ciò conseguono valori di precipitazione elevati a quote pedemontane.

La Figura 3 mostra la distribuzione spaziale delle precipitazioni sul territorio molisano, che presenta un aumento degli accumuli procedendo dalla costa verso l'interno.

I valori minimi di precipitazione si registrano lungo la fascia costiera e nell'area pedemontana direttamente a ridosso della stessa. Tale area piovosa non procede linearmente verso l'interno, ma tende a presentare accumuli minori in corrispondenza dei sistemi vallivi formati dai fiumi Trigno, Biferno e Fortore.

L'area di studio si localizza sul confine tra la suddetta area pedemontana a bassa piovosità e un massimo precipitativo locale collocato sulla sponda sinistra del fiume Biferno e centrato su Castelmauro. Tale discontinuità, che rende le precipitazioni del territorio quantitativamente simili a quelle delle regioni più interne, è giustificata dall'aumento di quota rispetto alle aree basso-collinari circostanti. Tali discontinuità si configurano come il primo ostacolo alle correnti adriatiche, che scaricano in questa zona parte della loro umidità.

L'andamento annuale delle precipitazioni dell'area di studio mostra una distribuzione sostanzialmente omogenea per gran parte dell'anno, con una media mensile attorno ai 70 mm/mese; fa eccezione il periodo estivo che, nei mesi di luglio e agosto in particolare, presenta un calo dei fenomeni precipitativi dovuto alla maggiore ingerenza degli anticicloni tropicali nel bacino Mediterraneo. In questo intervallo temporale le precipitazioni presentano carattere prevalentemente convettivo risultante dai contrasti termici tipici del periodo estivo.

## 2 Identificazione degli hazard climatici

L'identificazione degli hazard climatici di riferimento per il presente analisi è basata sulla consultazione di due fonti principali: il *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici* (MATTM, 2018), attualmente in fase di VAS e il report *Analisi del rischio. I cambiamenti climatici in Italia* (CMCC, 2020). Il *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC)* recependo il quadro conoscitivo e di indirizzo della Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNACC), ha lo scopo di delineare il quadro di riferimento in materia di adattamento a livello nazionale. L'obiettivo che il report del CMCC si pone è invece quello di evidenziare gli scenari di cambiamento climatico attesi per l'Italia e i rischi principali che potrebbero verificarsi in corrispondenza di diversi possibili livelli di riscaldamento globale.

Gli eventi acuti (o *hazard*) possono essere considerati come indicatori di processi potenzialmente pericolosi, quali ad esempio alluvioni, frane, siccità, ondate di calore e incendi, dovuti al verificarsi di eventi meteorologici intensi. La valutazione della variazione in frequenza, intensità e persistenza degli estremi climatici è generalmente effettuata attraverso il calcolo di specifici indici ed indicatori che tengono conto delle principali variabili atmosferiche, in grado di supportare la valutazione della pericolosità climatica in una specifica area. È possibile definire un set di indici climatici che possono essere calcolati attraverso l'utilizzo di dati di temperatura e precipitazione.

All'interno del processo di definizione delle macroregioni climatiche italiane, il PNACC ha selezionato gli indicatori rappresentativi del clima della penisola. Alcuni di questi indicatori sono stati inclusi nel presente studio (Tmean, CDD, Frost days); ad essi si aggiungono quelli utilizzati da ENEL per analisi analoghe su altri asset di sua proprietà (Pr<95perc, WSDI, Pr>95perc).

Gli indicatori sono descritti nel seguente modo:

Temperatura media annuale - Tmean: media annuale della temperatura media giornaliera;

Chronic precipitation – Somma della precipitazione totale annuale quando la precipitazione giornaliera è < 95° percentile

Frost days: Media annuale del numero di giorni con temperatura minima al di sotto dei 0°

Warm spell Duration Index – WSDI: Sommatoria dei giorni in un anno con almeno sei giorni consecutivi aventi Tmax > 90° percentile

Precipitazioni intense – Pr>95p: Somma della precipitazione totale annuale quando la precipitazione giornaliera > 95° percentile

Consecutive dry days – CDD: Media annuale del massimo numero di giorni consecutivi con pioggia inferiore a 1 mm/giorno

Il dataset utilizzato per condurre tale analisi comprende dati di temperatura e precipitazione giornalieri da tre diversi modelli, selezionati come rappresentativi dell'ensemble di modelli climatici attualmente presenti in letteratura. Questi sono stati forniti dal dipartimento di Scienze della Terra dell'*International Centre for Theoretical Physics* (ICTP) di Trieste e sono caratterizzati da una risoluzione spaziale di 0.5° x 0.5° e granularità giornaliera nell'intervallo



temporale 2030-2050 per gli scenari e 1990-2017 per lo storico. La rappresentazione dell'andamento degli indicatori a scala nazionale calcolati sulla base delle serie storiche elaborate dal modello è mostrata in Figura 4, in cui l'area di progetto è identificata con un ovale.

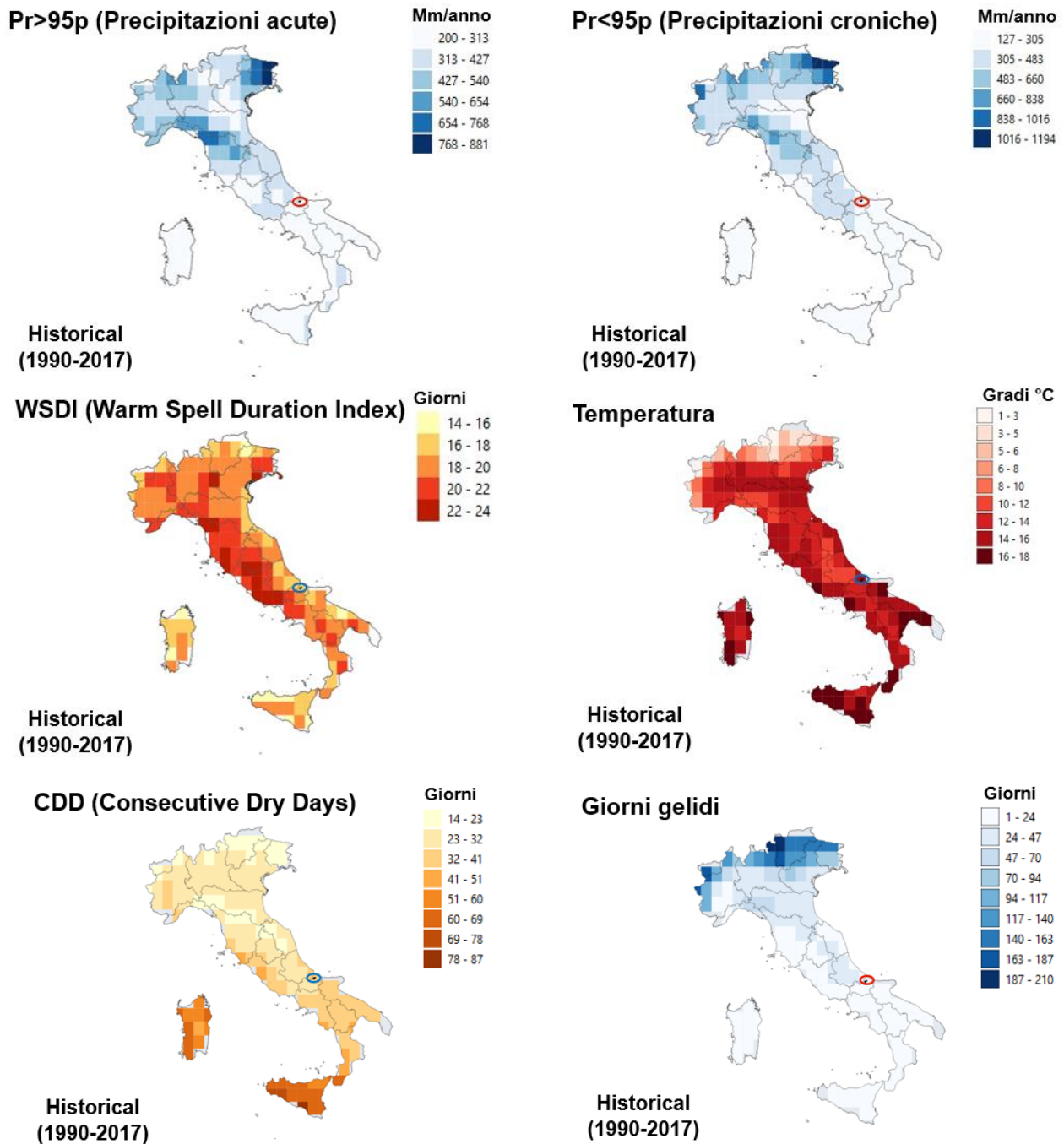


Figura 4. Rappresentazione della media storica degli indicatori di fenomeni climatici in Italia nel periodo 1990 - 2017.

Osservando Figura 4, si può notare che l'area di progetto rientra effettivamente tra le regioni italiane che presentano minori precipitazioni (gli indicatori R95p e Pr<95p presentano valori minimi), confermando quanto rilevato dalle analisi nel capitolo precedente. Il valore di CDD si attesta tra i 32 e 41 giorni annuali, che corrisponde ad una media di più di un mese consecutivo all'anno senza precipitazioni. Il valore risulta in linea con i valori delle coste dei litorali dell'Italia peninsulare centro-meridionale. Sotto la media italiana risulta invece il WSDI, indicando che le ondate di calore prolungate non sono particolarmente significative nell'area di studio. Infine, osservando l'indicatore Giorni Gelidi si può notare che la fascia pedemontana molisana non è stata caratterizzata negli ultimi trent'anni da inverni particolarmente freddi.

### 3 Analisi degli scenari

Per prevedere il cambiamento del clima sono utilizzate proiezioni modellistiche che si basano sul presupposto che le condizioni climatiche future siano legate alla variazione in atmosfera delle concentrazioni di gas climalteranti. I modelli che simulano le variabili climatiche sono quindi sensibili agli scenari di emissione di gas serra, che dipendono dalle politiche di mitigazione adottate dai singoli stati. *L'Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) è responsabile per la definizione di tali scenari a scala globale, divulgati attraverso la pubblicazione di Rapporti. Nell'Agosto del 2021 è stata pubblicata la prima parte del Sesto Rapporto di Valutazione sui Cambiamenti Climatici (AR6), che descrive cause e conseguenze dei cambiamenti climatici da un punto di vista fisico. Dal rapporto emerge che è scientificamente inequivocabile la responsabilità antropica sui mutamenti del clima a cui stiamo assistendo e cui saremo soggetti negli anni a venire.

L'analisi svolta nel presente elaborato utilizza i dati cui fa riferimento l'AR5, nel quale sono identificati quattro diversi scenari rappresentativi delle concentrazioni di gas climalteranti, che vengono denominati RCP (*Representative Concentration Pathways* – Percorsi Rappresentativi di Concentrazione). Il numero associato a ciascun RCP si riferisce al Forzante Radiativo (*Radiative Forcing* - RF) espresso in unità di Watt per metro quadrato (W/m<sup>2</sup>) ed indica l'entità dei cambiamenti climatici antropogenici entro il 2100 rispetto al periodo preindustriale: ciascun RCP mostra una diversa quantità di calore addizionale immagazzinato nel sistema Terra quale risultato delle emissioni di gas serra. La proiezione

dell'andamento della temperatura fino al 2100 secondo i quattro scenari è mostrata in Figura 5. Prima di tutto, si osserva che tutti gli scenari RCP mostrati sono associati ad un probabile incremento della temperatura superiore a 1.5°C al 2100 rispetto al periodo preindustriale. Gli scenari con più alta concentrazione di gas serra (RCP6.0 e RCP8.5) prevedono che sia probabile che l'aumento di temperatura superi i 2°C a fine secolo, mentre per lo scenario a concentrazioni intermedie (RCP4.5) è più probabile che non superi tale soglia. Per lo scenario RCP 2.6, l'IPCC proietta ~+1,8°C in media rispetto al periodo 1850-1900 con una probabilità superiore al 66% di restare sotto i +2°C. Secondo l'RCP1.9, lo scenario con emissioni molto basse, è invece fortemente improbabile che la temperatura al 2100 superi la soglia dei +2°C.

### a) Global surface temperature change relative to 1850-1900

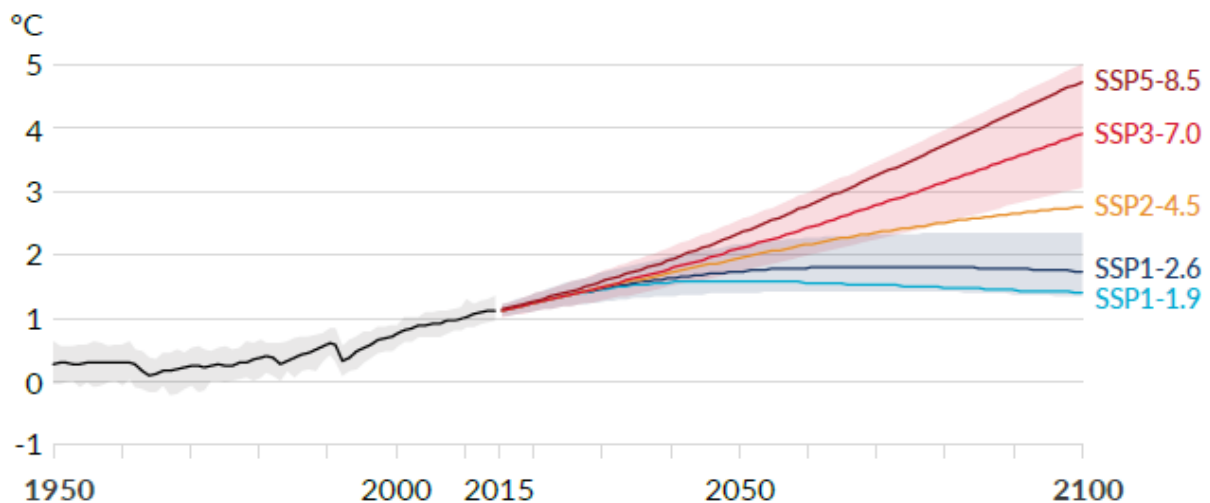
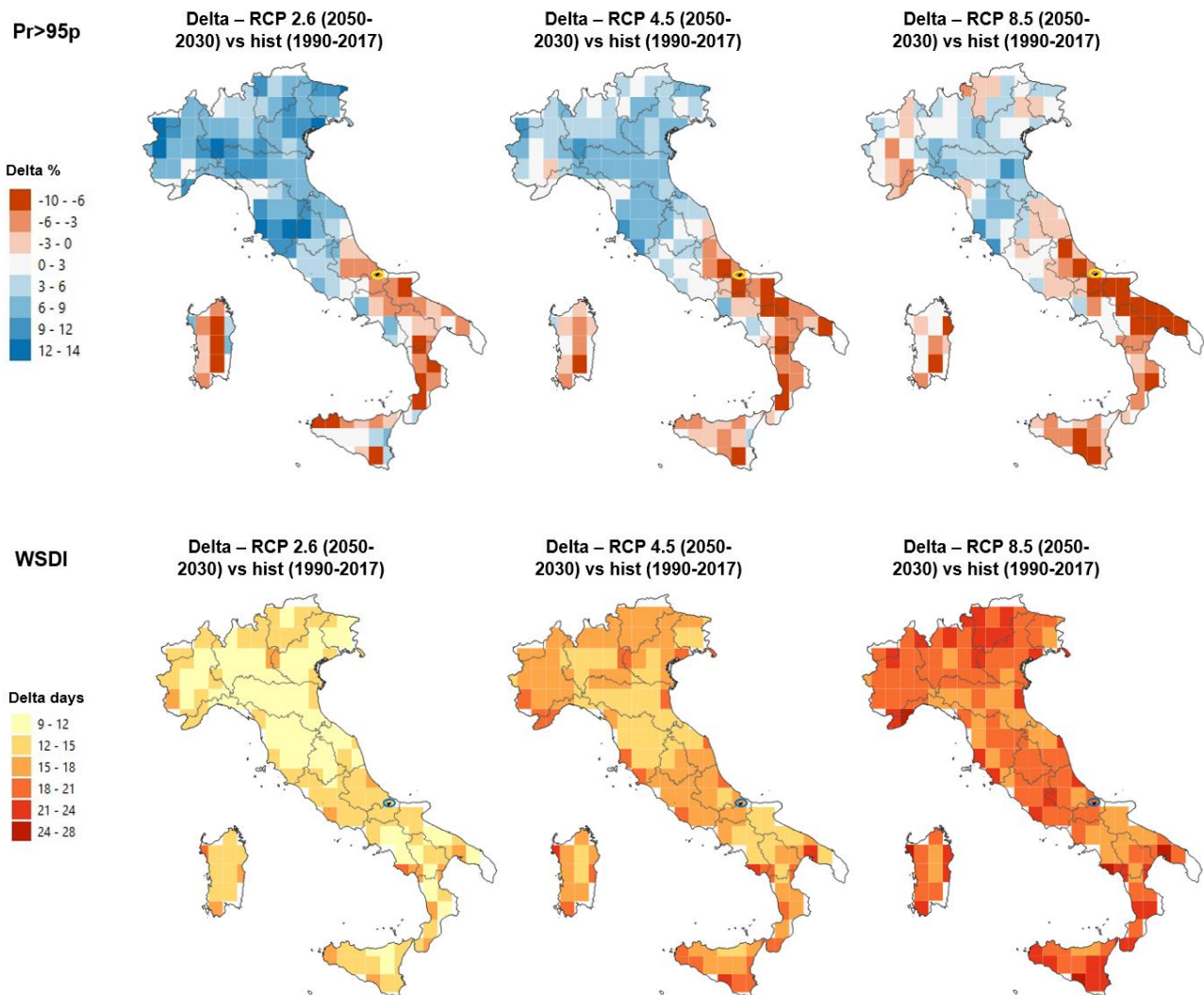


Figura 5. Andamento della temperatura globale superficiale al 2100 in relazione al periodo 1850 -1900 secondo gli scenari riportati nell'AR6 dell'IPCC (Source: IPCC AR6, 2021)

Il comportamento delle variabili climatiche a scala globale è rappresentato per mezzo di Modelli di Circolazione Globale (GCM). Questi modelli vengono alimentati da forzanti esterne che simulano gli scompensi radiativi introdotti dall'uomo e mostrano la risposta del sistema climatico globale. Dal momento che presentano una risoluzione tra i 50 e i 100 km<sup>2</sup>, non sufficiente a svolgere analisi a livello locale, essi vengono integrati da Modelli Climatici

Regionali (RCM), i quali permettono di stimare il comportamento delle variabili climatiche a scala maggiore.

Nel presente studio, l'utilizzo di modelli e dati elaborati dall'International Centre for Theoretical Physics (ICTP) ha consentito di identificare la variazione degli indicatori climatici di riferimento per il periodo di funzionamento dell'impianto eolico (2030 – 2050). L'andamento degli indicatori è stato analizzato per gli RCP 2.6, 4.5 e 8.5, allo scopo di ottenere un ventaglio di possibili traiettorie delle variabili climatologiche ed avere quindi un quadro più completo dei possibili scenari che potrebbero verificarsi. I risultati sono illustrati in Figura 6.



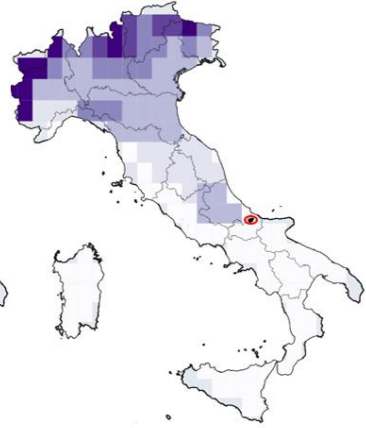
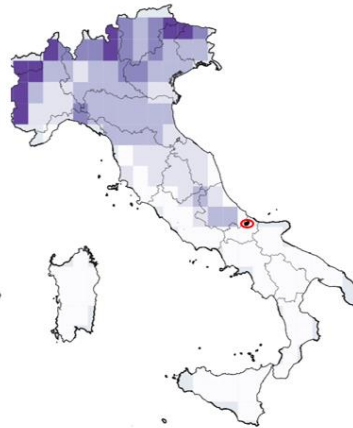
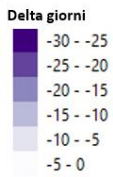


Frost days

Delta – RCP 2.6 (2050-2030) vs hist (1990-2017)

Delta – RCP 4.5 (2050-2030) vs hist (1990-2017)

Delta – RCP 8.5 (2050-2030) vs hist (1990-2017)

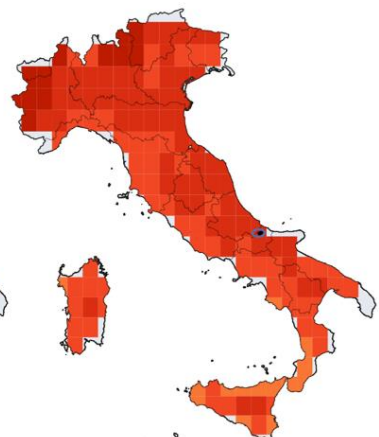
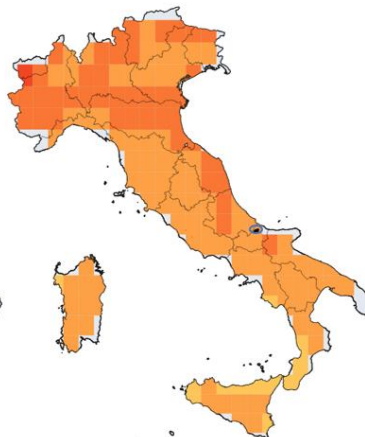
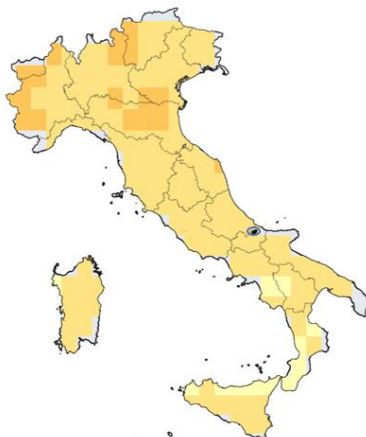
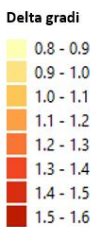


Temperatura

Delta – RCP 2.6 (2050-2030) vs hist (1990-2017)

Delta – RCP 4.5 (2050-2030) vs hist (1990-2017)

Delta – RCP 8.5 (2050-2030) vs hist (1990-2017)

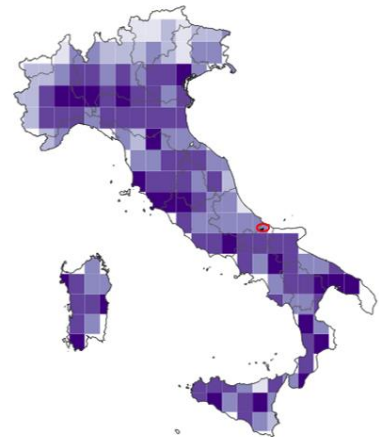
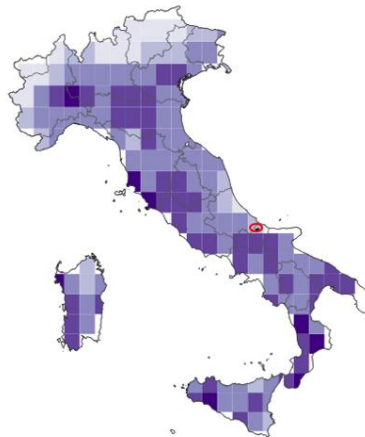
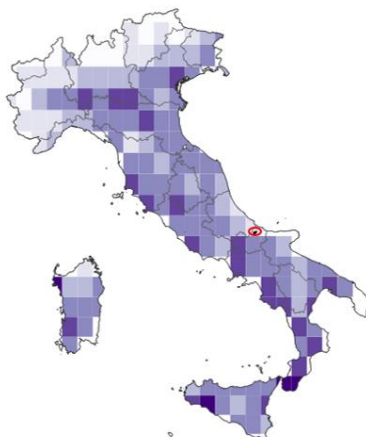
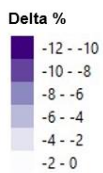


Pr<95p

Delta – RCP 2.6 (2050-2030) vs hist (1990-2017)

Delta – RCP 4.5 (2050-2030) vs hist (1990-2017)

Delta – RCP 8.5 (2050-2030) vs hist (1990-2017)



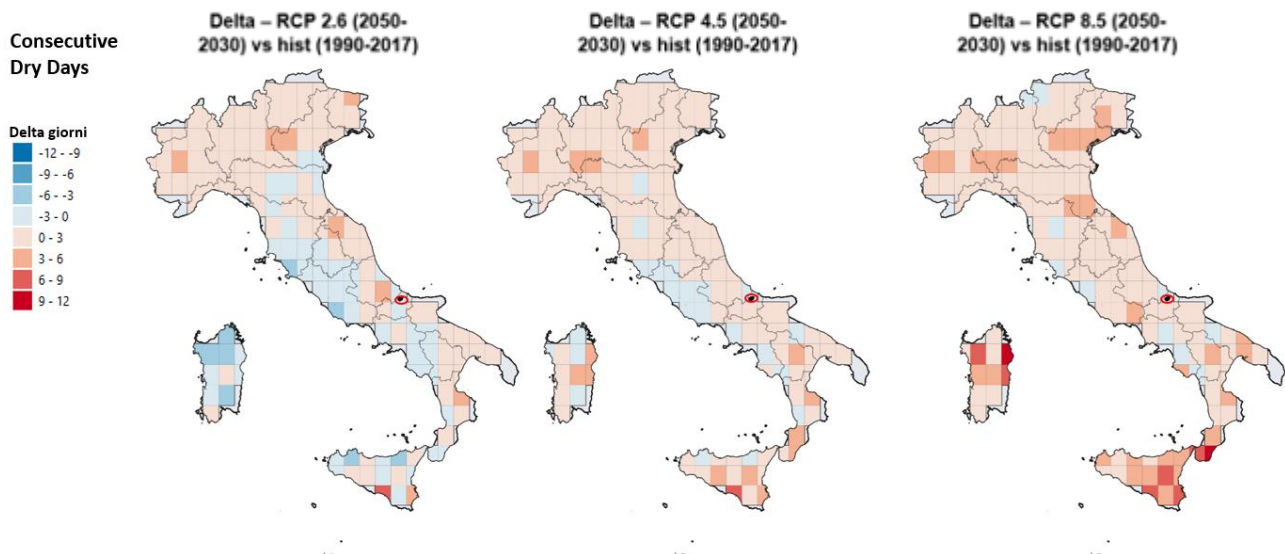


Figura 6. Andamento degli indicatori di cambiamento climatico in Italia secondo gli scenari RCP 2.6, 4.5 e 8.5 per il periodo 2021 – 2050 in relazione alla serie storica 1990 – 2017.

Il quadro climatico descritto dai sei indicatori presi in considerazione prevede innanzitutto un aumento della Temperatura media annuale che potrebbe variare tra i 0.9 e i 1.5 gradi. Si tratta dell'hazard più rilevante nell'area di progetto, soprattutto se si considera che su scala nazionale l'analisi dei dati climatici misurati dalle principali reti di osservazione ha permesso di evidenziare un incremento di oltre 1,1°C della temperatura media annua nel periodo 1981-2010 rispetto al trentennio 1971-2000. Un altro indicatore che presenta un andamento significativo è il WSDI: esso prevede, dipendendo dallo scenario, un aumento dei giorni con temperatura elevata compreso tra le due e le tre settimane, indicando che nell'area di progetto le estati saranno sempre più torride.

Per quanto riguarda il regime delle precipitazioni, l'R95p vede in tutti gli scenari una lieve diminuzione delle precipitazioni estreme, mentre le piogge croniche presentano un andamento piuttosto stazionario, fatta eccezione per lo scenario più estremo, che restituisce una diminuzione delle piogge cumulate comunque inferiore all'8%.

I giorni di freddo e i giorni consecutivi senza piogge non presentano invece segnali di discontinuità significativi.

### 3.1 Identificazione degli impatti dovuti agli hazard climatici

Sulla base dell'andamento degli hazard climatici analizzati e sulla conoscenza delle vulnerabilità dell'area di studio identificate all'interno dello studio di impatto ambientale, sono

stati identificati gli impatti che potrebbero interferire con il progetto e il territorio in cui esso si inserisce.

La ricognizione dei possibili impatti è stata effettuata a partire dall'allegato 2 al PNACC, in cui vengono illustrati e descritti gli indicatori climatici di impatto da prendere in considerazione per strutturare le misure di adattamento a livello di pianificazione nazionale e regionale. L'elenco degli indicatori del PNACC è riportato in Figura 7; all'interno dell'immagine, sono evidenziate in rosso le righe corrispondenti ai quattro indicatori ritenuti più significativi.

Pericolo	Indicatori climatici	Descrizione	Unità
Alluvioni	P2, LF	Zone di pericolosità idraulica media (P2) e le aree individuate al rischio alluvionale secondo il modello LISFLOOD (LF), tempo di ritorno 100 anni	km <sup>2</sup> , m
Allagamenti	R95p	Precipitazioni nei giorni molto piovosi, somma nell'anno delle precipitazioni giornaliere superiori al 95° percentile	mm
Inondazione costiera	SLR, SSL	Incremento della superficie costiera potenzialmente inondata in relazione alle mareggiate con tempo di ritorno di 100 anni (Storm Surge Level, SSL) e all'innalzamento del livello mare (Sea-Level Rise, SLR) calcolati per lo scenario RCP45 nel periodo 2021-2050.	m <sup>2</sup>
Frane	rx1d	Valore massimo di precipitazione in 1 giorno	mm
	WP	Precipitazione cumulata nei mesi invernali (Dicembre, Gennaio, Febbraio)	mm
Siccità	CDD	Giorni consecutivi senza pioggia, numero massimo di giorni consecutivi con precipitazione giornaliera < 1 mm	giorni
	SPI3	Indice Standardizzato di Precipitazione riferito a 3 mesi	-
	SP	Precipitazione cumulata nei mesi estivi (Giugno, Luglio, Agosto)	mm
Ondate di calore	HWM	Magnitudo dell'ondata di calore (Heatwave magnitude)	°C
Incendi	FWI	Indice di probabilità incendi per RCP45 2021-2050	-
Ondate di freddo	CWM	Ampiezza dell'ondata di freddo (Coldwave magnitude)	°C <sup>2</sup>
Sicurezza idrica	SPI12	Indice Standardizzato di Precipitazione riferito a un anno	-
	WP	Precipitazione cumulata nei mesi invernali (Dicembre, Gennaio, Febbraio)	mm
	SP	Precipitazione cumulata nei mesi estivi (Giugno, Luglio, Agosto)	mm
Erosione del	R20	Numero di giorni con precipitazione giornaliera superiore ai 20	giorni

Figura 7. Tabella degli indicatori climatici di impatto estrapolata dall'allegato 2 del PNACC (PNACC, 2018). Gli indicatori selezionati nel presente studio sono evidenziati in rosso.

Gli allagamenti e le frane sono fenomeni correlati alla geomorfologia del suolo e all'intensità dei fenomeni di precipitazione estrema: nonostante l'analisi degli hazard non evidenziasse elementi di criticità, è stato ritenuto opportuno approfondire il tema introducendo gli indicatori di rischio R95p<sup>1</sup>, rx1d e WP. In particolare, occorre sottolineare che WP (winter precipitation) ha considerato i mesi autunnali e invernali più piovosi dell'anno per l'area di studio che, come si può osservare in Tabella 1, risultano Novembre, Dicembre e Gennaio.

Il monitoraggio dell'andamento delle ondate di calore è stato considerato alla luce dei risultati mostrati dal WSDI, che rappresenta anch'esso un proxy per i periodi di caldo prolungati. In particolare, l'indicatore di impatto HWM somma i giorni in un anno caratterizzati da almeno 5 giorni con assenza di pioggia, temperatura minima maggiore del 90° percentile e almeno un giorno con la temperatura massima giornaliera superiore al 90° percentile.

L'indice di rischio incendio (FWI) è stato incluso in seguito alla consultazione del Piano Prevenzione Incendi predisposto dalla regione Molise che, approvato con D.G.R n. 920 del 14.09.2009, contiene le indicazioni per prevedere, prevenire e contrastare gli incendi boschivi. Come si evince osservando la Figura 8, l'area di progetto è soggetta ad un pericolo incendi variabile tra 3 e 5 (pericolo massimo). Risulta quindi importante monitorare l'andamento dell'indicatore per capire come potrebbe evolvere il rischio durante la fase di esercizio dell'impianto.

---

<sup>1</sup> R95p è lo stesso indicatore utilizzato per rappresentare l'andamento degli eventi di precipitazione estrema (Pr>95p)



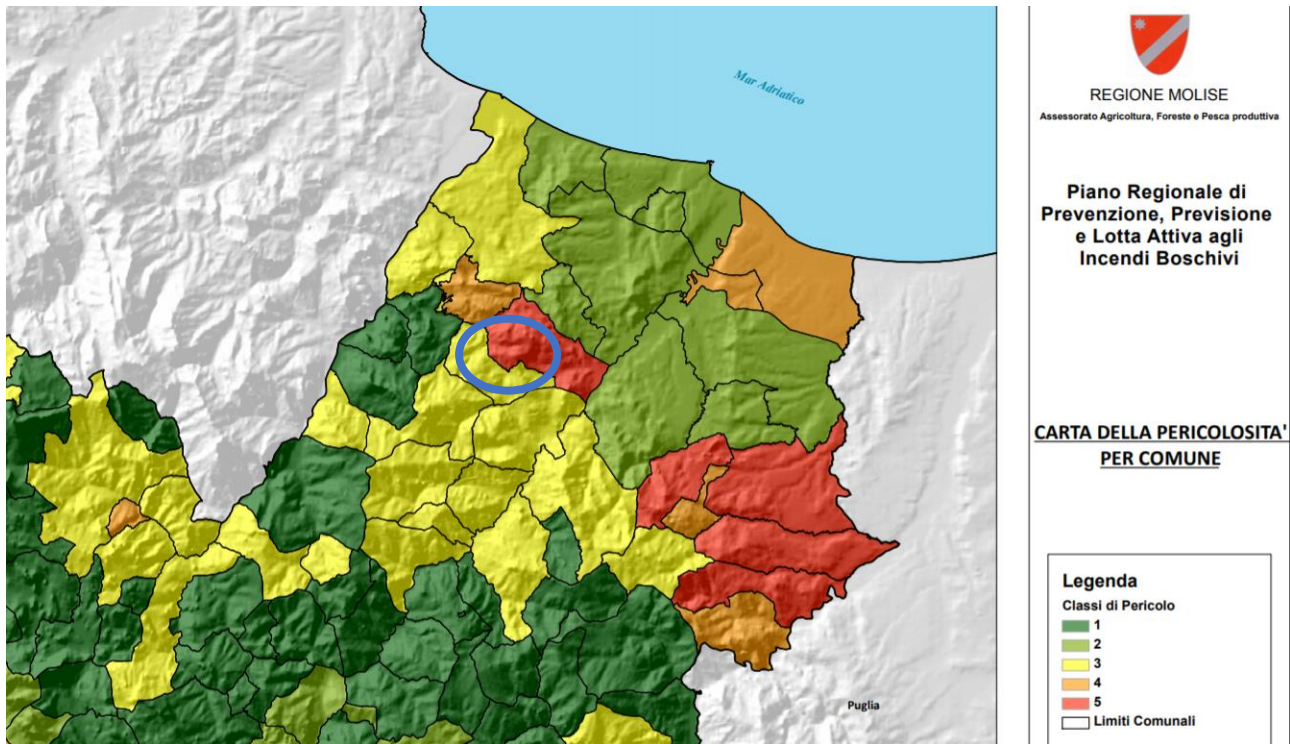


Figura 8. Carta del pericolo di incendio per comune estratta dal Piano Prevenzione Incendi della Regione Molise.



I risultati della modellizzazione per gli indicatori di hazard in relazione all'andamento storico (1990 -2017) sono illustrati in Tabella 2.

Impatto	Indicatore	Descrizione	UoM	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5	Indicatore	UoM	hist (1990-2017)
Allagamenti	<b>R95p</b>	Precipitazione totale annuale quando la precipitazione giornaliera Pr<95p	<b>delta %</b> - RCP (2050-2030) vs hist (1990-2017)	-4	-5	-5	<b>R95p</b>	mm	288
Ondate di calore	<b>HW</b>	Numero di giorni all'anno interessati da ondate di calore. Il fenomeno è identificato quando si verificano contemporaneamente: almeno 5 giorni consecutivi senza pioggia, Tmin>90 percentile e almeno un giorno con Tmax>90 percentile	<b>delta days</b> - RCP (2050-2030) vs hist (1990-2017)	7	11	15	<b>HW</b>	days	4
Incendi	<b>FWI</b>	Numero di giorni nella stagione estiva in cui FWI>45	<b>delta days</b> - RCP (2050-2030) vs hist (1990-2017)	3	3	2	<b>FWI</b>	days	15
Frane	<b>WP</b>	Precipitazione cumulata nei mesi di Novembre, Dicembre e Gennaio	<b>delta %</b> - RCP (2050-2030) vs hist (1990-2010)	-4	-4	-4	<b>WP</b>	mm	198
	<b>Prx</b>	Precipitazione massima giornaliera in un anno	<b>delta %</b> - RCP (2050-2030) vs hist (1990-2017)	12	4	-3	<b>Prx</b>	mm	45

Tabella 2. Indicatori di impatto calcolati per il periodo 2030 - 2050 e media storica.

Analizzando l'andamento degli indicatori di hazard, è possibile avanzare le seguenti considerazioni:

- Allagamenti: l'indicatore R95p mostra una lieve diminuzione degli estremi di precipitazione giornalieri, non fornendo evidenze che il fenomeno possa aggravarsi nelle prossime decadi;
- Ondate di calore: i modelli prevedono che le ondate di calore dovrebbero essere più frequenti nell'immediato futuro. In particolare, passando dallo scenario più ottimistico al più pessimistico, esse risulterebbero quasi raddoppiare secondo l'RCP 2.6 mentre arriverebbero a triplicare nello scenario RCP 8.5.
- Incendi: l'indice che misura il rischio incendio registra un aumento omogeneo tra gli scenari. Il modello prevede che nell'intervallo 2030 – 2050, nell'area di progetto si verificherebbe un rischio alto con un incremento del 20% rispetto a quanto è avvenuto nell'ultimo trentennio.
- Frane: l'intersezione degli indicatori proxy per l'innescio di fenomeni franosi non determina una variazione significativa del rischio associato a tale fenomeno. In particolare, l'indicatore WP mostra che le precipitazioni cumulate nei mesi tardo autunnali e invernali dovrebbero diminuire in modo non significativo. L'indicatore Prx mostra un incremento dei valori massimi di precipitazione giornaliera per lo scenario 2.6 e una stabilizzazione per scenari con emissioni maggiori. Accorpendo gli indicatori, non è quindi possibile distinguere una tendenza evidente per quanto riguarda i fenomeni scatenanti le frane.

### 3.2 Identificazione elementi vulnerabili ricavati dalla caratterizzazione di tutti i fattori ambientali

Nel paragrafo precedente è emerso che i principali hazards che potrebbero essere inaspriti in seguito ai cambiamenti climatici sono le ondate di calore e gli incendi. In questa sezione verrà analizzata la possibile interazione tra questi pericoli e le componenti ambientali presenti nell'area di studio. Per la descrizione dettagliata di tali componenti si rimanda al capitolo 6 dello Studio di Impatto Ambientale (GRE.EEC.K.73.IT.W.15235.05.001.00).

Uno degli elementi vulnerabili a tali pericoli nell'area di progetto è la popolazione. Le ondate di calore, infatti, incidono negativamente sulla salute e sulla qualità di vita delle persone, colpendo in particolar modo le categorie più fragili. L'attribuzione di episodi mortali legati a questi tipi di eventi è incerta, tuttavia è stato stimato che durante l'ondata di calore dell'estate del 2003 ci sia stato in Europa un eccesso di mortalità di più di 70000 unità (Robine et.al., 2008). La vulnerabilità della popolazione a tale fenomeno è incrementata dal fatto che i comuni all'interno dell'area di studio siano principalmente abitati da persone anziane che risiedono in strutture datate spesso scarsamente isolate termicamente e senza impianti di refrigerazione.

Le ondate di calore possono avere impatti negativi anche su attività economiche come l'agricoltura, in quanto aumentano lo stress idrico e termico delle coltivazioni. Inoltre, ondate di calore prolungate influiscono anche sull'efficienza dei macchinari e limitano l'attività umana nelle ore giornaliere per l'eccessivo calore. Come è possibile osservare nella cartografia relativa al Corine Land Cover in Figura 9 (per maggiori dettagli si faccia riferimento all'elaborato GRE.EEC.X.73.IT.W.15235.05.006.00), gran parte dell'area di progetto è occupata da colture intensive, estensive e seminativi agricoli, che possono quindi essere vulnerabili ad eventi di questo tipo.



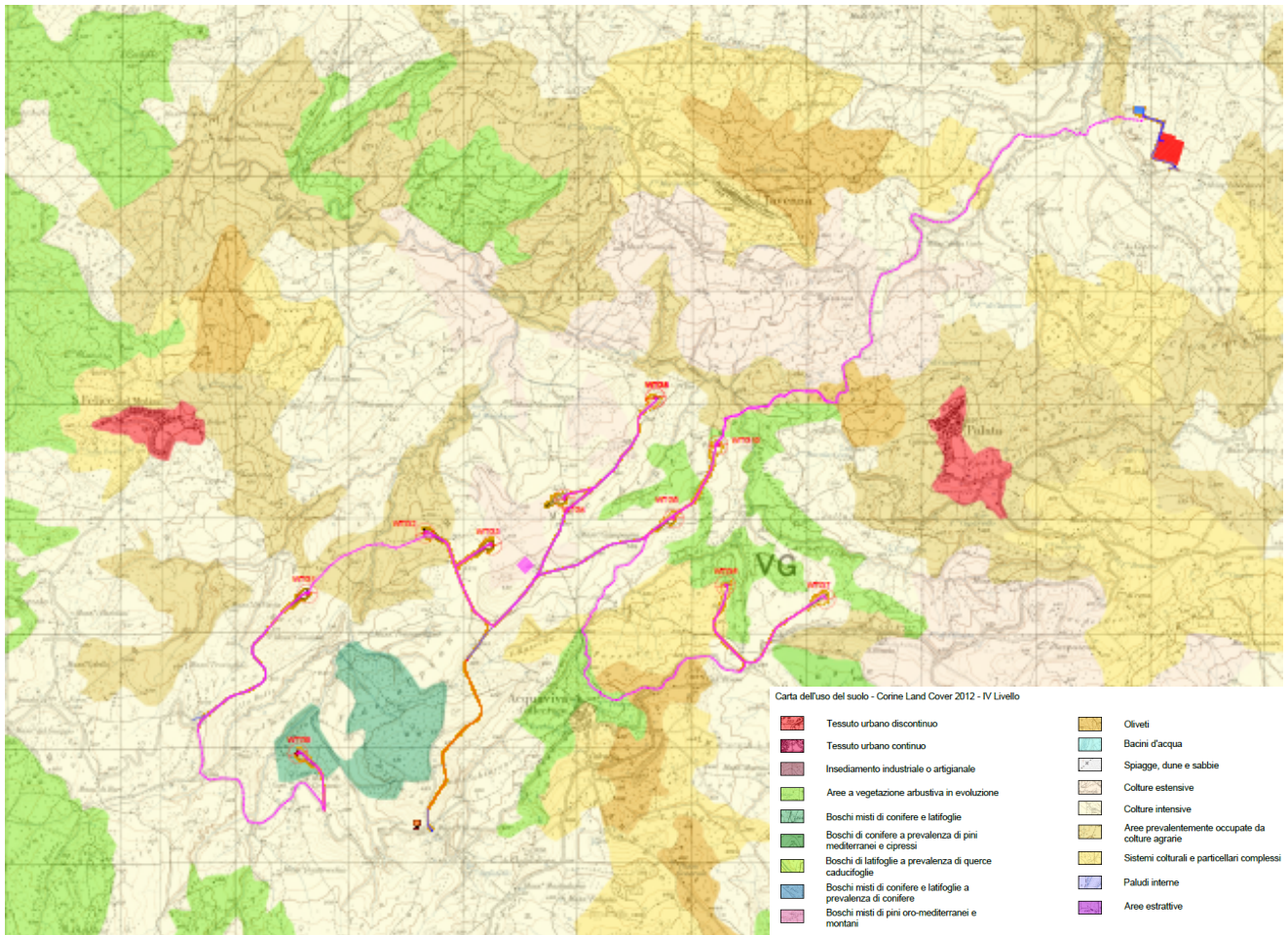


Figura 9. Usi del suolo secondo il Corine Land Cover (estratto dall'elaborato GRE.EEC.X.73.IT.W.15235.05.006)

La biodiversità è un'ulteriore componente per cui le ondate di calore rappresentano una minaccia: è probabile che fauna, flora ed ecosistemi saranno ad ondate di calore sempre più frequenti che causeranno stress idrici e termici nelle popolazioni animali e vegetali. In particolare, le specie animali più colpite sono i mammiferi e gli uccelli (McKechnie et al., 2012), i quali, quando la temperatura dell'aria supera quella corporea, possono diminuire la propria temperatura corporea solo tramite la perdita di acqua per evaporazione; quando questo meccanismo di compensazione è però prolungato nel tempo, l'animale può disidratarsi, con conseguenze anche fatali.

Durante questi eventi estremi, la flora è soggetta a stress idrico e termico prolungato, con ripercussioni dal punto di vista fisiologico dovute all'assenza di precipitazioni e all'aumento dell'evapotraspirazione. Alcune specie più resilienti sono in grado di adattarsi ad ondate di calore più incisive, mentre altre sono destinate all'estinzione, provocando un'alterazione degli ecosistemi locali.

Le ondate di calore sono strettamente connesse agli incendi, in quanto le alte temperature e l'assenza di precipitazioni sono elementi che favoriscono l'innesco di tali fenomeni. Le componenti più suscettibili a questo tipo di pericolo sono l'aria, la salute umana e la biodiversità.

La combustione incontrollata che si verifica durante un incendio produce fumo che presenta elevate concentrazioni di gas e materiali come particolato, monossido di carbonio, ossidi di azoto e vari componenti organici volatili. Questi elementi, oltre a peggiorare la qualità dell'aria durante e successivamente all'incendio, possono provocare problemi respiratori e cardiovascolari per uomini e fauna.

L'aumento di frequenza ed intensità degli incendi può ostacolare la capacità di rigenerazione degli ecosistemi, minacciando la conservazione della biodiversità locale a causa della perdita permanente o prolungata di specie vegetale autoctone, l'invasione di specie aliene ed infestanti, e la perdita di habitat idoneo alle specie faunistiche locali.

È interessante notare come le ondate di calore, attraverso l'impatto che esse generano sulla vegetazione, possano causare dei fenomeni di incremento retroattivo delle forzanti ai cambiamenti climatici. È stato infatti scoperto che durante l'ondata di calore del 2003, a causa dell'elevata mortalità delle specie arboree e della caduta prematura del fogliame, molte foreste abbiano emesso più CO<sub>2</sub> rispetto a quella assorbita.

### 3.3 [Analisi attività di adattamento locali](#)

A livello nazionale l'Italia ha redatto nel 2014 la Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNACC), la quale definisce principi, linee guida e strategie da adottare a livello nazionale per perseguire gli obiettivi comunitari definiti nella Strategia di Adattamento della UE. Il documento è stato preparato sotto la guida tecnico scientifica del CMCC (Cento Euro Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici), riunendo esperti ed istituzioni in tavoli tecnici allo scopo di sintetizzare informazioni relative alla vulnerabilità, agli impatti e all'adattamento disponibili a livello nazionale. La SNACC contiene inoltre un elenco di azioni e misure di adattamento divise per settore socioeconomico, la cui applicazione specifica è volta ad aumentare la resilienza del territorio italiano.

Alla SNACC ha fatto seguito, nel 2016, la redazione del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC), che si configura come il quadro di riferimento nazionale in

materia di cambiamenti climatici. Il Piano è attualmente in fase di Valutazione Ambientale Strategica presso il MiTe. Il PNACC è finalizzato all'attuazione della SNACC attraverso l'aggiornamento e la migliore specificazione dei suoi contenuti ai fini operativi. L'obiettivo principale del Piano è di attualizzare il complesso quadro di riferimento conoscitivo nazionale sull'adattamento e di renderlo funzionale ai fini della progettazione di azioni di adattamento ai diversi livelli di governo e nei diversi settori di intervento. Il PNACC si configura come uno strumento più operativo diretto a supportare da un punto di vista conoscitivo le istituzioni nazionali, regionali e locali nella definizione di propri percorsi settoriali e locali di adattamento anche in relazione alle criticità che le connotano maggiormente.

A livello regionale e provinciale, il Molise e la provincia di Campobasso rispettivamente, non hanno ancora redatto Strategie e Piani di adattamento ai cambiamenti climatici.

#### 4 Identificazione delle interazioni tra l'opera e i cambiamenti climatici

Dopo la valutazione della vulnerabilità dell'area di studio, si procede con la valutazione della vulnerabilità dell'opera ai cambiamenti climatici nonché ad una valutazione del contributo che l'opera stessa potrebbe avere sugli impatti dei cambiamenti climatici, ipotizzati negli scenari utilizzati.

##### 4.1 Rischi climatici a cui l'opera può essere vulnerabile

A partire dall'identificazione dei pericoli e rischi per l'area di studio riportata nel capitolo precedente, è possibile identificare quali fenomeni potrebbero avere un impatto negativo sugli elementi vulnerabili dell'impianto eolico.

Relativamente al rischio di incendio, esso potrebbe causare degli stop forzati precauzionali alla produzione in caso di presenza di fiamme nelle vicinanze dell'impianto, mentre si incorrerebbe in danni alle strutture dell'impianto eolico nel caso in cui l'incendio non fosse gestibile e raggiungesse gli aerogeneratori.

Per quanto riguarda gli allagamenti, il rischio è marginale e legato all'accessibilità dell'impianto in fase di operazione. Non sono previsti danni alle strutture per questo tipo di impatto. Tuttavia, a causa del possibile aumento della frequenza e portata degli allagamenti, è possibile che nei mesi critici (autunno e inverno) il cantiere possa subire ritardi imprevisi

per inaccessibilità del sito a persone e macchinari e impossibilità di effettuare lavori di movimentazione terra.

Le ondate di calore costituiscono anch'esse una duplice fonte di rischio per il cantiere e l'operazione dell'impianto. Nel primo caso, qualora il cantiere risulti attivo durante la stagione estiva, possono causare rallentamenti nei lavori per evitare problemi di salute agli operatori in sito; nel secondo caso, in concomitanza con giornate di vento intenso, esse possono provocare limitazioni della produzione. Infatti, può accadere che in presenza temperature molto elevate per lunghi periodi, se gli aerogeneratori funzionano a pieno regime, il radiatore può surriscaldarsi e ridurre il proprio rendimento. Anche i cavidotti possono essere vulnerabili ad intense ondate di calore: infatti, se consideriamo che un terreno maggiormente compatto e meno poroso favorisce la dispersione di calore, le ondate di calore agiscono esattamente nel verso opposto, rendendo il suolo arido e poroso. Da ciò ne consegue che se la resistività termica del terreno aumenta negli anni, la sezione dei cavi potrebbe risultare sottodimensionata e il cavo raggiungerebbe (a parità di potenza d'impianto) delle temperature non sopportabili, con conseguente deterioramento e/o guasto del cavo stesso.

#### 4.2 Cumulo, innesco o contributo agli effetti dei cambiamenti climatici

I rischi fisici derivanti dal cambiamento climatico maggiormente significativi identificati nel presente studio sono: incendi, ondate di calore ed allagamenti. L'impianto non causerà un inasprimento dei possibili impatti derivanti da tali fenomeni e, come si vedrà nel capitolo successivo, verranno proposte misure di adattamento per rendere l'impianto stesso e il territorio più resiliente a tali rischi.

## 5 Definizione delle misure di adattamento

In questo capitolo si individueranno le misure di adattamento che possono contribuire a rafforzare la resilienza dell'opera e /o del territorio in cui è inserita l'opera stessa.

L'identificazione di tali azioni è stata definita a partire dalla consultazione del portale *climate-ADAPT* (<https://climate-adapt.eea.europa.eu/>), nel quale è riportato un elenco di azioni suddivise per settore e per tipologia di impatto. Tra di esse sono state identificate misure di tipo grey, green e soft, che verranno elencate di seguito:



### Misure Grey

Per quanto riguarda l'impatto che le ondate di calore possono avere su radiatori e sui cavidotti, la selezione dei materiali e delle componenti terrà in considerazione l'andamento dell'indicatore relativo alle heatwaves mostrato nel capitolo 2, così da rendere il design resiliente a questo tipo di pericolo.

### Misure Green

Sono state identificate due tipologie di misure green:

- Compatibilmente con la disponibilità delle aree, potranno eventualmente essere previste operazioni di manutenzione e pulizia di porzioni di aree boscate in prossimità degli aerogeneratori potenzialmente più impattati da eventuali incendi. Infatti, una delle misure di mitigazione più efficaci per ridurre il rischio incendi è la gestione del sottobosco attraverso la riduzione della materia organica che funziona da carburante per eventuali incendi. A tale scopo, in fase di progettazione esecutiva verrà presentato un piano di ripulitura all'interno del quale saranno specificate modalità ed estensione delle aree che saranno interessate dagli interventi.

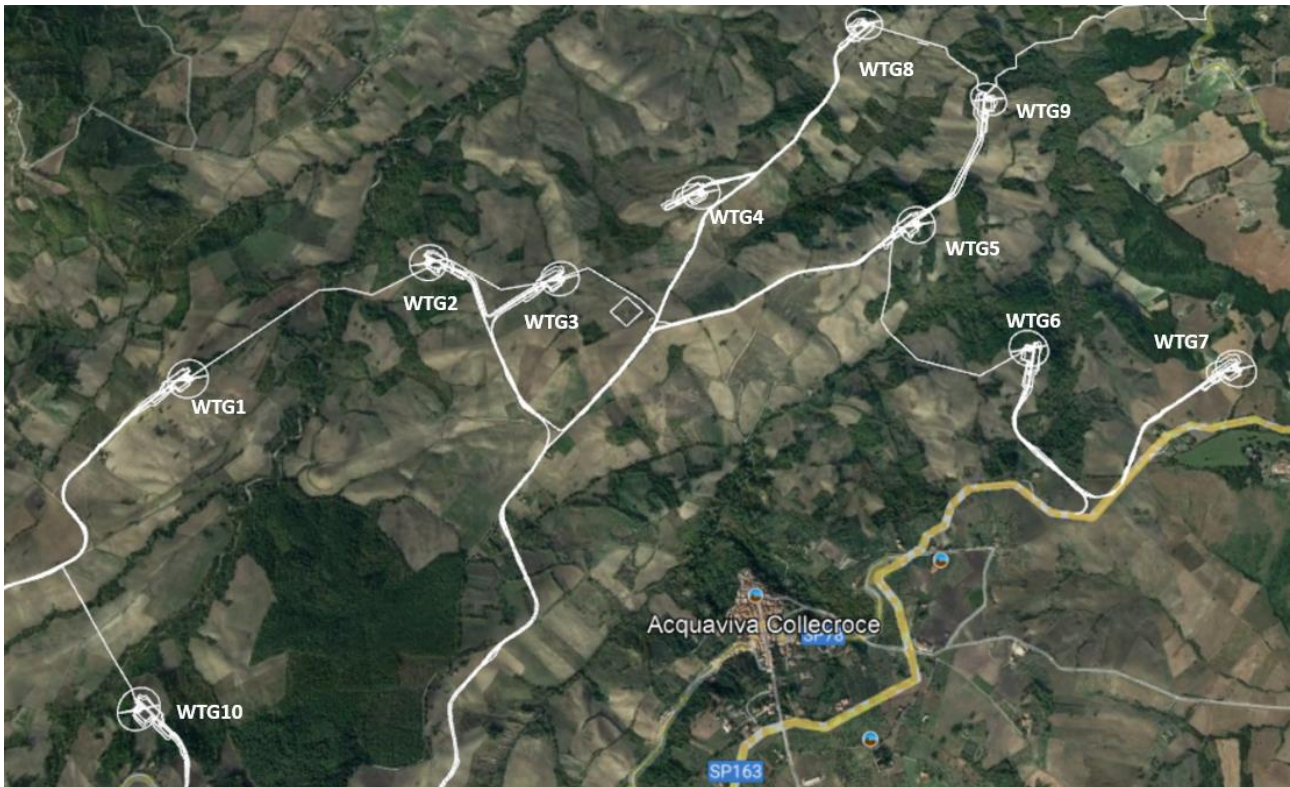


Figura 10. Ortofoto raffigurante il layout di impianto. Alcune WTG ricadono in prossimità di aree boscate.

- Localizzazione di aree di compensazione arborea nei pressi dei centri abitati limitrofi all'impianto, allo scopo di creare degli spazi verdi che interrompano la continuità del tessuto urbano e forniscano siti ombreggiati per la popolazione locale. Questo tipo di misura ha lo scopo di mitigare l'impatto sulla salute umana delle ondate di calore, che nei prossimi anni saranno sempre più frequenti ed intense. Il piano di rimboscimento contenente tutti i dettagli delle compensazioni arboree sarà concordato con gli enti e presentato prima della chiusura delle attività di cantiere.

### Misure soft

- Allo scopo di tutelare i lavoratori da problemi legati alle ondate di calore, qualora il cantiere dovesse svolgersi durante i mesi estivi, verranno garantite pause regolari dall'attività lavorativa e verranno installati dei punti dove gli operai potranno idratarsi

e ripararsi dal sole. I mezzi di cantiere saranno inoltre equipaggiati con dispositivi di refrigerazione.

- Dal momento che i sistemi di refrigerazione dei radiatori sono i più sensibili alle ondate di calore, si potrebbe prevedere una pianificazione della manutenzione che tenga conto della possibile criticità del periodo estivo.

## 6 Monitoraggio

Il Piano di Monitoraggio ha lo scopo di valutare e controllare i possibili effetti significativi e negativi del progetto sulle componenti ambientali nell'area di studio. All'interno della documentazione prodotta è presente un piano di monitoraggio che assolve questo scopo, includendo quindi tutte le forme di controllo di eventuali conseguenze impreviste su ambiente e salute umana.

In aggiunta al suddetto PMA, saranno monitorate anche le azioni di adattamento attraverso l'utilizzo dei seguenti indicatori:

- Numero di ore di produzione perse in seguito a fenomeni di surriscaldamento dei sistemi di refrigerazione presenti all'interno degli aerogeneratori (comunicazione su all'autorità competente base annuale);
- Numero di interventi straordinari di manutenzione per deterioramento precoce dei cavidotti nell'area di impianto e lungo il collegamento con la RTN (comunicazione su base annuale);
- In caso di disponibilità delle aree per ripulitura, reportistica annuale sullo stato di manutenzione del sottobosco delle aree forestali limitrofe agli aerogeneratori più critici;
- Reportistica sullo stato di avanzamento dei lavori di compensazione arborea all'interno di aree urbane;
- Numero di incidenti durante il cantiere dovuti ad ondate di calore estreme (comunicazione a fine cantiere).

Il Tecnico  
Ing. Leonardo SbelIndido



## 7 Bibliografia

Ansuategi, Alberto & Greño, Patxi & Houlden, Valerie & Markandya, Anil & Onofri, Laura & Picot, Helen & Tsarouchi, Georgia-Marina & Walmsley, Nigel. (2015). *The impact of climate change on the achievement of the post-2015 sustainable development goals, Technical Report*. 10.13140/RG.2.2.21145.62564.

California department of fish and wildfire. Website link: <https://wildlife.ca.gov/Science-Institute/Wildfire-Impacts>

Ciais, P., Reichstein, M., Viovy, N., Granier, A., Ogée, J., Allard, V., Aubinet, M., Buchmann, N., Bernhofer, C., Carrara, A. and Chevallier, F., 2005. *Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003*. Nature, 437(7058), p.529

ENEL. *“Relazione Finanziaria Annuale Consolidata 2020”*, 2020.

IPCC, 2014a. Chapter 23 Europe. Cambridge, UK, and New York, USA: Cambridge University Press

KÖPPEN W., *Das geographische System der Klimate*, in KÖPPEN W. e R. GEIGER (a cura di), *Handbuch der Klimatologie*, Berlino, Gebrüder Bornträger, 1936.

MATTM, *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC)*. 2018

McKechnie, A.E., Hockey, P.A.R., and Wolf B.O. (2012). *Feeling the heat: Australian landbirds and climate change*. Emu 112, i-vii.

PINNA M., Contributo alla classificazione del clima d'Italia, in «RGI», 1970, II, pp. 129-152.

Robine JM, Cheung SL, Le Roy S, Van Oyen H, Griffiths C, Michel JP, Herrmann FR. *Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003*. C R Biol. 2008 Feb

Spano D., Mereu V., Bacciu V., Marras S., Trabucco A., Adinolfi M., Barbato G., Bosello F., Breil M., Chiriaco M. V., Coppini G., Essenfelder A., Galluccio G., Lovato T., Marzi S., Masina S., Mercogliano P., Mysiak J., Noce S., Pal J., Reder A., Rianna G., Rizzo A., Santini M., Sini E., Staccione A., Villani V., Zavatarelli M., 2020. *“Analisi del rischio. I cambiamenti climatici in Italia”*. DOI: 10.25424/CMCC/ANALISI\_DEL\_RISCHIO