



COMUNE DI SARROCH
Servizio Lavori Pubblici



Italiadomani

PIANO NAZIONALE
DI RIFRESA E RESILIENZA

Missione 2

Rivoluzione verde e Transizione ecologica

Componente 4

Tutela del territorio e della risorsa idrica

Investimento 3.1

Tutela e valorizzazione del verde urbano ed extraurbano

ForestaSa Il Lotto

Forestazione urbana ed extraurbana del Comune di Sarroch

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA DI ANALISI DEL RISCHIO CLIMATICO E SOLUZIONI DI ADATTAMENTO

ELABORATO 5.1

Il Gruppo di Lavoro

MASHIA CICALETTI DOTT.SSA FORESTALE

CAPO GRUPPO COORDINATORE

CARLO PODDI DOTT. FORESTALE

MARIA FRANCESCA NONNE DOTT.SSA FORESTALE

NICOLA MANIS DOTT. NATURALISTA

EMANUELE SORO DOTT. AGRONOMO

Il Responsabile Unico del Progetto

ING. GIANLUCA LILLIU

Il Sindaco

ANGELO DESSI



Raggruppamento Temporaneo Professionisti

Cicaletti M. - Poddi G. - Nonne M.F. - Manis - Soro E.

Via Petris Residence 45 09012 Capoterra

Caglierisani Dott.ssa, Forestale Mashia Cicaletti

Dott. Forestale Carlo Poddi - Dott.ssa Forestale Maria Francesca Nonne

Dott. Naturalista Nicola Manis - Dott. Agronomo Emanuele Soro

Mmi: mshia@iscor.it PEC: m.cicaletti@pecnaipsc.it

R05.1-RELAZIONE TECNICA DI ANALISI DEL RISCHIO CLIMATICO E SOLUZIONI DI ADATTAMENTO
(ForestaSA- Lotto 2), PERIURBANA ED EXTRAURBANA NEI COMUNI DELLA CITTÀ
METROPOLITANA DI CAGLIARI DA FINANZIARE NELL'AMBITO DEL PNRR.
CUP I52F23000200006

1. OGGETTO DELL' INCARICO

A seguito della procedura di aggiudicazione dei Servizi Tecnici di Progettazione, Direzione Lavori e Coordinamento della Sicurezza, relativi ai lavori denominati “Forestazione Urbana – **ForestaSALotto 2**”, CUP: I52F23000200006, finanziati con i fondi Next Generation EU e le risorse previste dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), Missione 2, Componente 4 – Investimento 3.1 “Tutela e valorizzazione del verde urbano ed extraurbano”, l’incarico è stato assegnato con Determina del Responsabile del Servizio n. 2236/2024 al Raggruppamento Temporaneo di Professionisti (R.T.P.) composto da:

- Dott.ssa Forestale MashiaCicaletti, Coordinatore e Capogruppo Mandatario R.T.P.;
- Dott. Forestale Carlo Poddi, Mandante R.T.P.;
- Dott.ssa Forestale Maria Francesca Nonne, Mandante R.T.P.;
- Dott. Naturalista Nicola Manis, Mandante R.T.P.;
- Dott. Agronomo Emanuele Soro, Mandante R.T.P. e giovane professionista.

La R.T.P ha redatto la seguente Relazione tecnica di analisi del rischio climatico e soluzioni di adattamento come da comunicazione della commissione europea 2021/C 373-01 quale riferimento per lo sviluppo di analisi del rischio del cambiamento climatico e per la valutazione della vulnerabilità per i progetti infrastrutturali(Comunicazione COM – 2013 / 249). La redazione dell’elaborato segue inoltre le indicazioni dei contenuti tecnici e documentali richiesti dalla normativa vigente.

2. DESCRIZIONE DELL' AREA DI INTERVENTO

L'area oggetto d'intervento, della superficie complessiva di ha 27,3015 è costituita da un corpo unico situato nel settore sud est del territorio del Comune di Sarroch. I terreni individuati dal Comune di Sarroch, risultano regolarmente censiti nel catasto terreni del Servizio Territoriale di Cagliari al Foglio 37 mappale 13 in agro di Sarroch.

I terreni risultano intestati ad AGIP PETROLI S.p.A. (C.F. 02929200588) ma la disponibilità giuridica degli stessi è affidata al Comune di Sarroch; tale disponibilità è regolata da un contratto di comodato stipulato tra le parti come da Delibera del Con La superficie oggetto di intervento è stata assoggettata vincolo preordinato di esproprio a seguito di:

- avvio di procedimento di esproprio, compiuto con comunicazione reg.prot. n. 0006362 del 14/04/2025;
- approvazione del “Progetto di Fattibilità Tecnico Economica”, avvenuta con Determina del Consiglio

Comunale n. 17 del 23/06/2025, costituente adozione di variante al Piano Urbanistico Comunale a norma dell'art. 10 e 19 del DPR 327/2001.

Le aree oggetto di intervento sono attualmente classificate, ai sensi del bando in oggetto come:

- Area agricola non più inserita nel processo produttivo utile per migliorare la connessione ecologica territoriale;
- Area boscata percorsa da incendio
- Aree assimilate a bosco ai sensi D.lgs. 3 aprile 2018, n. 34 art. 4 comma d

PIANO PAESAGGISTICO REGIONALE

In base al Piano Paesaggistico Regionale, l'area di intervento ricade nell'Ambito di Paesaggio Costiero n. 02 Nora.

Per quanto riguarda le tutele naturalistiche, il territorio del Comune di Sarroch è interessato a nord, nella porzione montana, dal SIC ITB041105 e dalla ZPS ITB044009 (Foresta di Monte Arcosu) e dal Parco Naturale Regionale di Gutturu Mannu; tali aree protette non comprendono però il territorio oggetto dell'intervento.

Non sono presenti in situ caratteri paesaggistici particolarmente rilevanti né appartenenza a sistemi naturalistici (biotopi, riserve, parchi naturali, boschi). Non vi è appartenenza a sistemi insediativi storici, tessiture territoriali storiche. Non vi è appartenenza a sistemi tipologici di forte caratterizzazione locale e sovra locale. Il sito non appartiene a percorsi panoramici, ad ambiti di percezione da punti o percorsi panoramici o a ambiti a forte valenza simbolica.

Rispetto ai seguenti beni paesaggistici ambientali ai sensi dell'art. 143, comma 1, lettera i) del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, come modificato dal decreto legislativo 24 marzo 2006, n. 157, sono riscontrati:

1. Fascia costiera dei 300 m dalla linea di battigia. Il progetto non comporta alcun impatto negativo sulla fascia costiera dei 300 m, rispettando le disposizioni dell'art. 20 e dell'art. 12, commi c) e d) del P.P.R. L'intervento si integra con il contesto circostante, garantendo continuità e omogeneità paesaggistica, e contribuisce alla valorizzazione ambientale futura dell'area. Le specie selezionate per il rimboschimento risultano conformi dal punto di vista paesaggistico, poiché già presenti nelle cenosi vegetali locali.
2. Fiumi, Torrenti e corsi d'acqua, rappresentati dal fiume "Riu Carria Longa": l'intervento, per la sua natura e le modalità operative/esecutive, non genera impatti negativi sul rio, contribuendo invece al miglioramento del bilancio idrogeologico dell'area. Ciò avviene grazie all'incremento della copertura vegetale, alla riduzione del rischio di erosione e all'aumento dell'infiltrazione delle acque piovane. Il rimboschimento si integra con il paesaggio, rafforzando la continuità ecologica e la stabilità complessiva del territorio.
3. Sistemi a baie e promontori, falesie e piccole isole- Il progetto non comporta alterazioni morfologiche o percettive dei luoghi e rispetta le indicazioni generali di tutela dei beni paesaggistici con valenza ambientale di cui all'art. 18 delle N.T.A. del P.P.R. Sardegna. Solo una porzione ridotta dell'area rientra

nel vincolo dei “sistemi baie e promontori, falesie e piccole isole”, secondo quantoriportato negli elaborati cartografici del P.P.R. L'intervento si configura come azione di recupero ambientale finalizzata alla ricostituzione della copertura vegetale percorsa dal fuoco, garantendo la continuità paesaggistica e l'integrazione con la vegetazione autoctona presente nel contesto.

4. Territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, come definiti dall'articolo 2, commi 2 e 6, del decreto legislativo 18 maggio 2001, n. 227 e s.m.i.: l'intervento di rimboschimento è progettato per ripristinare e consolidare la copertura arborea e arbustiva in aree percorse da incendio nel 2024. Le specie selezionate sono prevalentemente autoctone e già presenti nelle cenosi vegetali locali, garantendo continuità con il paesaggio naturale circostante. La sistemazione contribuisce a ripristinare l'omogeneità visiva delle aree forestali degradate, favorendo la ricomposizione dei caratteri paesaggistici originari e la valorizzazione ecologica dell'habitat.

Rispetto alle componenti di paesaggio con valenza ambientale (art. 21 PPR):

L'area di intervento rientra tra le aree ad utilizzazione agro-forestale secondo l'art. 28, comma 3, lett. b) delle N.T.A. del P.P.R., essendo classificata come impianto boschivo artificiale. L'intervento di rimboschimento si configura come azione di recupero ambientale e forestale, compatibile con le prescrizioni dell'art. 29 e con gli indirizzi dell'art. 30, finalizzati al mantenimento della continuità forestale, alla tutela delle specie vegetali locali e alla valorizzazione paesaggistica complessiva dell'area. Tali boschi sono stati colpiti da incendio, e attualmente si osservano piante morte, ricacciate e alcune sopravvissute, con un progressivo processo di rigenerazione naturale. L'intervento previsto da ForestaSA Lotto 2 non si limita alla conservazione di rimboschimenti preesistenti, in quanto questi non sono più presenti nell'area, ma prevede un'attività di rimboschimento ex novo, compatibile con la morfologia del sito. In particolare, l'intervento preserva l'elemento paesaggistico dei gradoni, integrandosi armoniosamente nel contesto.

Soprassuoli percorsi dal fuoco: perimetri secondo il CFVA – 2024

L'area interessata dall'intervento è costituita da soprassuoli percorsi dal fuoco, soggetti ai vincoli previsti dall'art. 10 della Legge 21 novembre 2000, n. 353. In deroga a tali vincoli, il progetto ForestaSA Lotto 2 prevede un rimboschimento ex novo, motivato dalla necessità di:

- garantire il recupero della vegetazione percorsa dal fuoco;
- tutelare e valorizzare i caratteri paesaggistici e la continuità forestale;
- prevenire fenomeni di erosione e degrado ambientale.

Aree di insediamento produttivo di interesse storico-culturale – Art. 57 P.P.R. Sardegna

Le aree di bonifica comprendono un preesistente rimboschimento a gradoni, realizzato negli anni '70 nella zona antistante Punta Zavorra, originariamente costituito da piante di eucaliptus. Attualmente, gran parte di queste piante è scomparsa o morta, e successivamente l'area è stata completamente percorsa dal fuoco, risultando priva di copertura vegetale. Il rimboschimento previsto rappresenta quindi un intervento ex novo, finalizzato a:

- conservare la morfologia dei gradoni;

- ripristinare la copertura vegetale;
- garantire la continuità paesaggistica e l'integrazione con la vegetazione circostante.

PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)

Il Piano di Assetto Idrogeologico del bacino unico della Regione Sardegna (P.A.I.) è stato redatto in conformità con quanto stabilito dalle Leggi 183/89, 267/98 e dalla legge n. 365 del 2000.

Il PAI è entrato in vigore con Decreto dell'Assessore ai Lavori Pubblici n. 3 del 21/02/2006 ed è stato adottato e approvato limitatamente alla perimetrazione delle Aree a pericolosità elevata H4, H3 e H2 e rischio R4, R3 e R2.

Il P.A.I. individua e perimetra le aree a pericolosità idraulica (Hi) ed a pericolosità da frana (Hg), rileva gli insediamenti, i beni, gli interessi e le attività vulnerabili nelle aree pericolose, allo scopo di valutarne le specifiche condizioni di rischio, delimita inoltre le aree a rischio idraulico (Ri) e a rischio frana (Rg) e programma le misure di mitigazione del rischio. Il P.A.I. inoltre si occupa delle opere di regolazione dei corsi d'acqua del reticolo principale e secondario, per il controllo delle piene e per la gestione degli invasi. Il PAI suddivide il territorio regionale in sette Sub-Bacini, all'interno del Bacino Unico della Sardegna, ognuno dei quali è caratterizzato da una omogeneità geomorfologica, geografica ed idrologica.

Il Piano di bacino è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa, alla valorizzazione e alla corretta utilizzazione del suolo e delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche e ambientali dei territori interessati. Esso rappresenta il quadro di riferimento a cui devono adeguarsi e riferirsi tutti i provvedimenti autorizzativi e concessori inerenti agli interventi comunque riguardanti il bacino e ha valore di piano territoriale di settore. Il Piano di bacino ha i contenuti e l'efficacia di cui all'articolo 65 del Decreto legislativo n. 152 del 2006.

Il Piano di bacino è redatto, adottato e approvato per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali, interessanti anche più bacini idrografici e costituenti, in ogni caso, fasi sequenziali e interrelate rispetto ai suoi contenuti. Uno degli stralci del Piano di bacino è il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale, cioè il PAI, redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione.

Il PAI è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, difesa, valorizzazione del suolo e alla prevenzione del rischio idrogeologico, individuate sulla base delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato.

Il PAI, approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10.07.2006 con tutti i suoi elaborati descrittivi e cartografici, ha valore di piano territoriale di settore e prevale sui piani e programmi di settore di livello regionale. Le Norme di Attuazione del PAI sono state aggiornate e approvate con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.35 del 21 marzo 2008. Con decreto del Presidente della Regione n. 121 del

10/11/2015 pubblicato sul BURAS n. 58 del 19/12/2015, in conformità alla Deliberazione di Giunta Regionale n. 43/2 del 01/09/2015 (Valutazione e gestione dei rischi di alluvioni. Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del distretto idrografico della Regione Sardegna. Direttiva 2007/60/CE. D.lgs. n. 49/2010), sono state approvate le modifiche agli articoli 21, 22 e 30 delle N.A. del PAI, l'introduzione dell'articolo 30-bis e l'integrazione alle stesse N.A. del PAI del Titolo V recante "Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione del rischio di alluvioni (PGRA)".

I Sub-Bacini, come detto, sono sette ognuno dei quali è caratterizzato in generale da una omogeneità geomorfologica, geografica e idrologica: Sub-bacini del Sulcis, Tirso, Coghinas-Mannu-Temo, Liscia, Posada-Cedrino, Sud-Orientale, Flumendosa-Campidano-Cixerri.

L'area di intervento appartiene al Sub-Bacino Idrografico n. 7 del Flumendosa – Campidano – Cixerri ed è caratterizzata da elementi idrografici naturali di elevata semplicità e limitata ramificazione, con indici Strahler compresi tra 1 e 2, che indicano il numero di passaggi tra la sorgente, la confluenza e la foce dei corsi d'acqua.

In base a tale analisi, l'intervento in progetto, non presenta impatti legati alla sua esecuzione, bensì un miglioramento generale della componente idrogeologica e idrografica.

Come in Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) l'area oggetto di intervento non presenta pericolo né rischio idraulico e geomorfologico. È presente solamente la classificazione di danno potenziale D1 (moderato o nullo) e D2 (medio).

3. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il progetto prevede la realizzazione di un intervento di forestazione periurbana nel territorio del Comune di Sarroch (CA). Le aree interessate dall'intervento si estendono per una superficie complessiva di ha 27,3015 e costituiscono un corpo unico funzionalmente collegato alle superfici già oggetto di rimboschimento nell'ambito del progetto "ForestaSA – Lotto I".

I terreni oggetto del presente intervento sono ubicati tra il Monte Arrubiu e le località Sa Punta e Punta Zavorra.

Obiettivo del progetto è connettere lo spazio periurbano del Comune di Sarroch con: ~~con:~~ aree agricole non più inserite nel processo produttivo utili per migliorare le connessioni ecologiche; - aree forestali, quali individuate dall'art. 4, comma d), del D.lgs. 3 aprile 2018, n. 34, "Testo unico in materia di foreste e filiere forestali" valide per un incremento dell'effetto dei servizi ecosistemici nei confronti di tutta l'area metropolitana, e importanti per la qualità ambientale e per l'effettuazione dei servizi ecosistemici, in considerazione della presenza nell'area antistante della zona industriale di Sarroch ove è presente la Raffineria SARAS, tra le più grandi d'Europa;

- area boscata percorsa da incendio nel 2024.

Il Piano di imboschimento e restauro forestale provvederà inoltre al mantenimento ed il miglioramento della biodiversità conformemente alle disposizioni nazionali e locali in quanto:

- garantirà il buono stato di conservazione degli habitat e delle specie, agevolando il mantenimento delle

specie tipiche degli habitat;

- escluderà l'utilizzo o il rilascio di specie esotiche invasive;
- escluderà l'utilizzo di specie non native;
- garantirà il mantenimento e il miglioramento della qualità fisica, chimica e biologica del suolo;
- promuoverà pratiche favorevoli alla biodiversità che valorizzano i processi naturali delle foreste;
- escluderà la conversione degli ecosistemi ad elevata biodiversità in ecosistemi a biodiversità inferiore;
- garantirà la diversità di specie e habitat associati collegati alle foreste;
- garantirà la diversità delle strutture del soprassuolo e mantiene e migliora soprassuoli maturi e legno morto.

Le aree a rilevante valenza ecologica verranno recuperate attraverso l'intervento, che prevede la messa a dimora di 27.000 piante, di cui il 78% a portamento arboreo e il 22% a portamento arbustivo, tutte appartenenti a specie autoctone coerenti con la vegetazione potenziale locale, rustiche e con ridotte esigenze idriche ed edafiche. Tra le specie previste, a titolo esemplificativo, figureranno: *Quercus ilex* L. subsp. *ilex*, *Olea europaea* L. var. *sylvestris*, *Ceratonia siliqua* L., *Juniperus turbinata* Guss., *Pinus halepensis* Mill. subsp. *halepensis*, e arbusti come *Pistacia lentiscus* L., *Phillyrea angustifolia* L. e *Rhamnus alaternus* L. Le specie selezionate sono caratterizzate da un buon adattamento alle condizioni pedoclimatiche locali e alla rigenerazione dei suoli post-incendio, e favoriscono la formazione di un popolamento misto stabile, in grado di garantire ombreggiamento, creare un microclima favorevole e incrementare la resilienza ecologica dell'area.

La messa a dimora delle piante avverrà con sesto di impianto irregolare al fine di preservare il più possibile la vegetazione arborea e arbustiva sopravvissuta all'incendio del 2024. I lavori di messa a dimora saranno preceduti dal ripristino della pista di servizio esistente della larghezza utile di mt 3,00 circa. Nella preparazione del terreno saranno utilizzati polimeri idroretentori, al fine di limitare gli sprechi idrici e garantire una riserva d'acqua costante per l'apparato radicale tra due irrigazioni di soccorso consecutive. A ciascuna pianta saranno applicati dischi pacciamanti.

Le cure colturali quinquennali comprenderanno: sarchiatura e zappettatura del terreno intorno al colletto della piantina con eventuale rincalzatura, rimpiazzo delle fallanze e irrigazioni di soccorso.

1. Le fasi realizzative dell'opera sono le seguenti: Allestimento del cantiere: realizzazione degli accessi al cantiere, allestimento di servizi igienico- assistenziali del cantiere, allestimento di depositi, zone per lo stoccaggio dei materiali.
2. Apertura di pista di servizio: ripristino di piste di servizio della larghezza utile di mt 3,00 di cui almeno il 70% in scavo, con pendenza non superiore al 15% da aprirsi in terreno di qualsiasi natura e consistenza, compresa la realizzazione di scavi e/o sbancamenti di apertura della sede stradale, formazione dei rilevati in pietrame misto piano viario, e quanto altro occorra per dare l'opera compiuta a regola d'arte.
3. Interventi di Ripristino dei Boschi percorsi da fuoco: taglio delle piante morte, scottate e/o

stroncate, sramatura, depezzamento e idonea sistemazione della ramaglia sul terreno, previa sminuzzatura con motosega e roncola, eventuale riceppatura, concentramento dei fusti per il successivo esbosco

4. Picchettamento e allineamento: individuazione del luogo in cui sarà lavorata e realizzata la buca.
5. Lavorazione localizzata in terreno sodo: apertura di buche del diametro di cm 40 e profondità di cm 40.
6. Concimazione di fondo e polimeri idroretentori: miglioramento delle condizioni edafiche mediante apporto di ammendante organico e polimeri idroretentori.
7. Messa a dimora delle piante: messa a dimora di piante arboree e arbustive, in fitocella di anni 1 + 1 fino a 3. Le forniture di materiale florovivaistico dovranno rispettare la normativa vigente in materia e in particolare, per le specie forestali, il decreto legislativo 10 novembre 2003, n. 386 «Attuazione della direttiva 1999/105/ CE relativa alla commercializzazione dei materiali forestali di moltiplicazione» e il pertinente art. 13 del decreto legislativo 3 aprile 2018, n. 34 «Testo unico in materia di foreste e filiere forestali». Inoltre, dovrà essere fornita precisa indicazione sull'origine delle piante e regolare documentazione fitosanitaria.
8. Rinterro delle buche, rincalzatura posa del tutore e dei dischi pacciamanti: sono le operazioni finali per il completamento della messa a dimora compresa la ricolmatura e la compressione del terreno, fornitura e posa di tutore (bambù) e del disco pacciamante.
9. Adacquamento post impianto: irrigazione di soccorso eseguita con autobotte con circa 20 l/ pianta
10. Fine lavori di forestazione (30/05/2026) e Collaudo

Si stima una durata dei lavori pari a 105 giorni naturali e consecutivi.

4. COMPATIBILITÀ CON IL QUADRO DELLA PROGRAMMAZIONE E PIANIFICAZIONE

Questa analisi serve a individuare i pericoli climatici “pertinenti” per il tipo di progetto specifico, indipendentemente dalla sua ubicazione.

L’analisi di sensibilità ha come oggetto di studio non soltanto della sensibilità dell’infrastruttura in sé (attività e processi in loco che possono essere messe in pericolo dal cambiamento climatico), ma anche le componenti connesse come:

- fattori di produzione quali acqua, energia, materie;
- risultati quali prodotti e servizi venduti;
- collegamenti di accesso e di trasporto, anche se al di fuori del controllo diretto del progetto.

I pericoli legati al clima possono essere di due tipi: i rischi climatici “cronici” sono quelli connessi a cambiamenti a lungo termine in una componente del fattore climatico di analisi (es. cambio delle temperature, del regime dei venti, l’innalzamento del livello del mare etc.); i rischi “acuti” sono invece quei rischi connessi ad eventi estremi puntuali (es. ondate di calore, uragani, siccità prolungate etc.).

FATTORI CLIMATICI	PERICOLI CLIMATICI CRONICI	PERICOLI CLIMATICI ACUTI
TEMPERATURA	<ul style="list-style-type: none">• Cambiamento della temperatura (aria, acqua dolce, mare)• Stress termico• Variabilità della temperatura dell’aria	<ul style="list-style-type: none">• Ondate di calore• Ondata di freddo, gelata• Incendi di incolti
VENTI	<ul style="list-style-type: none">• Cambiamento del regime dei venti	<ul style="list-style-type: none">• Ciclone, uragano, tifone• Tempesta (pioggia, grandine, neve)• Tempesta (polvere, sabbia)• Tromba d’aria
ACQUE	<ul style="list-style-type: none">• Cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni (pioggia, grandine, neve, ghiaccio)• Variabilità idrologica• Variabilità delle precipitazioni• Acidificazione degli oceani• Intrusione salina• Innalzamento del livello del mare• Stress idrico	<ul style="list-style-type: none">• Siccità• Forti precipitazioni (pioggia, grandine, neve, ghiaccio)• Inondazioni (costiera, fluviale, pluviale, di falda)• Collasso di laghi glaciali
MASSA SOLIDA	<ul style="list-style-type: none">• Erosione costiera• Degradazione del suolo• Erosione del suolo• Soliflusso	<ul style="list-style-type: none">• Valanga• Frana• Subsidenza

La Comunicazione 373/2021 suggerisce di dare una valutazione del grado di “sensibilità al pericolo climatico” del progetto nel seguente modo:

- **sensibilità alta:** il pericolo climatico può avere un impatto significativo su attività e processi, fattori di produzione, risultati e collegamenti di trasporto;

- **sensibilità media:** il pericolo climatico può avere un leggero impatto su attività e processi, fattori di produzione, risultati e collegamenti di trasporto;

- **sensibilità bassa:** il pericolo climatico non ha alcun impatto (o tale impatto è insignificante).

La valutazione di sensibilità deve tenere conto fin da subito di misure di prevenzione, mitigazione o eliminazione del rischio correlato al clima. Occorre, cioè, effettuare la valutazione della sensibilità già tenendo conto delle migliori e più efficaci misure di mitigazione. In questo modo la sensibilità del progetto sarà valutata al netto di tali misure.

Di seguito si riporta tabella di analisi della sensibilità dell'opera

TABELLA–Checklist per l'analisi della sensibilità dell'opera e interventi di mitigazione		
PERICOLI CLIMATICI / IMPATTI DIRETTI	RISCHIO IMPATTO CORRELATI PERICOLI CLIMATICI PER IMBOSCHIMENTO E RESTAURO FORESTALE	Misure per prevenire, mitigare o evitare i rischi (da prevedere in fase di progetto), tenendo conto di tutto il ciclo di vita del progetto
	<ul style="list-style-type: none"> a) attività e processi in loco b) fattori di produzione quali acqua ed energia c) risultati quali prodotti e Servizi d) collegamenti di accesso e di trasporto 	
TEMPERATURA–pericoli cronici		
Cambiamento della temperatura (aria, acqua dolce, mare)	SENSIBILITÀ BASSA	La misura di mitigazione è già stata operata a monte in fase di progettazione dell'intervento con la scelta di utilizzare specie arboree e arbustive con una bassa suscettibilità all'hazard climatico.
Stress termico	NON PERTINENTE	
Variabilità della temperatura dell'aria	SENSIBILITÀ BASSA	La misura di mitigazione è già stata operata a monte in fase di progettazione dell'intervento con la scelta di utilizzare specie arboree e arbustive con una bassa suscettibilità all'hazard climatico.
TEMPERATURA–pericoli acuti		
Ondate di calore	<ul style="list-style-type: none"> • Rischio aumento mortalità delle giovani piante • Possibili problemi di crescita delle specie impiantate. • Possibili problemi di proliferazione di insetti dannosi e patogeni che possono compromettere la salute delle piante. • Possibili problemi di alterazione dei 	<ul style="list-style-type: none"> • Impiego di specie arboree e arbustive autoctone e/o adattate alle condizioni ecologiche e climatiche locali • Adozione di interventi irrigui di soccorso e utilizzo di protezioni adeguate (idroretentori e dischi pacciamanti biodegradabili) a

	<p>cicli fenologici delle piante</p> <ul style="list-style-type: none"> • Possibili problemi di alterazione nella composizione floristica dell'ecosistema forestale con l'ingresso ed espansione di specie esotiche. <p>SENSIBILITÀ MEDIA >> SENSIBILITÀ BASSA SEVEN GONO ATTUATI GLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE</p>	<p>supporto delle specie impiantate nei primi anni di impianto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Attuazione di un piano di monitoraggio atto ad intervenire tempestivamente in caso di necessità con correzioni mirate. • Applicazione di programmi di gestione forestale adattabili in base ai cambiamenti in atto. • Realizzazione dell'impianto in periodi climaticamente favorevoli per permettere un buon radicamento prima del periodo estivo soggetto a potenziali ondate di calore, e utilizzare tecniche di impianto che favoriscono la ritenzione idrica del suolo (dischi pacciamanti biodegradabili). • Sostituzione delle fallanze che prevede il reimpianto delle piante morte o non attecchite da effettuarsi nei periodi climaticamente favorevoli.
Ondate di freddo, gelata	<ul style="list-style-type: none"> • Rischio aumento mortalità delle giovani piante • Possibili problemi nel rallentamento della crescita nelle giovani piante e danni ai tessuti vegetativi <p>SENSIBILITÀ BASSA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Adozione di protezioni meccaniche (idrotentori e dischi pacciamanti biodegradabili) per difendere le giovani piante dal gelo diretto e dal vento freddo. • Sostituzione delle fallanze che prevede il reimpianto delle piante morte o non attecchite da effettuarsi nei periodi climaticamente favorevoli.
Incendi di incolti	<ul style="list-style-type: none"> • Rischio di impatti diretti quali rallentamento e compromissione del restauro forestale. <p>SENSIBILITÀ ALTA >> SENSIBILITÀ MEDIA SEVEN GONO ATTUATI GLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Adozione di pratiche selvicolturali preventive che prevedono interventi di gestione forestale atti a limitare il materiale infiammabile. • Creazione e mantenimento di fasce tagliafuoco per limitare la diffusione del fuoco nel bosco. • Utilizzo di specie arboree ed arbustive adattate a resistere agli incendi
VENTI-pericol cronici		
Cambiamento del regime dei venti	SENSIBILITÀ BASSA	
VENTI-pericoli acuti		

Ciclone,uragano,tifone Trombad'aria.	<ul style="list-style-type: none"> • Possibili problemi di raffiche di vento che possono danneggiare le giovani piante e le strutture di protezione • Rischio schianto degli alberi con rottura del fusto o compromissione della stabilità delle piante <p>SENSIBILITÀ MEDIA >> SENSIBILITÀ BASSA SE VENGONO ATTUATI GLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Attuazione di controlli periodici e applicazione di azioni correttive che prevedano rinalzi del terreno attorno alla base delle giovani plantule, il riposizionamento, il rinforzo o la sostituzione dei tubi protettivi danneggiati o spostati dal vento • Interventi di potatura e pulizia per eliminare i rami danneggiati • Reimpianto mirato delle plantule non recuperabili • Impianto di specie arboree e arbustive autoctone che creano popolamenti misti e pluristratificati tali da renderli meno suscettibili al pericolo
Tempesta(pioggia,grandine, neve).	<ul style="list-style-type: none"> • Possibili problemi alla viabilità forestale interna all'imboschimento con ostruzione e dissesti dei percorsi viari <p>SENSIBILITÀ BASSA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Progettazione idonea di sistemi di deflusso delle acque meteoriche • Manutenzione preventiva per individuare e riparare tempestivamente dissesti, rimozione di detriti e rinforzi nei punti critici • L'opera sarà realizzata su versanti già soggetti a rimodellamento morfologico, dove la presenza di terrazzamenti rappresenta una misura mitigativa consolidata. I terrazzamenti migliorano la stabilità idrogeologica del terreno, fungendo da barriere naturali che riducono il dilavamento e il ruscellamento, contribuendo così a contenere il rischio idrogeologico conseguenti alla tempeste di pioggia.
Tempesta(polvere, sabbia).	NON PERTINENTE	
ACQUE–pericolocronici		
Cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni (pioggia, grandine, neve, ghiaccio)	<ul style="list-style-type: none"> • Possibili problemi alla viabilità forestale interna all'imboschimento con ostruzione e dissesti dei percorsi viari <p>SENSIBILITÀ BASSA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Progettazione idonea di sistemi di deflusso delle acque meteoriche • Manutenzione preventiva per individuare e riparare tempestivamente dissesti, rimozione di detriti e rinforzi nei punti critici. • L'opera sarà realizzata su versanti già soggetti a rimodellamento morfologico, dove la presenza di terrazzamenti rappresenta una misura mitigativa consolidata. I terrazzamenti migliorano la stabilità idrogeologica del terreno, fungendo da barriere naturali che riducono il dilavamento e il ruscellamento, contribuendo così a contenere il rischio idrogeologico conseguenti alla tempeste di pioggia.
Variabilità idrologica.	Comesopra.	

Variabilità delle precipitazioni.	Come sopra.	
Intrusione salina (compilare le colonne successive solo in caso di intervento in fascia costiera)	NON PERTINENTE	
Innalzamento del livello del mare (compilare le colonne successive solo in caso di intervento in fascia costiera)	NON PERTINENTE	
Stress idrico.	<ul style="list-style-type: none"> • Possibili problemi di rallentamento dei processi di accrescimento della specie forestali • Possibili problemi di proliferazione di insetti dannosi e patogeni che possono compromettere la salute degli alberi. • Possibili problemi alterazione dei cicli fenologici delle piante. • Possibili problemi di alterazione nella composizione floristica dell'ecosistema forestale con l'ingresso ed espansione di specie esotiche <p>SENSIBILITÀ MEDIA >> SENSIBILITÀ BASSA SE VENGONO ATTUATI GLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Impiego di specie arboree e arbustive autoctone e/o adattate alle condizioni ecologiche e climatiche locali • Adozione di interventi irrigui di soccorso e utilizzo di protezioni adeguate (idroretentori e dischi pacciamanti biodegradabili) a supporto delle specie impiantate nei primi anni di impianto • Attuazione di un piano di monitoraggio atto ad intervenire tempestivamente in caso di necessità con correzioni mirate • Applicazione di programmi di gestione forestale adattabili in base ai cambiamenti in atto
ACQUE – pericoli acuti		
Siccità.	<p>Come sopra</p> <p>SENSIBILITÀ MEDIA >> SENSIBILITÀ BASSA SE VENGONO ATTUATI GLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE</p>	Come sopra
Forti precipitazioni (pioggia, grandine, neve, ghiaccio).	<ul style="list-style-type: none"> • Possibili problemi alla viabilità forestale interna all'imboschimento con ostruzione e dissesti dei percorsi viari <p>SENSIBILITÀ BASSA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Progettazione idonea di sistema di deflusso delle acque meteoriche • Manutenzione preventiva per individuare e riparare tempestivamente dissesti, rimozione di detriti e rinforzi nei punti critici • L'opera sarà realizzata su versanti già soggetti a rimodellamento morfologico, dove la presenza di terrazzamenti rappresenta una misura mitigativa consolidata. I terrazzamenti migliorano la stabilità idrogeologica del terreno, fungendo da barriere naturali che riducono il dilavamento e il ruscellamento, contribuendo così a contenere il rischio idrogeologico conseguenti alla tempeste di pioggia.
Inondazioni (costiera, fluviale, pluviale, di falda).	NON PERTINENTE	.

Collassodilaghiaciali.	NON PERTINENTE	
MASSASOLIDA-pericolocronici		
Erosionecostiera	NON PERTINENTE	
• Degradazione del suolo. • Erosione del suolo.	NON PERTINENTE	
• Soliflusso.	NON PERTINENTE	
MASSASOLIDA-pericolocronici		
• Valanga • Frana • Subsidenza	NON PERTINENTE	
GIUDIZIO FINALE DI SENSIBILITÀ DEL PROGETTO	Il progetto presenta: - alta sensibilità al cambiamento di temperatura nello specifico di incendi di incolti. Con gli interventi di mitigazione indicati la sensibilità può essere ridotta ad un livello medio. - media sensibilità per cambiamento di temperatura, ondate di calore, stress idrico, siccità, trombe d'aria. Con gli interventi di mitigazione indicati la sensibilità può essere ridotta ad un livello basso. - bassa sensibilità per ondate di freddo, cambiamento nel regime dei venti, tempeste, cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni, variabilità idrologica, variabilità delle precipitazioni, forti precipitazioni,	

L'analisi della sensibilità dell'opera a verde viene effettuata considerando lo stato dell'opera a regime, ovvero nella sua forma completa e stabilizzata, al fine di valutare con precisione le eventuali criticità e le interazioni con l'ambiente circostante nel lungo termine.

ANALISI DELLA SENSIBILITÀ							
Tabella indicativa della sensibilità	Variabili e pericoli climatici						
	Cambiamento della temperatura	Ondate di calore	Ondate di freddo	Incendi di incolti	Ciclone Tromba d'aria.	Siccità	Forti precipitazioni
Attività in loco	BASSA	BASSA	BASSA	BASSA	BASSA	BASSA	BASSA
Fattori di produzione	BASSA	BASSA	BASSA	MEDIA	BASSA	BASSA	BASSA
Risultati (Servizi)	BASSA	BASSA	BASSA	MEDIA	BASSA	BASSA	BASSA
Collegamento di trasporto	BASSA	BASSA	BASSA	MEDIA	BASSA	BASSA	BASSA
Punteggi più alto	BASSA	BASSA	BASSA	MEDIA	BASSA	BASSA	BASSA

5. ANALISI ALL'ESPOSIZIONE AL RISCHIO CLIMATICO

Attraverso questa analisi si individuano i pericoli specifici connessi all'ubicazione prevista dal progetto da realizzare. Mentre l'analisi della sensibilità si è concentrata sul tipo di progetto e le sue criticità intrinseche, l'analisi dell'esposizione si concentra invece sul contesto territoriale in cui l'opera deve essere realizzata e sulla sua localizzazione.

L'analisi dell'esposizione può essere a sua volta suddivisa in due parti:

1. l'esposizione al clima attuale
2. l'esposizione al clima futuro.

5.1 ESPOSIZIONE AL CLIMA ATTUALE

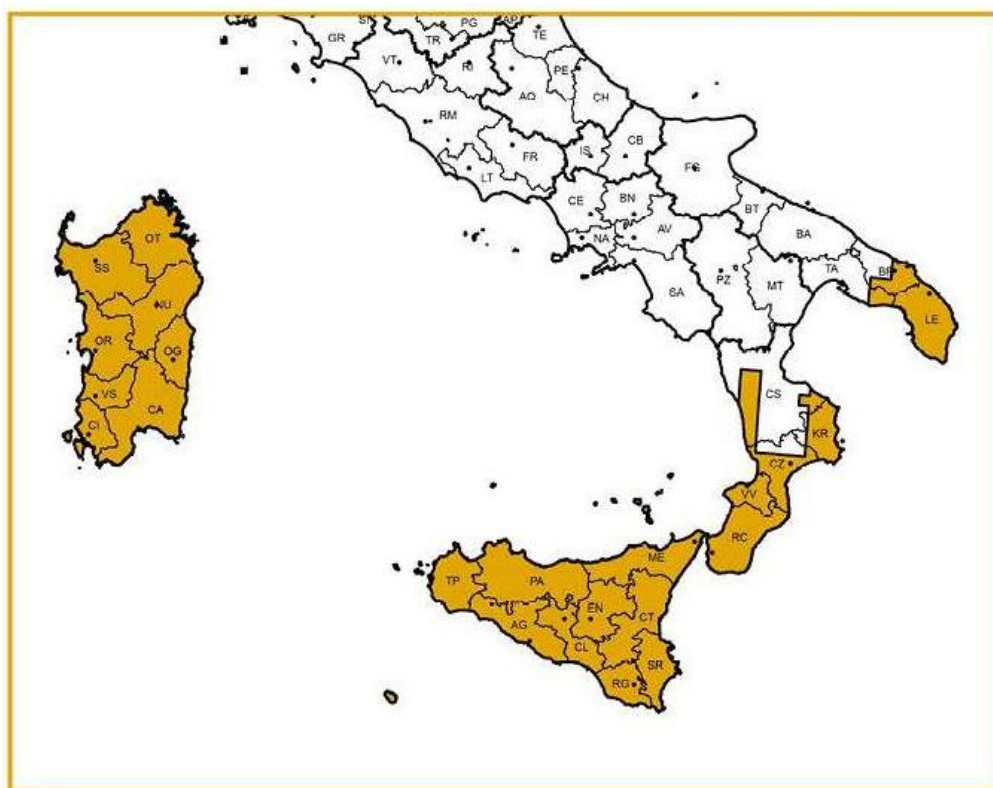
L'analisi del clima attuale e della sua variabilità costituisce un elemento fondamentale per comprendere i fattori di esposizione e rischio che riguardano l'opera di riforestazione nell'area di intervento. La valutazione è stata condotta attraverso un inquadramento progressivamente più dettagliato, che parte da una visione nazionale, prosegue con un approfondimento regionale e si conclude con un'analisi a livello provinciale. Questo approccio consente di acquisire una comprensione più precisa e localizzata delle condizioni climatiche.









A livello Nazionale per la definizione della storicità dei fenomeni climatici e dei potenziali rischi si è fatto riferimento agli indicatori di pericolosità riportati dal Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC). Di seguito si riportano i dati climatici relativi al clima attuale, disponibili alla scala di macroregione.

La Sardegna ricade per il 100% nella Macroregione 6.

MACROREGIONE 6

AREE INSULARI ED ESTREMO SUD ITALIA



	Temperatura media annuale – Tmean (°C)	Giorni con precipitazioni intense – R20 (giorni/anno)	Frost days – FD (giorni/anno)	Summer days – SU95p (giorni/anno)	Precipitazioni invernali cumulate –WP (mm)	Precipitazioni cumulate estive –SP (mm)	95° percentile precipitazioni – R95p (mm)	Consecutive dry days – CDD (giorni)
								
Macroregione 1 Prealpi e Appennino settentrionale	13 (±0.6)	10 (±2)	51 (±13)	34 (±12)	187 (±61)	168 (±47)	28	33 (±6)
Macroregione 2 Pianura Padana, alto versante adriatico e aree costiere dell'Italia centro-meridionale	14.6 (±0.7)	4 (±1)	25 (±9)	50 (±13)	148 (±55)	85 (±30)	20	40 (±8)
Macroregione 3 Appennino centro-meridionale	12.2 (±0.5)	4 (±1)	35 (±12)	15 (±8)	182 (±55)	76 (±28)	19	38 (±9)
Macroregione 4 Area alpine	5.7 (±0.6)	10 (±3)	152 (±9)	1 (±1)	143 (±47)	286 (±56)	25	32 (±8)
Macroregione 5 Italia centro-settentrionale	8.3 (±0.6)	21 (±3)	112 (±12)	8 (±5)	321 (±89)	279 (±56)	40	28 (±5)
Macroregione 6 Aree insulari ed estremo sud Italia	16 (±0.6)	3 (±1)	2 (±2)	35 (±11)	179 (±61)	21 (±13)	19	70 (±16)

La condizione climatica attuale è dunque rappresentata sinteticamente attraverso gli 8 indicatori.

Gli indicatori climatici per il periodo 1981-2010 evidenziano per questa macroregione una temperatura media annuale più alta rispetto a tutte le altre zone, in media di 16 °C, con un numero di summer days osservati pari a 35; anche il numero massimo di giorni consecutivi senza pioggia risulta essere il più elevato (CDD) in confronto alle altre zone dell'Italia; il regime pluviometrico, in termini di valori stagionali (WP ed SP) ed estremi (R20 e R95p) mostra invece caratteristiche intermedie.

A livello regionale per la definizione della climatologia e dei potenziali pericoli futuri si è fatto invece riferimento all'analisi e agli indicatori di pericolosità riportati dalla Strategia Regionale di adattamento ai cambiamenti climatici (SRACC) adottata nel 2024 con deliberazione numero 14/71 del 22-05-2024.

Lo studio delle caratteristiche climatiche attuali della Sardegna è stato condotto utilizzando modelli climatici ad altissima risoluzione spaziale e temporale sviluppati recentemente dalla Fondazione CMCC. Il profilo climatico storico e attuale della regione è stato generato grazie al modello ERA5@2Km (conosciuto anche come VHR-REA_IT, ovvero Very High-Resolution REAnalysis for ITaly; Raffa et al. 2021), una simulazione climatica dettagliata sull'intero territorio italiano. Tale modello si basa sulla localizzazione dinamica della rianalisi globale ERA5 e fornisce dati orari con una risoluzione spaziale di circa 2 km per il periodo 1981-2020. Nella tabella che segue sono riportati gli indicatori climatici analizzati per definire il profilo climatico passato e presente della Sardegna.

Tabella 1- Lista degli indicatori* adottati per la mappatura degli indicatori climatici per il target "Territorio"

Indicatore(unitàdimisura)	Descrizione	Pericolo climatico rappresentato	Settore
TG-Temperaturamedia giornaliera (°C)	Mediadellatemperaturagiornaliera	Aumento delle temperature	Generale

TX95PRCTILE-95° percentile della temperatura massima(°C)	95°percentile della temperatura massima giornaliera	Variabilità delle temperature	Generale
TX99PRCTILE-99° percentile della temperatura massima(°C)	99°percentile della temperatura massima giornaliera		
TXX-Massimo della temperatura massima(°C)	Valore massimo della temperatura massima giornaliera.		
TN99PRCTILE-99° percentile della temperatura minima(°C)	99°percentile della temperatura minima giornaliera		
TNX-Massimo della temperatura minima(°C)	Valore massimo della temperatura minima giornaliera.		
PRCPTOT – Precipitazione cumulata nei giorni piovosi (mm)	Somma della precipitazione giornaliera per i giorni con precipitazione giornaliera maggiore o uguale a 1 mm	Dissesto geo- idrologico	Varie settori in quanto il dissesto geo- idrologico costituisce un pericolo che interessa la maggior parte dei settori,
R20 – Giorni con precipitazione intensa (giorni)	Numero di giorni in cui la precipitazione giornaliera supera i 20 mm		
RX1DAY – Massimo di precipitazione giornaliera (mm)	Valore massimo di precipitazione giornaliera per i giorni con precipitazione giornaliera maggiore o uguale a 1mm		
RX5DAY-Massima precipitazione in 5-giorni (mm/giorni)	Massima precipitazione in 5-giorni.		
PR95prtile – 95° percentile di precipitazione giornaliera (mm)	Valore di precipitazione giornaliera associato ad un livello di probabilità di non superamento del 95%, estratto dal campione di valori di precipitazione giornaliera maggiori o uguale a 1 mm		ognuno con diverso grado di esposizione
PR99prtile – 99° percentile di precipitazione giornaliera (mm)	Valore di precipitazione giornaliera associato ad un livello di probabilità di non superamento del 99%, estratto dal campione di valori di precipitazione giornaliera maggiori o uguale a 1 mm		
R99PTOT -Frazione di precipitazione nei giorni estremamente piovosi(%)	Frazione di precipitazione dovuta alla precipitazione maggiore del 99° percentile della precipitazione giornaliera.		
TR100PR-Tempo di ritorno a 100 anni (precipitazione) (mm)	Percentile corrispondente ad un tempo di ritorno di cento anni per il massimo annuo di precipitazione giornaliera.		
CDD–Giorni secchi consecutivi (giorni)	Numero massimo di giorni consecutivi con precipitazione giornaliera minore di 1 mm	Siccità	Produzioni agricole, Risorse Idriche ed Ecosistemi terrestri
ID–Giorni senza disgelo (giorni)	Numero di giorni in cui la temperatura massima giornaliera è inferiore a 0° C	Onda di freddo	Salute, Energia
WSDI–Indice di durata dei periodi di caldo (giorni)	Numero di giorni in cui la temperatura massima giornaliera è superiore al 90° percentile della temperatura massima giornaliera per almeno 6 giorni consecutivi	Onda di caldo	Salute, Energia
HW-Onda di caldo (giorni)	Numero di giorni con temperatura massima giornaliera maggiore di 35°C.		

HWN-Numero ondate di calore	Numero di ondate di calore. L'ondata di calore è individuata dal superamento, per almeno 3 giorni consecutivi del 90° percentile delle temperature massime valutate su una finestra mobile di 31 giorni nel trentennio di riferimento.		
TR–Notti tropicali (giorni)	Numero di giorni con temperatura minima giornaliera superiore a 20°C	Disagio termico	Salute

Le caratteristiche del clima passato e presente sono state analizzate calcolando gli indicatori di Tabella 1 per le serie di dati restituite dalla rianalisi ERA5@2km sul periodo 1981-2020. Ciascun indicatore è stato analizzato in primo luogo come media spaziale sulla regione con riferimento al trentennio caratterizzato, fornendo anche un'informazione sulla variabilità spaziale dell'indicatore stesso attraverso la sua deviazione standard. Tali risultati sono riportati in Tabella 2.

Tabella 2- Medie spaziali degli indicatori calcolati sulla regione Sardegna a partire dalla rianalisi ERA5-2km per il periodo 1981-2010; nelle colonne +/-SD viene invece riportata una stima della variabilità spaziale su scala regionale tramite il calcolo della deviazione standard)

Indicatore	Valore medio spaziale	+/-SD
TG (°C)	15.8	1.6
TX95PRCTILE (°C)	34.4	2.2
TX99PRCTILE (°C)	38.0	2.1
TXX (°C)	40.2	2.1
TN99PRCTILE (°C)	24.5	0.9
TNX (°C)	25.8	0.9
PRCPTOT (%)	456	122
R20 (giorni)	5	2
RX1DAY (mm/giorni)	51	14
RX5DAY (mm/giorni)	78	22
PR95PRCTILE (mm)	26	4
PR99PRCTILE (mm)	49	12
R99TOT (%)	8	1
TR100PR (mm)	132	56
CDD (giorni)	64	13
ID (giorni)	1	2
WSDI (giorni)	4	1
HW (giorni)	18	13
HWN (occorrenza)	3	1
TR (giorni)	46	16

Per un sotto-insieme di questi indicatori è mostrato nelle Figure successive (Figura 1, Figura 2, Figura 3, Figura 4, Figura 5, Figura 6 e Figura 7) le relative mappe dei valori medi ottenuti (o di distribuzioni) ancora una volta sul trentennio 1981-2010.

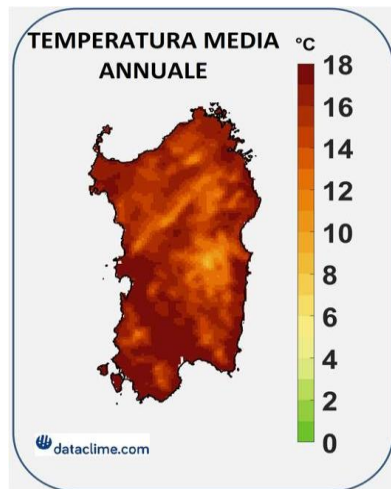


Figura 1- Temperatura media annuale, TG. Elaborazione rianalisi ERA5@2KM sul periodo 1981-2010

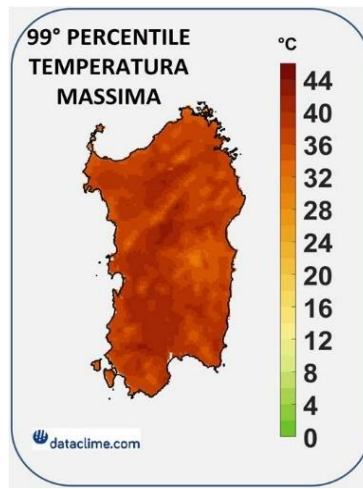


Figura 2-99° percentile della temperatura massima, TX99PRCTILE. Elaborazione rianalisi ERA5@2KM sul periodo 1981-2010

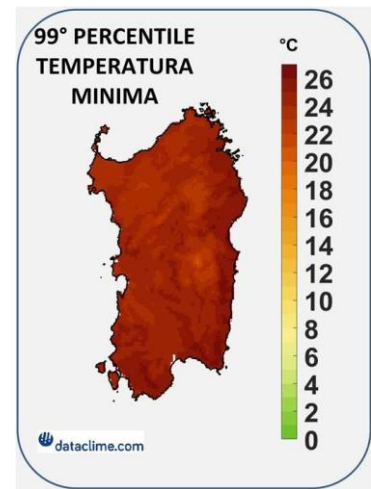


Figura 3-99° percentile della temperatura minima, TN99PRCTILE. Elaborazione rianalisi ERA5@2KM sul periodo 1981-2010

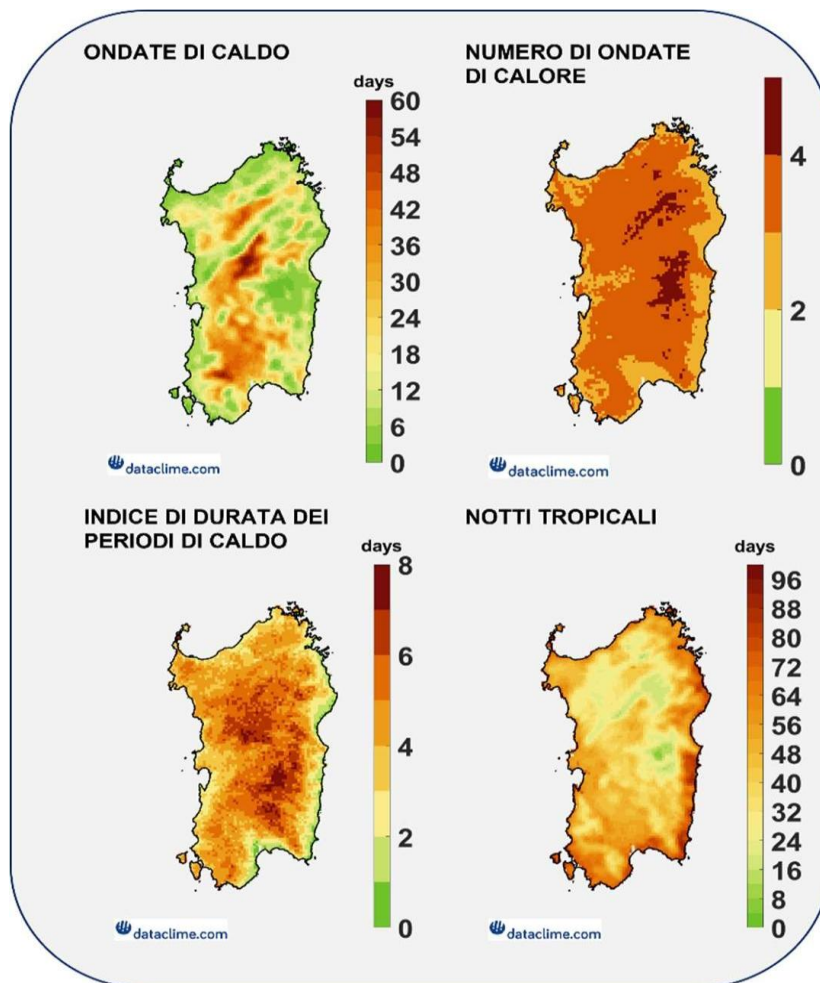


Figura 4-(sulla linea superiore, da sinistra verso destra) ondate di caldo, HW; numero di ondate di calore, HWN; (sulla seconda linea, da sinistra verso destra) indice di durata dei periodi di caldo, WSDI; numero di notti tropicali, TR. Elaborazione rianalisi ERA5@2km sul periodo 1981-2010.

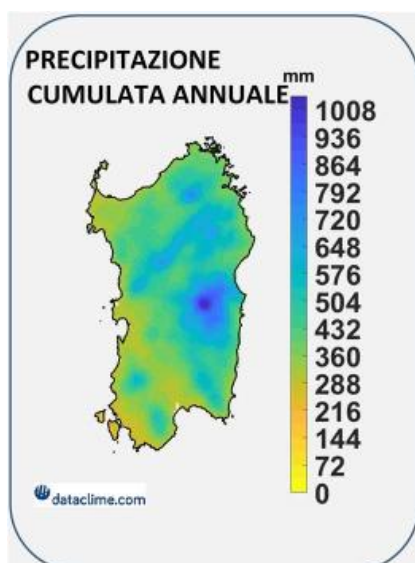


Figura 5- Precipitazione cumulata annuale, PRCPTOT. Elaborazione rianalisi ERA5@2KM sul periodo 1981-2010

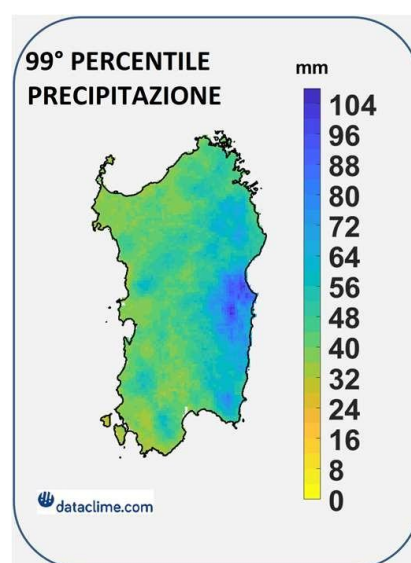


Figura 6-99° percentile della precipitazione, PR99PRCTILE. Elaborazione rianalisi ERA5@2KM sul periodo 1981-2010

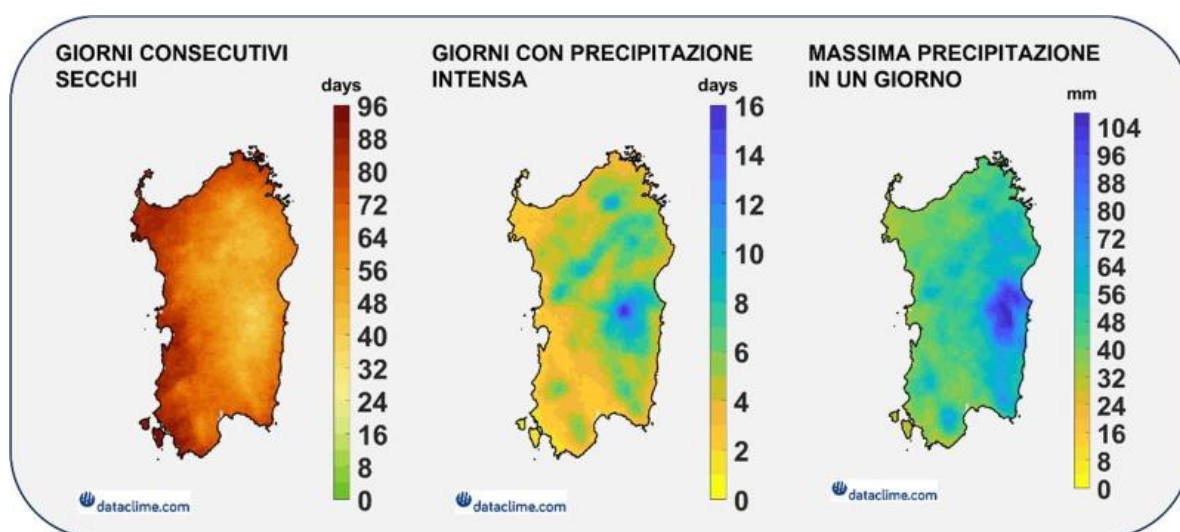


Figura 7-(a sinistra) giorni consecutivi secchi, CDD; (al centro) giorni con precipitazione intensa, R20; (a destra) massima precipitazione in 1-giorno, RX1DAY. Elaborazione rianalisi ERA5@2km sul periodo 1981-2010.

Il valore medio della temperatura media annuale (TG) nella regione Sardegna è di circa 16°C con una variabilità su scala regionale di circa 2°C. Dal punto di vista spaziale (mappa in Figura 1) si evidenzia che le temperature medie annuali risultano essere più basse (tra 8 e 14° C) sul territorio montuoso (costituito dai Monti Limbara a nord, dal massiccio dei Monti del Gennargentu nella zona centro orientale e dai Monti di Alà, del Goceano, del Marghine ad occidente). Per quanto riguarda altri indicatori legati alla temperatura, la Sardegna è caratterizzata da un numero di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera maggiore di 35 °C (HW) di circa 18 giorni in media su tutta l'area, con valori massimi compresi tra 30 e 60 giorni nell'area interna pianeggiante (Figura 4, indicatore ondate di caldo). Al contrario, le aree montuose sono caratterizzate dai periodi di caldo più lunghi (WSDI) con valori di circa quattro giorni consecutivi per anno (Figura 4, indicatore di durata dei periodi di caldo). Anche il numero di ondate di calore (HWN) risulta essere maggiore sulle catene montuose a nord-est della Sardegna e sul massiccio dei Monti del Gennargentu (Figura 4, indicatore numero di ondate di calore). Infine, la Sardegna è caratterizzata da un numero annuale

medio di notti tropicali (TR) elevato (circa 46 giorni) con valori massimi in particolare sulla costa orientale della regione (Figura 4, indicatore notti tropicali).

Focalizzandosi sulle caratteristiche delle precipitazioni, il valore medio di precipitazione cumulata annuale (PRCPTOT) sulla Sardegna è di circa 456 mm con una variabilità su scala regionale di circa 122 mm. Dal punto di vista spaziale (mappa in Figura 5), i valori maggiori sono riscontrabili nelle aree montuose con valori che possono raggiungere circa 1000 mm all'anno su Punta La Marmora, la vetta più alta del massiccio dei Monti del Gennargentu. Di contro, l'area pianeggiante sud- occidentale della regione mostra precipitazioni piuttosto scarse. Per quanto riguarda altri indicatori legati alla precipitazione e ai suoi estremi, i giorni di precipitazione intensa (R20) sono circa 5 all'anno mediamente su tutta la regione con valori che superano i 10 giorni/anno nelle aree montuose della regione Sardegna, individuate come le più piovose (Figura 7, indicatore giorni con precipitazione intensa). La stessa dipendenza orografica si osserva per gli indicatori 99° percentile della precipitazione (PR99PRCTILE) e massima precipitazione in 1-giorno (RX1DAY) con valori medi rispettivamente di circa 49 mm e circa 51 mm su tutta la regione e valori maggiori fino ad oltre 90 mm che si localizzano sulle aree montuose (Figura 6; Figura 7, indicatore massima precipitazione in 1-giorno). Infine, in Sardegna la durata di giorni consecutivi senza precipitazione (CDD) è al più di 64 giorni (circa 2 mesi) con valori che tendono ad aumentare sulla zona occidentale fino ad arrivare a oltre 80-85 giorni (circa 3 mesi) (Figura 7, indicatore giorni consecutivi secchi).

Aumentando il livello di dettaglio dall'analisi regionale a quella provinciale, si riporta di seguito il profilo climatico relativo alla città metropolitana di Cagliari dove ricade l'area di intervento, precisamente nel comune di Sarroch.

Tabella 3- A sinistra medie spaziali degli indicatori calcolati sulla città metropolitana di Cagliari a partire dalla rianalisi ERA5-2km per il periodo 1981-2010;

Indicatore	Cagliari
	ERA5@2km
TG (°C)	16.8
TX95PRCTILE (°C)	34.8
TX99PRCTILE (°C)	38.2
TXX (°C)	40.3
TN99PRCTILE (°C)	25.2
TNX (°C)	26.4
PRCPTOT (mm)	382
R20 (giorni)	4
RX1DAY (mm/giorni)	48
RX5DAY (mm/giorni)	68
PR95PRCTILE (mm)	24

PR99PRCTILE (mm)	47
R99TOT (%)	8
TR100PR (mm)	124
CDD (giorni)	67
ID (giorni)	0
WSDI (giorni)	3
HW (giorni)	19
HWN (occorrenza)	3
TR (giorni)	60

Per un sotto-insieme di questi indicatori sono mostrate nelle Figure successive (Figura 8, Figura 9, Figura 10, Figura 11, Figura 5, Figura 6 e Figura 7) le relative mappe dei valori medi ottenuti (o di distribuzioni) ancora una volta sul trentennio 1981-2010.

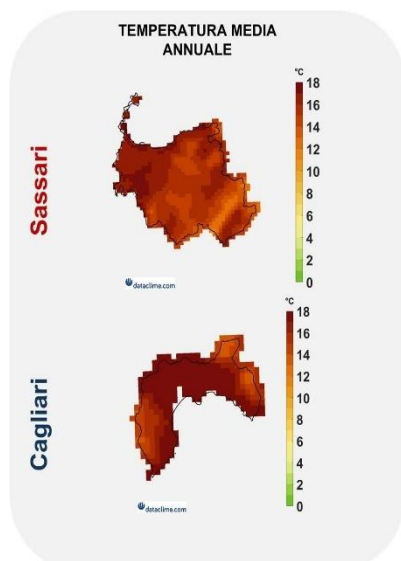


Figura 8- Temperatura media annuale, TG. Elaborazione rianalisi ERA5@2KM sul periodo 1981-2010

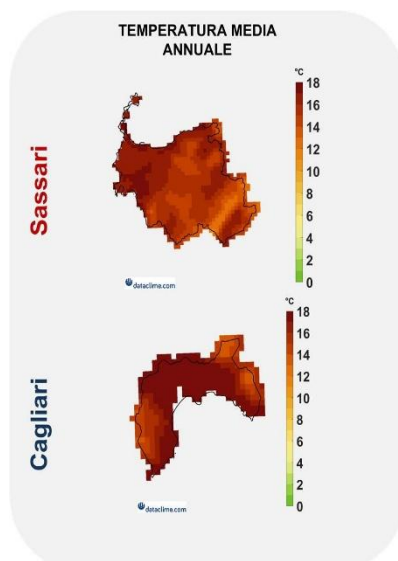


Figura 9-99° percentile della temperatura massima, TX99PRCTILE. Elaborazione rianalisi ERA5@2KM sul periodo 1981-2010

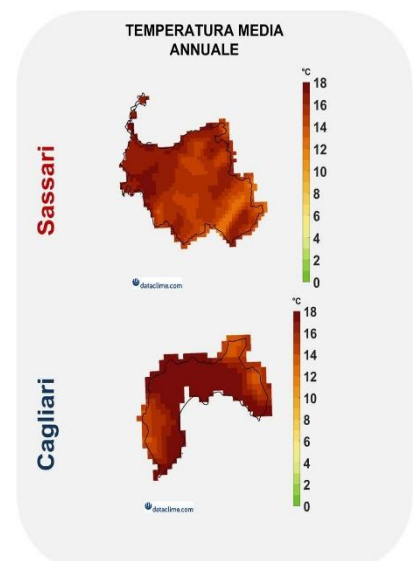


Figura 10-99° percentile della temperatura minima, TN99PRCTILE. Elaborazione rianalisi ERA5@2KM sul periodo 1981-2010

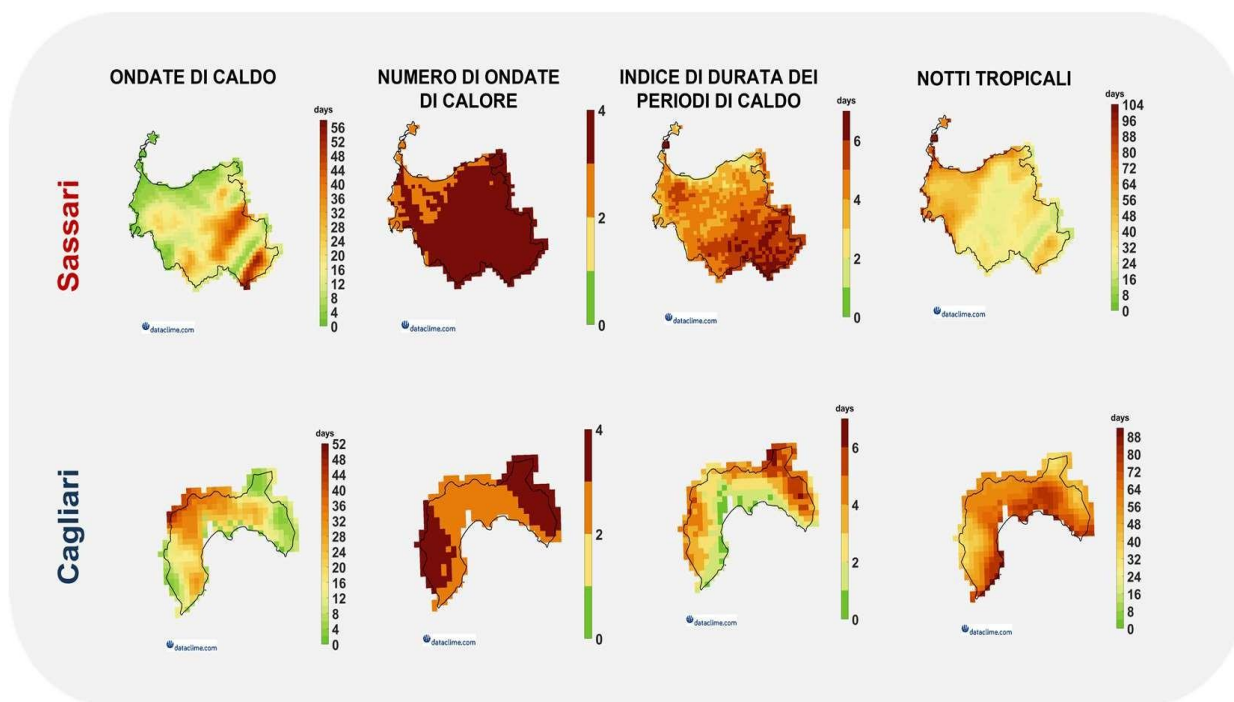


Figura 11-(da sinistra verso destra) ondate di caldo, HW; numero di ondate di calore, HWN; indice di durata dei periodi di caldo, WSDI; numero di notti tropicali, TR. Elaborazione rianalisi ERA5@2km sul periodo 1981-2010.

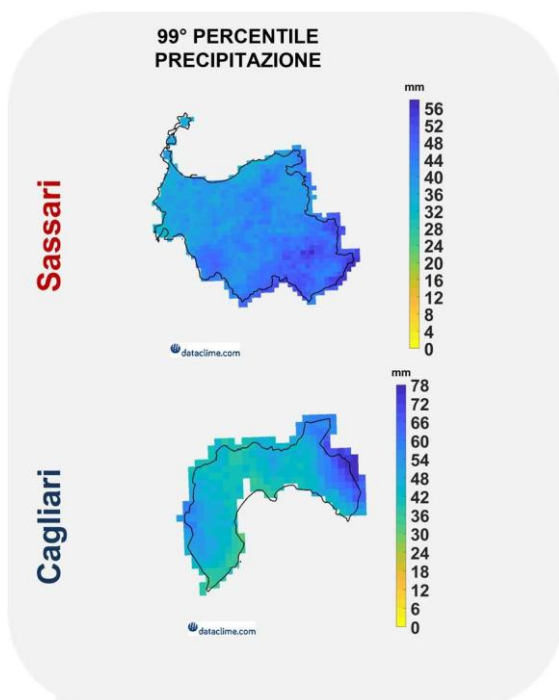


Figura 12-Precipitazione cumulata annuale, PRCPTOT. Elaborazione rianalisi ERA5@2KM sul periodo 1981-2010

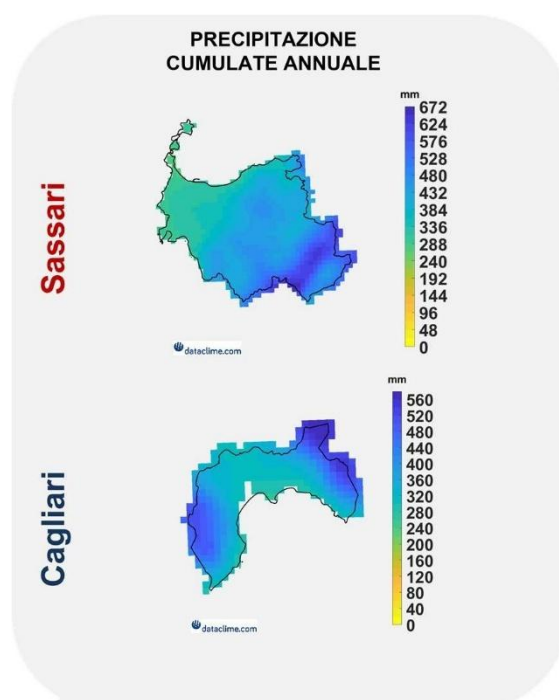


Figura 13-99° percentile della precipitazione, PR99PRCTILE. Elaborazione rianalisi ERA5@2KM sul periodo 1981-2010

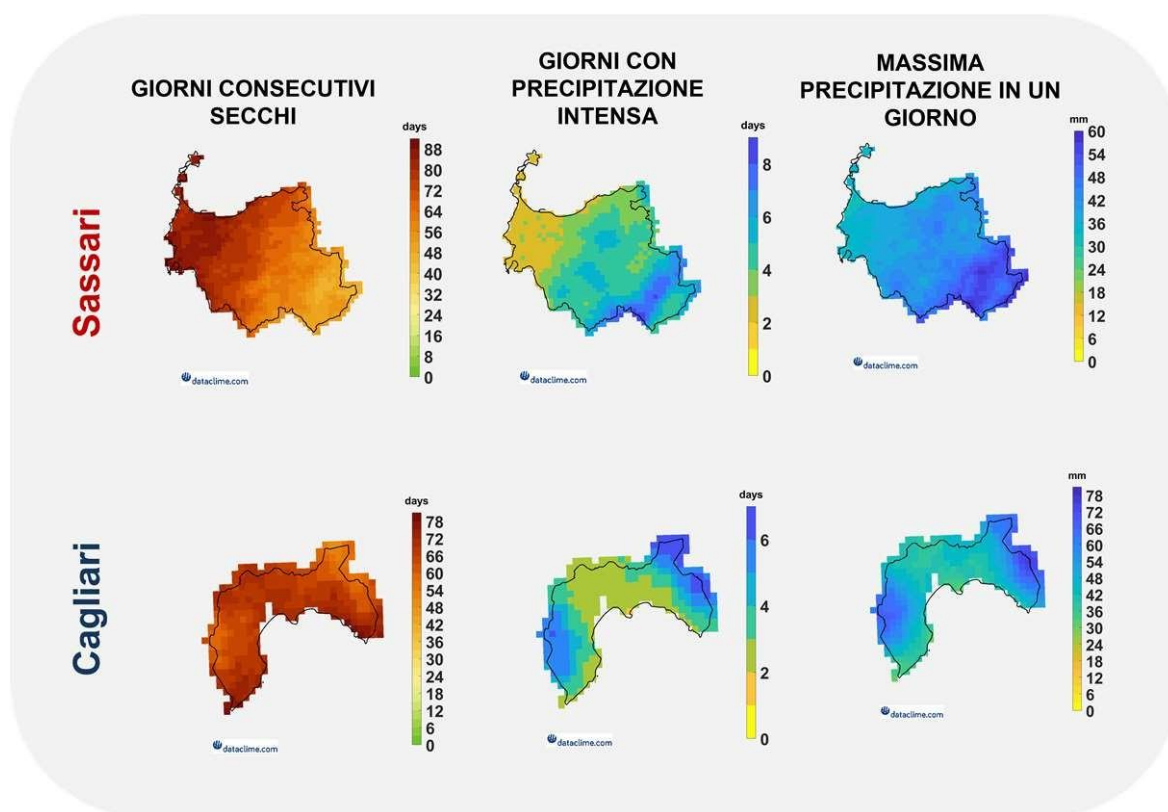


Figura 14-(a sinistra) giorni consecutivi secchi, CDD; (al centro) giorni con precipitazione intensa, R20; (a destra) massima precipitazione in 1-giorno, RX1DAY. Elaborazione rianalisi ERA5@2km sul periodo 1981-2010.

Nella città metropolitana di Cagliari presenta una temperatura media annua (TG) di 16,8 °C. Gli estremi di temperatura minima (TN99PRCTILE) sono elevati, con valori di 25,2 °C per le temperature massime e 23,8 °C per le temperature minime estreme, evidenziando un clima caratterizzato da notti calde. Il numero di onde di calore (HW) registrato è pari a 19 all'anno, anche se di durata inferiore rispetto ad altre zone, con un indice di durata delle onde di calore (WSDI) pari a 3 giorni. Inoltre, la città conta circa 60 giorni all'anno con temperature minime superiori ai 20 °C (notte tropicali), a indicare un significativo calore notturno prolungato.

Per quanto riguarda le precipitazioni, la quantità cumulata annuale si attesta intorno ai 382 mm, con valori di estremi di precipitazioni misurati tramite indicatori RX1DAY e PR99PRCTILE rispettivamente di 48 mm e 47 mm. Il massimo numero di giorni consecutivi senza pioggia (CDD) si aggira intorno ai 67 giorni, mentre il numero di giorni con precipitazioni intense (R20) è di circa 4 giorni l'anno.

5.2 ESPOSIZIONE AL CLIMA FUTURO

L'obiettivo di questa analisi è valutare l'esposizione futura del restauro forestale ai fenomeni climatici estremi, lungo tutto il suo ciclo di vita, con una proiezione al 2050 identificando le principali vulnerabilità e fornendo una base informativa per l'integrazione di strategie di adattamento nel progetto costruttivo. Anche in questo caso la valutazione è condotta attraverso un inquadramento progressivamente più dettagliato, che parte da una visione nazionale, prosegue con un approfondimento regionale e si conclude con un'analisi a livello provinciale. Questo approccio consente di acquisire una comprensione più precisa e localizzata delle condizioni climatiche.

I dati previsionali del PNACC si fondano su:

- le variazioni stagionali di temperatura e precipitazione per il medio (2021- 2050) e lungo (2071-2100) periodo;
- le anomalie trentennali (2021-2050 vs 1981-2010) degli indicatori selezionati per l'analisi della condizione climatica futura. Le anomalie climatiche si basano sulla differenza tra due periodi, uno futuro (2021-2050) e uno di riferimento (1981-2010), entrambi della durata di 30 anni.

Tra gli scenari realizzati e resi disponibili dall'Intergovernmental Panel on ClimateChange (IPCC), sono disponibili due possibili strade:

- RCP8.5 “scenario senza politiche climatiche” rappresenta lo scenario più estremo, quello che prevede nessuna iniziativa per ridurre la concentrazione di CO₂ in atmosfera e quindi l'innalzamento della temperatura media globale. (“Business-as-usual”) – Si assume una crescita delle emissioni ai ritmi attuali. Entro il 2100, si attendono concentrazioni atmosferiche di CO₂ triplicate o quadruplicate (840-1120 ppm) rispetto ai livelli preindustriali (280 ppm). Lo scenario RCP 8.5 risulta caratterizzato dal verificarsi di un consumo intensivo di combustibili fossili e dalla mancata adozione di qualsiasi politica di mitigazione con un conseguente innalzamento della temperatura globale pari a +4-5°C rispetto ai livelli preindustriali atteso per la fine del secolo.
- RCP4.5 “scenario con politiche climatiche”. (“Forte mitigazione”) – Questo scenario assume la messa in atto di alcune iniziative per controllare le emissioni. Sono considerati scenari di stabilizzazione: entro il 2070 le emissioni di CO₂ scendono al di sotto dei livelli attuali (400 ppm) e la concentrazione atmosferica si stabilizza, entro la fine del secolo, a circa il doppio dei livelli preindustriali. In RCP6.0, le emissioni di CO₂ continuano a crescere fino a circa il 2080; le concentrazioni impiegano più tempo a stabilizzarsi e sono circa il 25% superiori rispetto ai valori di RCP4.5.

I dati previsionali del PNACC “evidenziano un generale aumento delle temperature per entrambi gli scenari, più marcato nell'RCP8.5, con un incremento fino a 2°C. Per quanto riguarda la precipitazione, invece, lo scenario RCP4.5 proietta una generale riduzione in primavera ed un calo più accentuato in estate, soprattutto nel sud Italia e in Sardegna (fino al 60%). L'inverno invece, è caratterizzato da una lieve riduzione di precipitazione che interessa le Alpi e il sud Italia ed un leggero aumento in Sardegna e nella Pianura Padana. Infine, in autunno si osserva un generale lieve aumento delle precipitazioni, ad eccezione della Puglia. Lo scenario RCP8.5, invece, proietta un aumento delle precipitazioni invernali ed autunnali sul nord Italia e una lieve riduzione al sud. Le precipitazioni primaverili presentano una diminuzione sul sud Italia, mentre l'estate è caratterizzata da un accentuato aumento delle precipitazioni in Puglia (oltre il 60%) ed una riduzione altrove” (figura 5 pagina 17 dell'allegato 1 del PNACC).

Invece le variazioni stagionali di temperatura e precipitazione per il medio (2021-2050 vs 1981-2010) e lungo (2071-2100 vs 1981-2010) periodo, mostrano:

- per il lungo periodo (2071-2100), un generale aumento in tutte le stagioni tra i 3 °C e i 4 °C per lo

scenario RCP4.5. Invece, lo scenario RCP8.5 mostra un riscaldamento considerevolmente più alto, caratterizzato da una spiccata stagionalità, con un generale aumento sui 7 – 8 °C in estate sull'intero territorio. In termini di precipitazioni, lo scenario RCP4.5 indica in inverno un moderato aumento al nord ed una lieve riduzione al sud, mentre l'autunno è caratterizzato da una generale tendenza all'aumento della precipitazione ad eccezione di alcune zone lungo l'Appennino e in Calabria. In primavera si osserva una generale riduzione delle precipitazioni, mentre in estate si nota un calo più accentuato (fino al 60%) ad eccezione della Puglia, caratterizzata da un aumento. Il segnale di cambiamento climatico proiettato dallo scenario RCP8.5 è analogo a quello dell'RCP4.5 per inverno, primavera ed estate, ma con valori più accentuati. In particolare, in estate non si osserva più l'aumento di precipitazioni sulla Puglia e la generale riduzione di precipitazione raggiunge valori fino al 100%. Infine, in autunno si nota un segnale di cambiamento climatico quasi stazionario, ad eccezione dell'Appennino e del sud Italia, in cui si osserva una riduzione delle precipitazioni;

- per il medio periodo (2021-2050), in entrambi gli scenari, gli indicatori associati alla temperatura indicano un generalizzato incremento dei valori: aumento nei valori medi e dei summerdays (SU95p). Con lo scenario RCP4.5 si osserva una riduzione generale delle precipitazioni estive (SP) ad esclusione del basso versante adriatico, una riduzione delle precipitazioni invernali sulle Alpi, sugli Appennini e in Calabria e nell'area centro-orientale della Sicilia, ed una riduzione complessiva dell'evaporazione su tutto il territorio, specie in parte della Puglia e in Basilicata, escludendo le Alpi (probabilmente associato all'incremento di temperatura e variazione della copertura nevosa). Per quanto riguarda l'indicatore R20 si registrano variazioni contenute nell'intero territorio nazionale ad eccezione delle Alpi, con dei picchi su quelle occidentali. Per quanto riguarda la copertura nevosa e i frost days si registra una loro diminuzione generale, specie sulle aree montane prevalentemente interessate da tali fenomeni. Invece, lo scenario RCP8.5 proietta un aumento significativo delle precipitazioni estive sul basso versante adriatico (rispetto allo scenario di riferimento su questa zona), e un aumento complessivo nel centro-nord delle precipitazioni invernali e dell'evaporazione, a differenza del sud Italia dove si registra un comportamento opposto; per quanto concerne gli eventi estremi, è stimato un aumento generalizzato nella magnitudo (R95p) mentre le variazioni dell'indicatore R20 ricalcano quelle della precipitazione invernale con un aumento nell'Italia Centro-Settentrionale ed una riduzione nelle aree meridionali.

Sulla base di queste previsioni il PNACC ha identificato le caratteristiche climatiche attese in ciascuna macroregione, sempre tenendo conto dei due scenari RCP4.5 e RCP8.5.

Proiezioni 2021-2050 vs 1981-2010, scenario RCP4.5

Macroregioni climatiche omogenee	Descrizione delle aree climatiche omogenee principali che ricadono nelle macroregioni considerando lo scenario RCP4.5
1	<i>Aree climatiche omogenee: 1A, 1B e 1D.</i> <i>Anomalie principali:</i> in generale, per l'intera macroregione 1, si ha una riduzione rilevante delle precipitazioni estive e dei <i>frost days</i> . In particolare la macroregione 1 risulta piuttosto eterogenea in termini di aree climatiche omogenee presenti.
2	<i>Aree climatiche omogenee 2A, 2C, 2D.</i> <i>Anomalie principali:</i> il versante tirrenico e la maggior parte della Pianura Padana sono interessati da un aumento delle precipitazioni invernali e da una riduzione di quelle estive. Invece, per la parte ovest della pianura Padana e il versante adriatico, si osserva una riduzione sia delle precipitazioni estive che di quelle invernali. In generale si ha un aumento significativo dei <i>summer days</i> per l'intera macroregione 2.
3	<i>Aree climatiche omogenee: 3B, 3E.</i> <i>Anomalie principali:</i> per l'Appennino centro-meridionale si osserva una marcata riduzione delle precipitazioni estive, con l'area più interna caratterizzata da una riduzione delle precipitazioni sia estive che invernali. L'intera macroregione 3 presenta una riduzione complessiva dei <i>frost day</i> .
4	<i>Aree climatiche omogenee: 4E.</i> <i>Anomalie principali:</i> si osserva una riduzione degli eventi estremi, una riduzione complessiva dei <i>frost days</i> e della copertura nevosa.
5	<i>Aree climatiche omogenee: 5B, 5E.</i> <i>Anomalie principali:</i> all'interno della macroregione 5, caratterizzata in base al periodo di riferimento dai valori più rilevanti di precipitazione, si assiste ad una riduzione significativa delle precipitazioni e dei <i>frost days</i> .
6	<i>Aree climatiche omogenee: 6C, 6D.</i> <i>Anomalie principali:</i> per l'intera macroregione 6, area più calda e secca rispetto al periodo di riferimento, si osserva una complessiva riduzione delle precipitazioni estive ed un aumento moderato dei <i>summer days</i> . Inoltre la Sardegna e parte della Sicilia sono caratterizzate da un aumento delle precipitazioni invernali.

Proiezioni 2021-2050 vs 1981-2010, scenario RCP8.5

Macroregioni climatiche omogenee	Descrizione delle aree climatiche omogenee principali che ricadono nelle macroregioni considerando lo scenario RCP8.5
1	<i>Aree climatiche omogenee: 1B, 1C e 1E.</i> <i>Anomalie principali:</i> Nella parte dell'area che ricade in Toscana si assiste ad un aumento complessivo dei fenomeni di precipitazione e degli estremi. Le restanti aree sono interessate da una riduzione delle precipitazioni estive ed aumento di quelle invernali. In generale si ha una riduzione dei <i>frost days</i> , più rilevante rispetto all'RCP4.5.
2	<i>Aree climatiche omogenee: 2C, 2D, 2E.</i> <i>Anomalie principali:</i> per quanto riguarda la pianura Padana si assiste ad una riduzione delle precipitazioni estive e ad un aumento rilevante di quelle invernali; le restanti aree della macroregione 2 sono caratterizzate da un aumento complessivo dei fenomeni di precipitazione anche estremi. In generale si ha un aumento significativo dei <i>summer days</i> , come per lo scenario RCP4.5.
3	<i>Aree climatiche omogenee: 3B, 3C, 3D.</i> <i>Anomalie principali:</i> per tutta la macroregione 3 si osserva una riduzione significativa dei <i>frost days</i> (maggiore rispetto all'RCP4.5). Per l'Appennino centro-meridionale si ha in generale una riduzione delle precipitazioni estive, mentre per le aree più esterne si assiste ad un aumento delle precipitazioni estive e dei fenomeni di precipitazione estremi.
4	<i>Aree climatiche omogenee: 4A.</i> <i>Anomalie principali:</i> si osserva una riduzione delle precipitazioni estive e un aumento di quelle invernali. Inoltre si ha una riduzione generale sia dei <i>frost days</i> che della copertura nevosa, come per lo scenario RCP4.5.
5	<i>Aree climatiche omogenee: 5A.</i> <i>Anomalie principali:</i> la macroregione 5, caratterizzata in base al periodo di riferimento dai valori più significativi di precipitazione, risulta caratterizzata da un aumento delle precipitazioni invernali e da una riduzione delle precipitazioni estive.
6	<i>Aree climatiche omogenee: 6C, 6D.</i> <i>Anomalie principali:</i> si osserva un aumento significativo degli eventi estremi e in generale delle precipitazioni estive, in opposizione a quanto osservato per lo scenario RCP4.5.

A livello regionale, lo studio delle caratteristiche climatiche future della Sardegna è stato condotto utilizzando modelli climatici ad altissima risoluzione spaziale e temporale sviluppati recentemente dalla Fondazione CMCC. Queste sono state delineate valutando le potenziali variazioni attese sotto gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 per il periodo 2021-2050 rispetto al periodo di riferimento 1981-2010. Il profilo climatico storico e attuale della regione è stato generato grazie al modello VHR-PRO_IT (Raffa et al. 2023). I risultati dell'analisi sono riportati in Tabella 3 in termini di variazione media spaziale sulla regione e variabilità spaziale (in termini di deviazione standard).

Tabella 4-Variazione delle medie spaziali annuali degli indicatori calcolati sulla regione Sardegna; nella colonne +/-SD viene invece riportata una stima della variabilità spaziale su scala regionale (tramite il calcolo della deviazione standard). Le variazioni sono calcolate per il periodo 2021-2050 rispetto al 1981-2010 sotto gli scenari IPCC RCP4.5 e RCP8.5

Indicatore	RCP4.5		RCP8.5	
	Valore medio spaziale	+/-SD	Valore medio spaziale	+/-SD
TG (°C)	1.3	0.1	1.5	0.0
TX95PRCTILE (°C)	1.5	0.1	1.5	0.1
TX99PRCTILE (°C)	1.4	0.2	1.5	0.2
TXX (°C)	1.2	0.3	1.5	0.4
TN99PRCTILE (°C)	1.6	0.2	1.5	0.2
TNX (°C)	1.5	0.3	1.4	0.2
PRCPTOT (%)	1	6	2	3
R20 (giorni)	0	1	1	1
RX1DAY (mm/giorni)	23	15	17	11
RX5DAY (mm/giorni)	16	13	14	10
PR95PRCTILE (mm)	15	9	16	6
PR99PRCTILE (mm)	26	17	20	11
R99TOT (%)	5	3	4	2
TR100PR (mm)	33	33	22	28
CDD (giorni)	1	4	4	4
ID (giorni)	-1	1	-1	2
WSDI (giorni)	14	4	11	3
HW (giorni)	7	4	7	3
HWN (occorrenza)	105	21	105	25
TR (giorni)	17	4	17	5

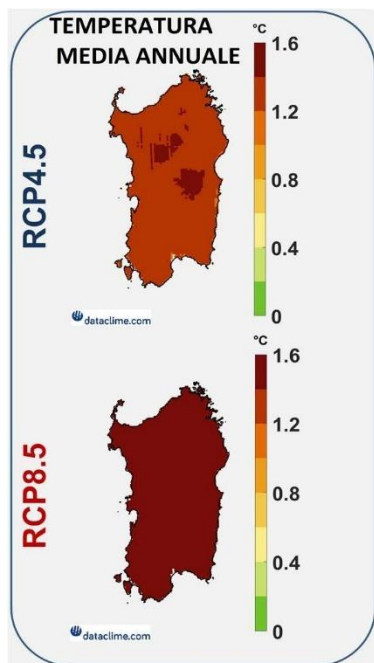


Figura 15- Variazione della temperatura media annuale, TG. Elaborazione proiezione climatica VHR-PRO_IT sotto gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 sul periodo 2021-2050 rispetto al riferimento 1981-2010.

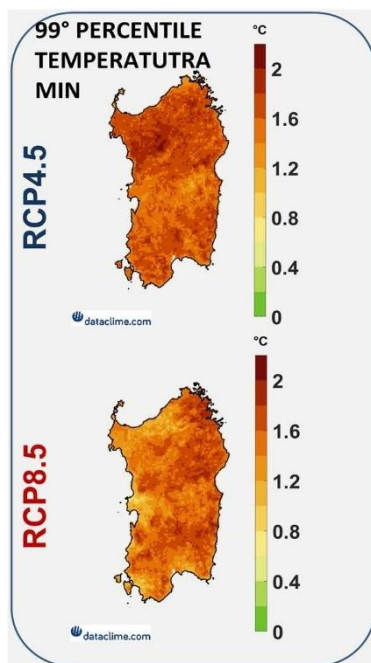


Figura 16- Variazione del 99° percentile della temperatura minima, TX99PRCTILE. Elaborazione proiezione climatica VHR-PRO_IT sotto gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 sul periodo 2021-2050 rispetto al riferimento 1981-2010

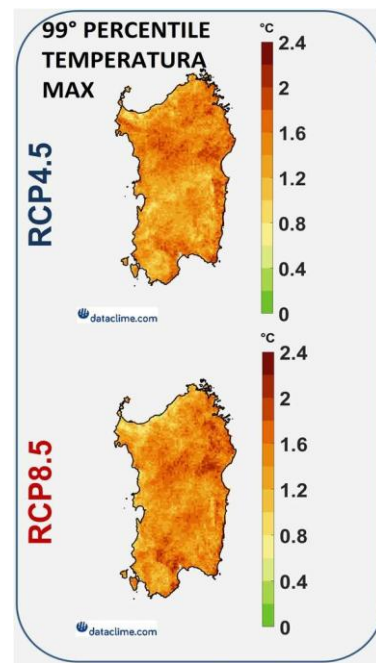


Figura 17- Variazione del 99° percentile della temperatura massima, TN99PRCTILE. Elaborazione proiezione climatica VHR-PRO_IT sotto gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 sul periodo 2021-2050 rispetto al riferimento 1981-2010

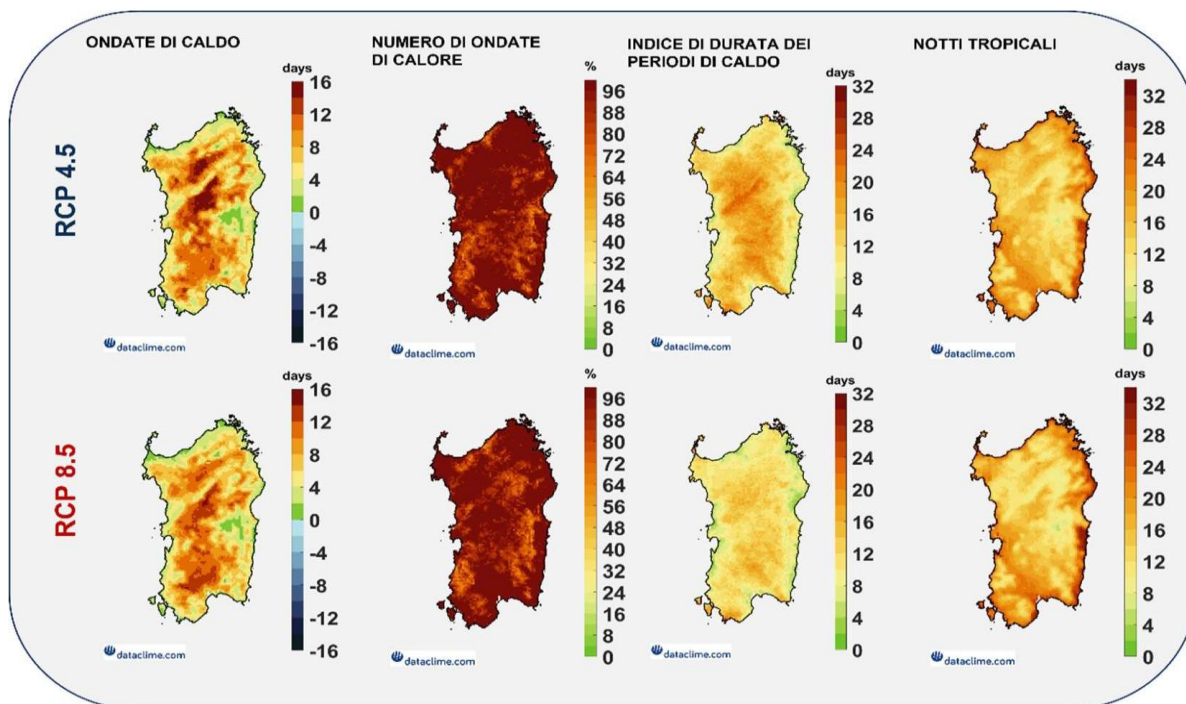


Figura 18-(da sinistra verso destra) Variazione del numero di ondate di caldo, HW; Variazione del numero di ondate di calore, HWN; Variazione dell'indice di durata dei periodi di caldo, WSDI; Variazione del numero di notti tropicali, TR. Elaborazione proiezione climatica VHR-PRO_IT sotto gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 sul periodo 2021-2050 rispetto al riferimento 1981-2010.

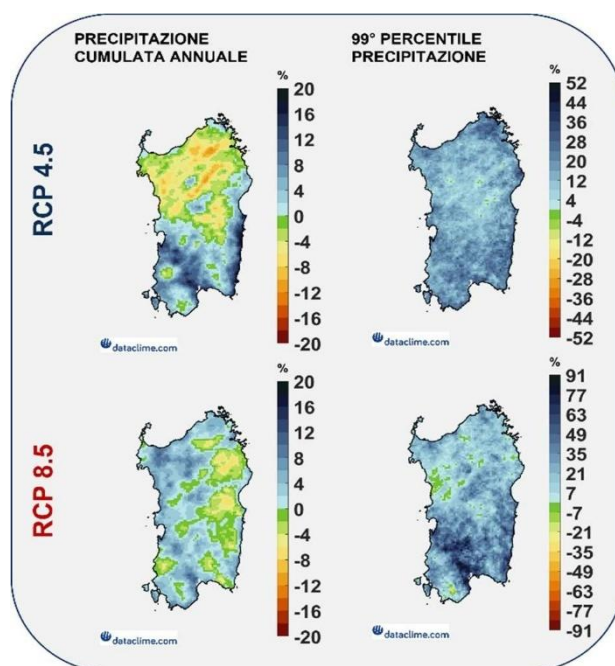


Figura 19-: (a sinistra) Variazione della precipitazione cumulata annuale, *PRCPTOT*; (a destra) Variazione del 99° percentile della precipitazione, *PR99prtile*. Elaborazione proiezione climatica *VHR-PRO_IT* sotto gli scenari *RCP4.5* e *RCP8.5* sul periodo 2021-2050 rispetto al riferimento 1981-2010

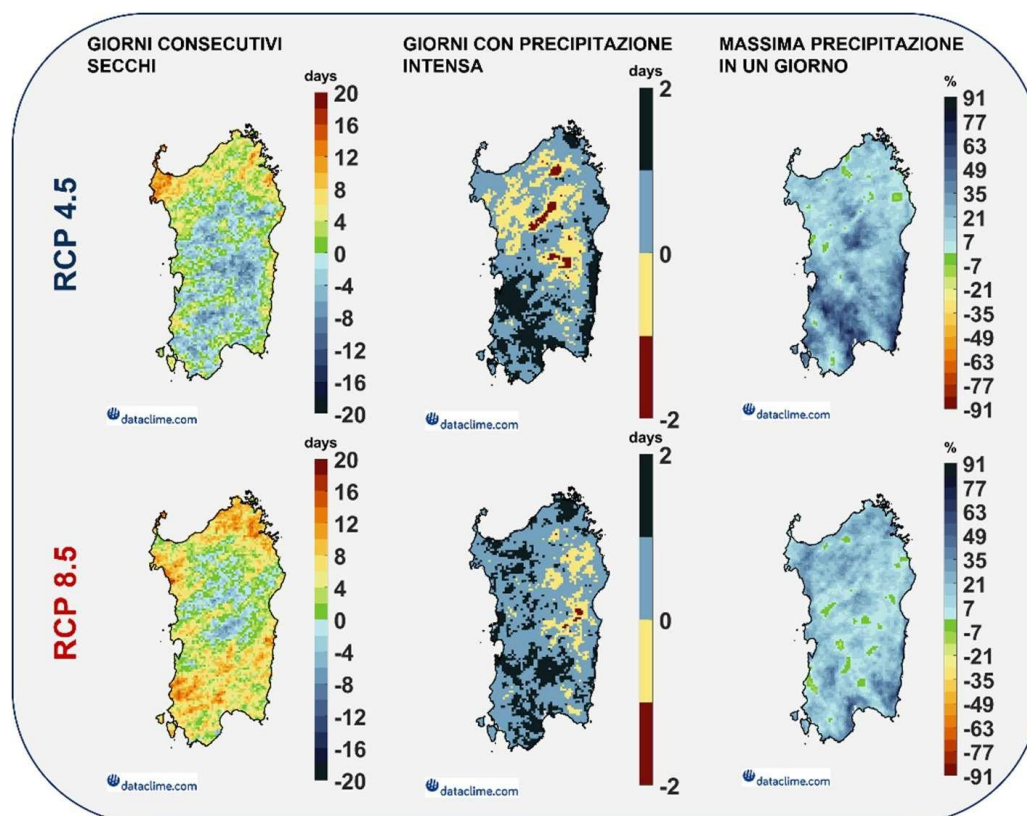


Figura 20 -(a sinistra) Variazione del numero massimo di giorni consecutivi secchi, *CDD*; (al centro) Variazione del numero giorni con precipitazione intensa, *R20*; (a destra) Variazione della massima precipitazione in 1-giorno, *RX1DAY*. Elaborazione proiezione climatica *VHR-PRO_IT* sotto gli scenari *RCP4.5* e *RCP8.5* sul periodo 2021-2050 rispetto al riferimento 1981-2010.

In generale, è atteso un aumento degli indicatori di temperatura media e degli estremi su tutta l'area di studio con una magnitudo strettamente collegata alle ipotesi di scenario considerate. In particolare, gli aumenti sono più marcati nell'ipotesi di scenario RCP8.5 rispetto allo scenario RCP4.5. In dettaglio, è atteso un aumento uniforme dal punto di vista spaziale della temperatura media (TG) di 1.3 °C e 1.5 °C per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 rispettivamente. Tendenze analoghe sono attese per gli estremi di temperatura massima e di temperatura minima (TX99PRCTILE e TN99PRCTILE) con incrementi medi rispettivamente di 1.4 °C e 1.6 °C per lo scenario RCP4.5 e 1.5°C e 1.5°C per lo scenario RCP8.5. Per questi indicatori, la variabilità spaziale è praticamente la stessa (deviazione standard = ± 0.2 °C). Per quanto riguarda le variazioni in numeri di giorni/occorrenze di indicatori legati alla temperatura massima e alla temperatura minima, è atteso un aumento del numero di ondate di caldo (HW) di 7 giorni per lo scenario RCP4.5 e 86 giorni per lo scenario RCP8.5; allo stesso modo, è proiettato un aumento percentuale del numero di eventi di ondate di calore (HWN) del 105% per lo scenario RCP4.5 e del 106% per lo scenario RCP8.5, con una significativa variabilità spaziale (deviazione standard di $\pm 22\%$ nel primo caso e $\pm 27\%$ nel secondo caso). Anche l'indice di durata dei periodi di caldo (WSDI) è atteso aumentare nel 2021-2050 rispetto al 1981-2100 di 13 giorni per lo scenario RCP4.5 e 11 giorni per lo scenario RCP8.5. Infine, è proiettato un aumento del numero di notti tropicali (TR) di circa 17 giorni per entrambi gli scenari con maggiori variazioni lungo la costa orientale dell'isola.

Per quanto riguarda la precipitazione, le proiezioni sotto le due ipotesi di scenario considerate indicano un leggero incremento della precipitazione cumulata sull'anno (PRCPTOT) con una variabilità spaziale desunta dalla deviazione standard del 6% sotto lo scenario RCP4.5 e del 3% sotto

Lo scenario RCP8.5. Dal punto di vista spaziale, inoltre, si nota una riduzione a nord della Sardegna e un aumento al sud. L'analisi degli estremi di precipitazione restituisce un generale incremento dei massimi di pioggia in 1-giorno (RX1DAY) e degli indicatori espressi in termini di percentili (ad esempio PR99PRCTILE). Per entrambi gli indicatori, tali incrementi sono maggiori sotto lo scenario RCP4.5 (23% e 26% rispettivamente) rispetto allo scenario RCP8.5 (17% e 20% rispettivamente) con anche una maggiore variabilità spaziale. Ciononostante, solo in alcune aree della Sardegna è atteso un lieve aumento, di al più 2 giorni, del numero di giorni con precipitazione intensa (R20). Infine, in accordo con la definizione di scenario RCP4.5, è atteso un aumento del massimo numero di giorni consecutivi con assenza di precipitazioni (CDD) sulla parte settentrionale dell'area di studio, mentre in gran parte del centro e del sud della Sardegna è attesa una riduzione di tali valori. Al contrario, le proiezioni mostrano un aumento di CDD nel caso dello scenario RCP8.5 su gran parte della regione.

Aumentando il livello di dettaglio dall'analisi regionale a quella provinciale riguarda le variazioni attese sul futuro emerge che i risultati sono in linea con quelli regionali sebbene con delle differenze per gli indicatori relativi agli estremi di precipitazione. Nello specifico è atteso un aumento della massima precipitazione su 1-giorno (RX1DAY) del 37% per lo scenario RCP4.5 e 28% per lo scenario RCP8.5. Una simile tendenza è attesa per la variazione del 99° percentile della precipitazione (PR99PRCTILE, con aumenti nelle ipotesi di scenario RCP4.5 e RCP8.5 rispettivamente del 43% e 32%.

Tabella 5- (a sinistra) Medie spaziali degli indicatori calcolati sulla città metropolitana di Cagliari a partire dalla rianalisi ERA5-2km per il periodo 1981-2010; (a destra) Variazioni delle medie spaziali annuali degli indicatori climatici calcolati per le città metropolitana di Cagliari considerando il periodo 2021-2050 rispetto al 1981-2010 sotto gli scenari IPCC RCP4.5 e RCP8.5

Indicatore	Cagliari
	ERA5@2km
TG (°C)	16.8
TX95PRCTILE (°C)	34.8
TX99PRCTILE (°C)	38.2
TXX (°C)	40.3
TN99PRCTILE (°C)	25.2
TNX (°C)	26.4
PRCPTOT (mm)	382
R20 (giorni)	4
RX1DAY (mm/giorni)	48
RX5DAY (mm/giorni)	68
PR95PRCTILE (mm)	24
PR99PRCTILE (mm)	47
R99TOT (%)	8
TR100PR (mm)	124
CDD (giorni)	67
ID (giorni)	0
WSDI (giorni)	3
HW (giorni)	19
HWN (occorrenza)	3
TR (giorni)	60

Indicatore	Cagliari	
	RCP4.5	RCP8.5
TG (°C)	1.3	1.5
TX95PRCTILE (°C)	1.5	1.6
TX99PRCTILE (°C)	1.5	1.6
TXX (°C)	1.5	1.8
TN99PRCTILE (°C)	1.6	1.4
TNX (°C)	1.7	1.4
PRCPTOT (%)	6	3
R20 (giorni)	1	1
RX1DAY (mm/giorni)	37	28
RX5DAY (mm/giorni)	29	27
PR95PRCTILE (mm)	23	21
PR99PRCTILE (mm)	43	32
R99TOT (%)	8	6
TR100PR (mm)	49	38
CDD (giorni)	0	5
ID (giorni)	0	0
WSDI (giorni)	12	10
HW (giorni)	6	7
HWN (occorrenza)	113	128
TR (giorni)	19	21

In questa fase dell'analisi del rischio climatico, si riporta la sintesi dei principali pericoli a cui l'opera di imboscamento, situata nel territorio comunale di Sarroch, risulta maggiormente esposta suddivisi in base al clima attuale e futuro. Alcuni eventi, quali valanghe, cedimenti di dighe, erosione costiera sono stati esclusi a priori in quanto ritenuti non pertinenti rispetto alle caratteristiche del territorio oggetto di analisi. I risultati dell'analisi futuro vengono sintetizzati nella tabella seguente in linea con quella prodotto dalla COM 373/2021 per l'analisi dell'esposizione.

L'analisi dell'esposizione dell'opera a verde viene effettuata considerando lo stato dell'opera a regime, ovvero nella sua forma completa e stabilizzata, al fine di valutare con precisione le eventuali criticità e le interazioni con l'ambiente circostante nel lungo termine.

ANALISI DELL'ESPOSIZIONE							
Tabella indicativa dell'esposi- zione	Variabile pericoli climatici						
	Cambiamento della temperatura	Ondate di calore	Ondate di freddo.	Incendi di incolti	Ciclone, uragano, tifone Tromba d'aria	Siccità	Forti precipitazioni
Clima att uale	BASSA	BASSA	BASSA	MEDIA	BASSA	BASSA	BASSA
Clima fu- turo	BASSA	MEDIA	BASSA	ALTA	BASSA	MEDIA	BASSA
Punteggio più alto	BASSA	MEDIA	BASSA	ALTA	BASSA	MEDIA	BASSA

6. GIUDIZIO FINALE DI VULNERABILITÀ

L'analisi della vulnerabilità è l'ultimo passaggio della fase 1. Il suo scopo è quello di combinare i risultati dell'analisi della sensibilità e dell'esposizione con l'obiettivo di individuare i potenziali pericoli significativi e i rischi correlati.

Si può concludere di conseguenza che il ricorso alle analisi di cui alla fase 2 debbano avvenire nel caso in cui l'analisi della vulnerabilità dia come esito una vulnerabilità del progetto ai rischi climatici media o alta.

Conclusioni dello screening

Lo screening ha evidenziato situazioni di pericolo connesse ai cambiamenti climatici per l'area di intervento e per le aree ad essa connesse. In relazione agli incendi in cui viene valutata una vulnerabilità alta, mentre una vulnerabilità media è stata valutata per le ondate di calore e siccità. Queste tre variabili sono tutte fortemente connesse poiché si verificano nella stessa stagione e potenzialmente degli impatti cumulativi sull'imboschimento.

ANALISI DELLA VULNERABILITA'				
Tabella indicativa della vulnerabilità	Esposizione			
		ALTA	MEDIA	BASSA
Sensibilità	ALTA	Incendi di incolti		
	MEDIA		Ondate di calore	
			Siccità	
	BASSA			Ondate di freddo
				Ciclone, uragano, tifone Tromba d'aria
				Forti precipitazioni
				Cambiamento della temperatura

7. SOLUZIONI DI ADATTAMENTO AL CAMBIAMENTO CLIMATICO

L'opera di imboscamento rappresenta già di per sé una forma concreta di adattamento ai cambiamenti climatici. Infatti, essa contribuisce a ridurre la CO₂ atmosferica tramite processi di sequestro e stoccaggio, abbassare la temperatura locale, mitigare gli effetti dell'isola di calore urbano essendo considerabile una nature based solution (soluzione basata sulla natura). Ai fini di massimizzare i benefici di questi interventi si suggerisce di replicarli nel territorio comunale e nelle aree limitrofe per aumentare la connettività ecologica, favorendo così la diffusione della biodiversità e massimizzando i benefici dei servizi ecosistemici forniti dal bosco, come il miglioramento della qualità dell'aria, la regolazione del microclima e la stabilità idrogeologica. Questo approccio integrato promuoverebbe territori più resilienti e sostenibili di fronte ai cambiamenti climatici.

1.	<i>OGGETTO DELL' INCARICO</i>	1
2.	<i>DESCRIZIONE DELL' AREA DI INTERVENTO</i>	1
3.	<i>DESCRIZIONE DELL' OPERA</i>	5
4.	<i>COMPATIBILITÀ CON IL QUADRO DELLA PROGRAMMAZIONE E PIANIFICAZIONE</i>	8
5.	<i>ANALISI ALL' ESPOSIZIONE AL RISCHIO CLIMATICO</i>	14
5.1	<i>ESPOSIZIONE AL CLIMA ATTUALE</i>	14
5.2	<i>ESPOSIZIONE AL CLIMA FUTURO</i>	23
5.3	<i>STIMA DEI POTENZIALI IMPATTI ASSOCIATI AI CAMBIAMENTI CLIMATICI PRESENTI E FUTURI: CARATTERIZZAZIONE DI PERICOLOSITÀ</i>	32
6.	<i>GIUDIZIO FINALE DI VULNERABILITÀ</i>	33
7.	<i>SOLUZIONI DI ADATTAMENTO AL CAMBIAMENTO CLIMATICO</i>	34