

COMMITTENTE



DIREZIONE STAZIONI – INGEGNERIA E INVESTIMENTI STAZIONI

PROGETTAZIONE

MANDATARIA



NET Engineering S.R.L.

MANDANTE (se presente)



Alpina S.p.A.



VdP S.R.L.

STUDIO CATALANO srl

Studio Catalano S.R.L.

SOGGETTO TECNICO

DIREZIONE STAZIONI – INGEGNERIA STAZIONI

# PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA STAZIONE DI BERGAMO

## Riqualificazione e rifunzionalizzazione del complesso di stazione

### GENERALI

Valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità

PROGETTO	ANNO	SOTTOPRG.	LIVELLO	O.PRN. DISCIPL.	TIPO ELB.	F.FUNZ.	PROGRESSIV.	REV
326222		S01	PF	BGAB	AA	SX	E02	A

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato Il progettista	Data	Autorizzato Il Soggetto Tecnico	Data
A	Emissione finale	I. Cuoghi	12/09/22	A.Pilli	12/09/22	D. Tommasi Timbro e Firma	12/09/22	S. Borelli	12/09/22

POSIZIONE ARCHIVIO

LINEA


L627

SEDE TECNICA

LO0632

NOME DOC.

NUMERAZIONE

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	326222S01PFBGABAASXE02A	1 di 49

## INDICE

<b>1</b>	<b>VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITÀ .....</b>	<b>4</b>
1.1	PREMESSA .....	4
1.2	ANALISI DEI DATI STORICI OSSERVATI.....	5
1.3	ANALISI DI RESILIENZA AI CAMBIAMENTI CLIMATICI .....	10
1.3.1	Analisi del cambiamento climatico atteso di area vasta .....	12
1.3.2	Stima dei cambiamenti climatici sull'area della provincia di Bergamo .....	16
1.3.3	Stima conclusiva dei dati previsionali (valutazione CMCC) .....	22
1.4	PERICOLI LEGATI AL CLIMA E AL CAMBIAMENTO CLIMATICO.....	23
1.4.1	Interventi di progetto – Stazione di Bergamo .....	23
1.4.2	Ricognizione delle componenti ambientali potenzialmente interessate in fase di esercizio .....	25
1.4.3	Classificazione dei Pericoli legati al clima secondo l'Appendice A dei Criteri di Vaglio Tecnico....	27
<b>2</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>48</b>

**ELENCO FIGURE E TABELLE**

FIGURA 1-1 STAZIONI METEOREOLOGICHE BERGAMO –ARPA LOMBARDIA.....	6
FIGURA 1-2 TEMPERATURA 2012-2021 BERGAMO VIA GOISIS –ARPA LOMBARDIA .....	7
FIGURA 1-3 PRECIPITAZIONI 2012-2021 BERGAMO VIA GOISIS – ARPA LOMBARDIA .....	8
FIGURA 1-4 CONFRONTO PRECIPITAZIONI 2014-2021 BERGAMO VIA GOISIS/VIA MAFFEI – ARPA LOMBARDIA .....	9
FIGURA 1-5 VELOCITÀ DEL VENTO 2014-2021 - VIA GOISIS – ARPA LOMBARDIA .....	10
FIGURA 1-6 SCENARI DI EMISSIONE DI CO <sub>2</sub> CON RCP2.6, 4.5, 6, 8.5 (FONTE: IPPC - ASSESSMENT REPORT (AR5)) .....	11
FIGURA 1-7 PROIEZIONI DELLA TEMPERATURA MEDIA SULL'ITALIA DALL'ENSEMBLE EURO-CORDEX CON GLI SCENARI PIÙ ESTREMI RCP2.6 E RCP8.5 (FONTE: CMCC REPORT I CAMBIAMENTI CLIMATICI IN ITALIA - ANALISI DEL RISCHIO – 2020) .....	11
FIGURA 1-8 MEDIA TRENTENNALE DI RIFERIMENTO 1961-1990 A BERGAMO (FONTE: CENTROMETEO.NET).....	12
FIGURA 1-9 INDICATORI CLIMATICI MACROREGIONE 1 (PROVINCIA DI BERGAMO) (FONTE: PNACC - 2018) .....	12
FIGURA 1-10 RCP 4.5 – PROIEZIONI DELLA TEMPERATURA MEDIA DALLA SIMULAZIONE CLIMATICA ESEGUITA CON COSMO-CLM SULL'ITALIA CON GLI SCENARI RCP4.5 E RCP8.5 (FONTE: CMCC) .....	12
FIGURA 1-11 RCP 4.5 – PREVISIONE DELLA MEDIA ANNUALE DELLA TEMPERATURA MEDIA GIORNALIERA [°C], PER I TRE PERIODI PREVISIONALI 2021-2050, 2041-2070, 2071-2100. EVIDENZIATA IN ROSSO LA PROVINCIA DI BERGAMO - LE MAPPE INDICANO LE ANOMALIE IN TERMINI DI VALORI MEDI RISPETTO AL PERIODO DI RIFERIMENTO 1981-2010(FONTE: CMCC).....	13
FIGURA 1-12 RCP 8.5 – PREVISIONE DELLA MEDIA ANNUALE DELLA TEMPERATURA MEDIA GIORNALIERA [°C], PER I TRE PERIODI PREVISIONALI 2021-2050, 2041-2070, 2071-2100. EVIDENZIATA IN GIALLO LA PROVINCIA DI BERGAMO. LE MAPPE INDICANO LE ANOMALIE IN TERMINI DI VALORI MEDI RISPETTO AL PERIODO DI RIFERIMENTO 1981-2010(FONTE: CMCC).....	14
FIGURA 1-13 RCP 4.5 – PROIEZIONI DELLE PRECIPITAZIONI MEDIE DALLA SIMULAZIONE CLIMATICA ESEGUITA CON COSMO-CLM SULL'ITALIA CON GLI SCENARI RCP4.5 E RCP8.5 (FONTE: CMCC) .....	14
FIGURA 1-14 RCP 4.5 – PREVISIONE DEI GIORNI DI PRECIPITAZIONI INTENSE R20 (MEDIA ANNUALE DEL NUMERO DI GIORNI CON PRECIPITAZIONE GIORNALIERA SUPERIORE AI 20 MM [UNITÀ DI MISURA GIORNI/ANNO]) PER I TRE PERIODI PREVISIONALI 2021-2050, 2041-2070, 2071-2100. EVIDENZIATA IN ROSSO LA PROVINCIA DI BERGAMO. LE MAPPE INDICANO LE ANOMALIE IN TERMINI DI VALORI MEDI RISPETTO AL PERIODO DI RIFERIMENTO 1981-2010(FONTE: CMCC) .....	15
FIGURA 1-15 RCP 8.5 – PREVISIONE DEI GIORNI DI PRECIPITAZIONI INTENSE R20 (MEDIA ANNUALE DEL NUMERO DI GIORNI CON PRECIPITAZIONE GIORNALIERA SUPERIORE AI 20 MM [UNITÀ DI MISURA GIORNI/ANNO]) PER I TRE PERIODI PREVISIONALI 2021-2050, 2041-2070, 2071-2100. EVIDENZIATA IN ROSSO LA PROVINCIA DI BERGAMO. LE MAPPE INDICANO LE ANOMALIE IN TERMINI DI VALORI MEDI RISPETTO AL PERIODO DI RIFERIMENTO 1981-2010(FONTE: CMCC) .....	15
FIGURA 1-16 RCP 8.5 – ZONAZIONE CLIMATICA SUL PERIODO CLIMATICO DI RIFERIMENTO (1981-2010). PIANO NAZIONALE DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI (2018) .....	16
FIGURA 1-17 RCP 8.5 – MACROREGIONE 1 - PREALPI E APPENNINO SETTENTRIONALE. PIANO NAZIONALE DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI (2018) .....	17
FIGURA 1-18 RCP 8.5 – VALORI MEDI E DEVIATIONE STANDARD DEGLI INDICATORI PER LA MACROREGIONE 1 - PREALPI E APPENNINO SETTENTRIONALE. PIANO NAZIONALE DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI (2018) .....	18
TABELLA 1-19 INDICATORI CLIMATICI CONSIDERATI (FONTE: PNACC ALLEGATO I - 2018) .....	18
FIGURA 1-20 SCENARIO RCP4.5: MAPPA DEI CLUSTER INDIVIDUATI PER LA MACROREGIONE 1 (FONTE: PNACC ALLEGATO I - 2018) .....	19
FIGURA 1-21 ZONAZIONE CLIMATICA DELLE ANOMALIE (2021-2050 vs 1981-2010, SCENARIO RCP4.5) PER LA MACROREGIONE 1. EVIDENZIATI IN ROSSO I DATI DELL'AREA DI BERGAMO (FONTE: PNACC ALLEGATO I - 2018).....	19
FIGURA 1-22 SCENARIO RCP8.5: MAPPA DEI CLUSTER INDIVIDUATI PER LA MACROREGIONE 1 (FONTE: PNACC ALLEGATO I - 2018) .....	20
FIGURA 1-23 ZONAZIONE CLIMATICA DELLE ANOMALIE (2021-2050 vs 1981-2010, SCENARIO RCP8.5) PER LA MACROREGIONE 1. EVIDENZIATI IN ROSSO I DATI DELL'AREA DI BERGAMO (FONTE: PNACC ALLEGATO I - 2018).....	21
FIGURA 1-24 PRINCIPALI VARIAZIONI CLIMATICHE PER LA MACROREGIONE 1 (2021-2050 vs 1981-2010, SCENARIO RCP4.5) (FONTE: PNACC - 2018).....	22
FIGURA 1-25 PRINCIPALI VARIAZIONI CLIMATICHE PER LA MACROREGIONE 1 (2021-2050 vs 1981-2010, SCENARIO RCP8.5) (FONTE: PNACC - 2018).....	22
FIGURA 1-26 PLANIMETRIA AMBITI INTERVENTO- PIANO TERRA _STATO DI PROGETTO.....	23
FIGURA 1-27 PLANIMETRIA AMBITI INTERVENTO-PIANO COPERTURE .....	24

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	3 DI 48

FIGURA 1-28 PRECIPITAZIONI 2012-2021 BERGAMO VIA GOISIS – ARPA LOMBARDIA.....	40
FIGURA 1-29 STRALCIO CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DELLE ALLUVIONI PGRA DEL DISTRETTO PADANO – PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI.....	40

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITÀ SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITÀ	4 DI 48

# 1 VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITÀ

## 1.1 PREMESSA

L'analisi in oggetto fa riferimento al Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE) della Stazione di Bergamo.

Al fine di ottemperare a quanto specificato dall'articolo 11 del Regolamento UE 852/2020, in termini di contributo sostanziale all'adattamento ai cambiamenti climatici, e garantire il perseguimento degli obiettivi ambientali (art. 9 852/2020 UE), si è proceduto all'analisi dei fattori potenzialmente connessi alla tematica in oggetto.

Nello specifico, di seguito, viene effettuata la valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità, in ottemperanza a quanto indicato dai Criteri di Vaglio Tecnico riportati nel par. 6.14 (Infrastrutture per il trasporto ferroviario) nell'Allegato II al Regolamento Delegato EU 2021/2139 del 4/06/21, e in Appendice A, al fine di dimostrare l'applicabilità del criterio DNSH all'obiettivo ambientale "Adattamento ai cambiamenti climatici".

Descrizione dell'attività - 6.14 (Infrastrutture per il trasporto ferroviario)

*"Costruzione, ammodernamento, gestione e manutenzione di ferrovie e metropolitane, nonché di ponti e gallerie, **stazioni**, terminali, impianti di servizio ferroviario e sistemi di gestione del traffico e della sicurezza, compresa la fornitura di servizi degli studi di architettura, di ingegneria, di stesura di progetti, di ispezione edile e i servizi di indagine e di mappatura e simili, nonché l'esecuzione di collaudi fisici, chimici o di prove analitiche di altro tipo di tutti i tipi di materiali e prodotti".*


Si riporta di seguito il criterio indicato in Appendice A.

*"La valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità deve essere effettuata conformemente alla seguente procedura:*

- a) esaminare l'attività per identificare quali rischi climatici fisici possono influenzare l'andamento dell'attività economica durante il ciclo di vita previsto;*
- b) se l'attività è considerata a rischio per uno o più rischi climatici fisici, deve essere effettuata una valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità per esaminare la rilevanza dei rischi climatici fisici per l'attività economica;*
- c) valutare le soluzioni di adattamento che possono ridurre il rischio fisico climatico individuato.*

*La valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità è proporzionata alla portata dell'attività e alla durata prevista, così che:*

- a) per le attività con una durata prevista inferiore a 10 anni, la valutazione è effettuata almeno ricorrendo a proiezioni climatiche sulla scala appropriata più ridotta possibile;*
- b) per tutte le altre attività, la valutazione è effettuata utilizzando proiezioni climatiche avanzate alla massima risoluzione disponibile nella serie esistente di scenari futuri coerenti con la durata prevista dell'attività, inclusi, almeno, scenari di proiezioni climatiche da 10 a 30 anni per i grandi investimenti.*

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	5 DI 48

*Le proiezioni climatiche e la valutazione degli impatti si basano sulle migliori pratiche e sugli orientamenti disponibili e tengono conto delle più attuali conoscenze scientifiche per l'analisi della vulnerabilità e del rischio e delle relative metodologie in linea con le relazioni del Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico.*

*Per le attività esistenti e le nuove attività che utilizzano beni fisici esistenti, l'operatore economico attua soluzioni fisiche e non fisiche («soluzioni di adattamento»), per un periodo massimo di cinque anni, che riducono i più importanti rischi climatici fisici individuati che pesano su tale attività. È elaborato di conseguenza un piano di adattamento per l'attuazione di tali soluzioni.*

*Per le nuove attività e le attività esistenti che utilizzano beni fisici di nuova costruzione, l'operatore economico integra le soluzioni di adattamento che riducono i più importanti rischi climatici individuati che pesano su tale attività al momento della progettazione e della costruzione e provvede ad attuarle prima dell'inizio delle operazioni.*

*Le soluzioni di adattamento attuate non influiscono negativamente sugli sforzi di adattamento o sul livello di resilienza ai rischi climatici fisici di altre persone, della natura, del patrimonio culturale, dei beni e di altre attività economiche; sono coerenti con i piani e le strategie di adattamento a livello locale, settoriale, regionale o nazionale; e prendono in considerazione il ricorso a soluzioni basate sulla natura o si basano, per quanto possibile, su infrastrutture blu o verdi.”*

La città di Bergamo, secondo la classificazione dei climi di Köppen, gode di un clima tipicamente temperato delle medie latitudini, piovoso o generalmente umido in tutte le stagioni e con estati molto calde. La vicinanza ai monti le permette tuttavia di evitare fenomeni di nebbia invernale persistente e di afa estiva.

Le precipitazioni si concentrano nei periodi compresi tra marzo e maggio, con un leggero calo nei mesi estivi, e un riacutizzarsi nel periodo compreso tra ottobre e novembre inoltrato. L'inverno è caratterizzato da una percentuale di piovosità molto bassa rispetto alla media italiana. In base alla media trentennale di riferimento 1961-1990, la temperatura media del mese più freddo, gennaio, si attesta a +1,5 °C; quella del mese più caldo, luglio, è di +22,4 °C. Le precipitazioni medie annue sono superiori ai 1.150 mm, mediamente distribuite in 97 giorni, e presentano un picco estivo ed autunnale e minimo relativo invernale. (fonte centrometeo.com)

Nel successivo paragrafo vengono comunque analizzate nel dettaglio le serie storiche dei dati meteorologici principali rilevati dalla rete di monitoraggio della città.

## 1.2 ANALISI DEI DATI STORICI OSSERVATI

L'ARPA Lombardia, a supporto della valutazione e previsione della qualità dell'aria ha realizzato una rete micrometeorologica costituita da stazioni con dotazione strumentale avanzata, con sensori meteorologici classici quali temperatura, umidità, direzione e velocità del vento, pressione e precipitazione.

La rete nasce con lo scopo di comprendere come le condizioni meteorologiche e micrometeorologiche influenzino la dispersione degli inquinanti nelle varie aree del territorio regionale.

Il Servizio Idrometeorologico Regionale, attivo in Arpa Lombardia dal 2004, fornisce un servizio pubblico di informazione meteorologica previsionale per il territorio lombardo e di monitoraggio idronivometeo in tempo reale: tale base conoscitiva ha numerose applicazioni, ad esempio la tutela dai rischi naturali, la gestione della risorsa idrica e la protezione ambientale.

Tutti i dati acquisiti dalle reti di monitoraggio sono validati e archiviati e resi disponibili al pubblico.

Le stazioni di misura scelte ed utilizzate per la selezione dei dati meteorologici storici dell'area urbana di Bergamo sono quelle di Via Maffei e via Goisis, a distanze variabili tra 1 e 3 km circa dalla Stazione di Bergamo. Nella seguente tabella vengono riportati i principali dati anagrafici e tecnici.

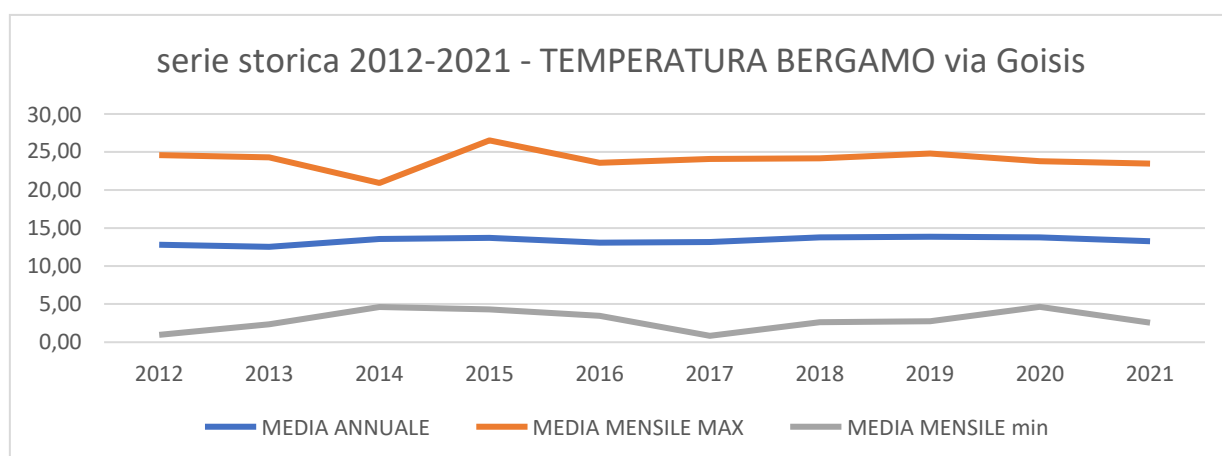
Stazione	Localizzazione	Coordinate (LAT-LON)	Parametri misurati
Id-594	Bergamo - Via Goisis	45,7152417 - 9,68927813	Precipitazioni, Temperatura, Vento, Umidità relativa, Radiazione solare
Id-1422	Bergamo - Via Maffei	45,6952031 - 9.67465072	Precipitazioni



Figura 1-1 Stazioni meteorologiche Bergamo – ARPA Lombardia

Al fine di ricostruire l'analisi meteoclimatica dell'area di studio, vengono riportate le serie storiche degli ultimi dieci anni (2012-2021) dei parametri significativi ai fini della valutazione del rischio climatico e analisi della vulnerabilità, quali Temperatura, Precipitazioni e Vento (per il parametro Vento dati disponibili dal 1/2/2014).

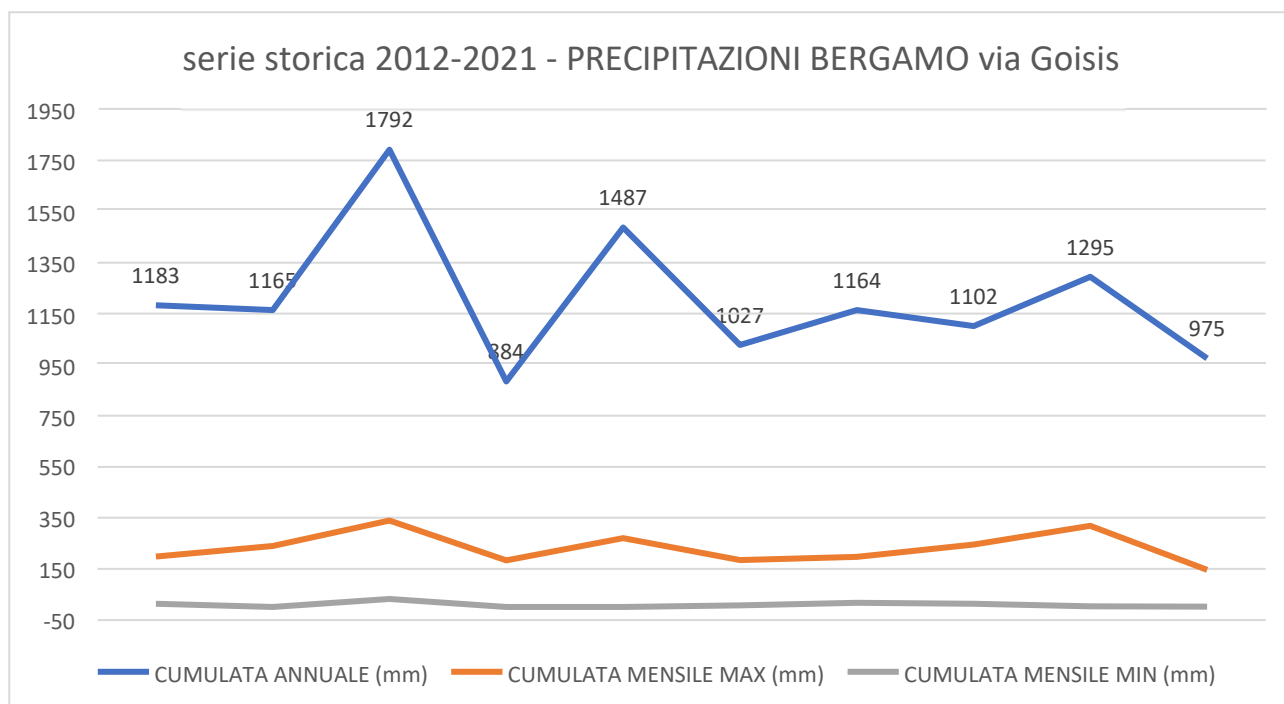
PARAMETRO	Unità di Misura
Temperatura	° C
Precipitazioni	mm cumulati
Vento (Velocità-Intensità)	m/s



	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
gennaio Temp °C	2.86	2.89	5.27	4.92	3.45	0.84	5.56	2.74	4.62	2.59
febbraio Temp °C	1.00	2.38	6.63	4.29	6.24	6.03	2.62	6.38	7.77	7.13
marzo Temp °C	11.37	6.01	10.43	9.35	8.51	11.15	6.85	10.25	8.55	9.11
aprile Temp °C	10.88	12.47	13.78	13.12	13.82	13.02	14.99	12.14	13.76	10.92
maggio Temp °C	16.17	14.20	16.49	17.97	15.49	17.59	17.70	13.82	17.84	15.90
giugno Temp °C	21.69	20.38	20.92	21.95	19.91	22.51	21.97	23.97	20.09	23.21
luglio Temp °C	23.38	24.27	20.86	26.53	23.55	23.80	23.99	24.79	23.75	23.49
agosto Temp °C	24.60	22.48	20.02	23.28	21.83	24.06	24.15	23.77	23.80	22.48
settembre Temp °C	17.69	18.54	18.24	17.53	19.87	16.28	19.59	18.85	19.18	19.80
ottobre Temp °C	13.14	13.92	14.93	12.70	12.18	13.52	15.05	14.69	12.25	12.37
novembre Temp °C	8.91	7.89	10.45	8.27	7.78	6.88	9.06	8.91	8.79	8.22
dicembre Temp °C	2.15	4.92	4.63	5.00	4.36	2.63	3.93	5.93	4.86	3.93
<b>MEDIA ANNUALE</b>	12.82	12.53	13.55	13.74	13.08	13.19	13.79	13.85	13.77	13.26
<b>MEDIA MENSILE MAX</b>	24.60	24.27	20.92	26.53	23.55	24.06	24.15	24.79	23.80	23.49
<b>MEDIA MENSILE min</b>	1.00	2.38	4.63	4.29	3.45	0.84	2.62	2.74	4.62	2.59

Figura 1-2 TEMPERATURA 2012-2021 Bergamo VIA GOISIS – ARPA Lombardia





	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
gennaio Precipit. mm	22.20	56.00	209.80	83.60	41.20	6.60	46.60	12.80	28.60	119.20
febbraio Precipit. mm	15.40	59.60	176.00	123.00	149.80	72.40	46.40	63.20	2.80	66.80
marzo Precipit. mm	13.60	172.00	63.00	33.20	56.60	21.80	198.00	13.60	88.40	2.00
aprile Precipit. mm	199.40	144.00	102.60	77.40	49.20	98.40	108.00	131.80	39.60	115.80
maggio Precipit. mm	140.80	240.00	45.80	73.20	209.60	185.60	157.40	163.80	143.60	101.80
giugno Precipit. mm	164.00	52.00	211.20	103.00	270.00	157.40	80.80	21.40	319.40	31.20
luglio Precipit. mm	61.20	108.20	205.60	43.60	244.80	130.80	112.80	98.20	67.60	107.40
agosto Precipit. mm	57.20	33.40	277.00	56.20	152.40	37.80	99.40	22.60	119.80	49.60
settembre Precipit. mm	138.60	0.40	32.60	95.00	92.00	163.60	19.00	55.80	149.60	111.40
ottobre Precipit. mm	134.80	106.40	54.80	183.80	100.80	12.40	158.20	171.80	162.60	147.00
novembre Precipit. mm	182.60	109.20	339.80	11.80	120.40	90.40	119.80	245.60	4.80	101.20
dicembre Precipit. mm	53.60	83.60	73.80	0.60	0.60	50.20	17.20	101.00	168.00	21.80
<b>CUMULATA ANNUALE (mm)</b>	<b>1183.40</b>	<b>1164.80</b>	<b>1792.00</b>	<b>884.40</b>	<b>1487.40</b>	<b>1027.40</b>	<b>1163.60</b>	<b>1101.60</b>	<b>1294.80</b>	<b>975.20</b>
<b>CUMULATA MENSILE MAX (mm)</b>	<b>199.40</b>	<b>240.00</b>	<b>339.80</b>	<b>183.80</b>	<b>270.00</b>	<b>185.60</b>	<b>198.00</b>	<b>245.60</b>	<b>319.40</b>	<b>147.00</b>
<b>CUMULATA MENSILE MIN (mm)</b>	<b>13.60</b>	<b>0.40</b>	<b>32.60</b>	<b>0.60</b>	<b>0.60</b>	<b>6.60</b>	<b>17.20</b>	<b>12.80</b>	<b>2.80</b>	<b>2.00</b>

Figura 1-3 PRECIPITAZIONI 2012-2021 Bergamo VIA GOISIS – ARPA Lombardia

Di seguito si riportano i dati delle precipitazioni misurati dalla centralina di via Maffei, disponibili a partire dal 1-2-2014. La centralina si trova a circa 1km dalla stazione di Bergamo, rispetto ai 3km circa della centralina di via Goisis.

Dal grafico di confronto sotto riportato, emerge una tendenza delle precipitazioni cumulate simile a quello di via Goisis, ma con valori leggermente inferiori, quindi, adottando un criterio conservativo, si ritiene rappresentativa la serie dei dati misurati dalla centralina di via Goisis.

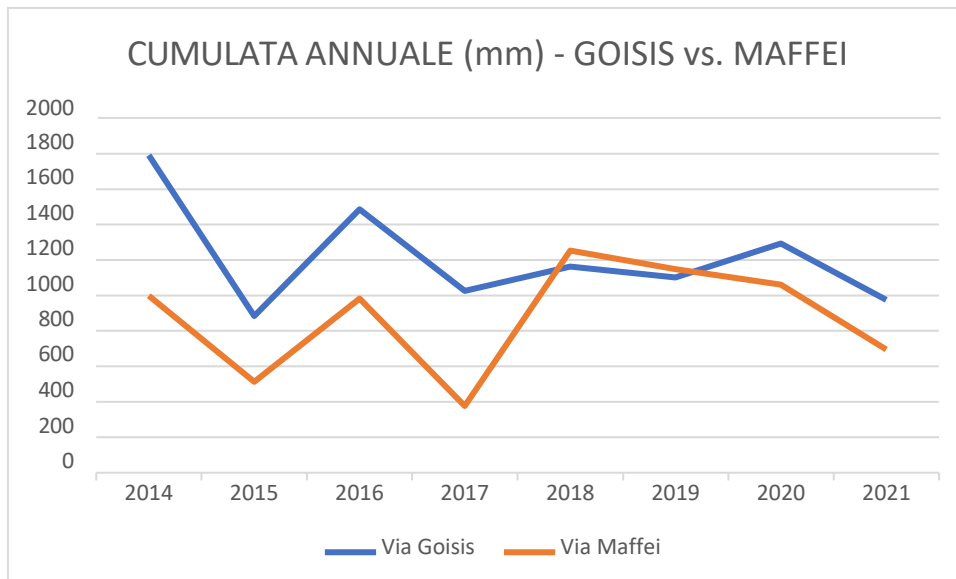
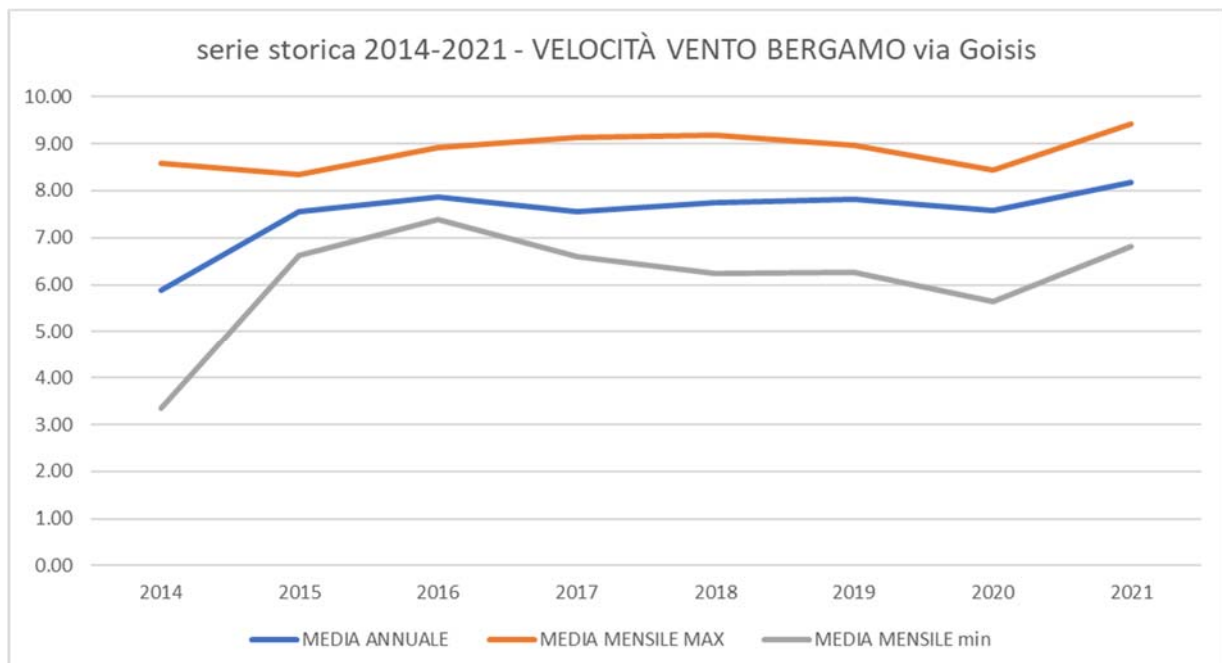


Figura 1-4 Confronto PRECIPITAZIONI 2014-2021 Bergamo VIA GOISIS/VIA MAFFEI – ARPA Lombardia

Si riportano, infine, i dati della velocità del vento misurati dalla centralina di via Goisis, disponibili a partire dal 1-2-2014.



	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
gennaio Vento m/s	nd	7.86	7.38	6.60	8.09	6.67	5.64	7.37
febbraio Vento m/s	3.47	7.46	7.41	7.11	6.24	7.09	7.39	6.82
marzo Vento m/s	3.36	7.85	8.01	6.64	8.05	8.75	6.88	7.68
aprile Vento m/s	3.67	6.61	7.39	8.15	7.61	7.49	7.04	7.42
maggio Vento m/s	3.70	7.70	7.82	6.88	9.17	7.98	7.34	8.51
giugno Vento m/s	4.24	8.35	8.57	9.13	8.04	7.55	7.58	8.39
luglio Vento m/s	8.58	7.32	8.93	7.82	8.98	7.84	7.68	9.25
agosto Vento m/s	7.90	7.84	8.34	8.45	8.17	8.64	8.37	9.01
settembre Vento m/s	7.34	7.83	7.39	8.25	6.98	7.93	8.21	8.74
ottobre Vento m/s	7.79	7.58	8.15	7.61	8.52	8.97	8.16	9.41
novembre Vento m/s	7.99	6.75	7.66	6.99	6.58	8.69	8.39	8.44
dicembre Vento m/s	6.63	7.50	7.38	7.04	6.64	6.26	8.44	6.96
<b>MEDIA ANNUALE</b>	5.88	7.55	7.87	7.56	7.76	7.82	7.59	8.17
<b>MEDIA MENSILE MAX</b>	8.58	8.35	8.93	9.13	9.17	8.97	8.44	9.41
<b>MEDIA MENSILE MIN</b>	3.36	6.61	7.38	6.60	6.24	6.26	5.64	6.82

Figura 1-5 VELOCITÀ DEL VENTO 2014-2021 - VIA GOISIS – ARPA Lombardia

### 1.3 ANALISI DI RESILIENZA AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

L'analisi del cambiamento climatico viene effettuata a scala mondiale dall'Ente Intergovernativo per i Cambiamenti Climatici (IPCC - Intergovernmental Panel for Climate Change) che, a cadenza regolare, circa ogni 5-6 anni, emette un report di sintesi basato su proiezioni future.

Tali previsioni vengono effettuate attraverso una serie di Modelli a Circolazione Globale (GCM – Global Circulation Model) che, attraverso la formulazione di diversi scenari di previsione, consentono di effettuare una stima futura (generalmente con un orizzonte temporale di cento anni) delle principali grandezze fisico-atmosferiche.

Gli scenari di previsione, RCP (Representative Concentration Pathways), vengono elaborati sulla base delle previsioni di concentrazione di CO<sub>2</sub> (GtCO<sub>2eq</sub>/anno) secondo 4 livelli, sono scenari climatici espressi in termini di concentrazioni di gas serra piuttosto che in termini di livelli di emissioni. 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: ad esempio, ciascun RCP mostra una diversa quantità di calore addizionale immagazzinato nel sistema Terra quale risultato delle emissioni di gas serra.

In particolare, tra gli scenari IPCC principalmente adottati per effettuare le simulazioni climatiche ad alta risoluzione, qui si propongono:

- RCP8.5 (comunemente associato all'espressione "Business-as-usual", o "Nessuna mitigazione") – crescita delle emissioni ai ritmi attuali. Tale scenario assume, entro il 2100, concentrazioni atmosferiche di CO<sub>2</sub> triplicate o quadruplicate (840-1120 ppm) rispetto ai livelli preindustriali (280 ppm).
- RCP4.5 ("Forte mitigazione") – assume la messa in atto di alcune iniziative per controllare le emissioni. Sono considerati scenari di stabilizzazione: entro il 2070 le emissioni di CO<sub>2</sub>

scendono al di sotto dei livelli attuali e la concentrazione atmosferica si stabilizza, entro la fine del secolo, a circa il doppio dei livelli preindustriali.

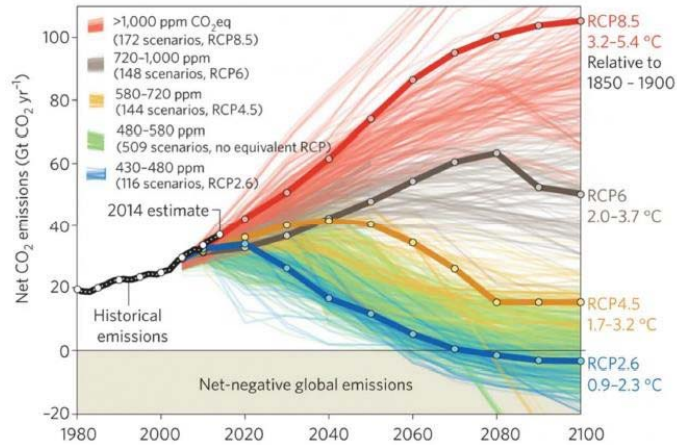


Figura 1-6 Scenari di emissione di CO<sub>2</sub> con RCP2.6, 4.5, 6, 8.5 (Fonte: IPCC - Assessment Report (AR5))

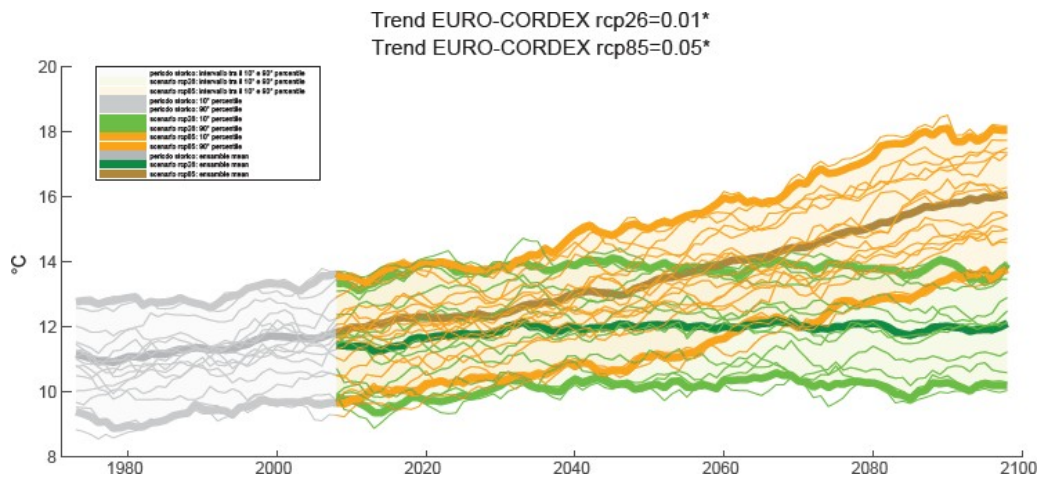


Figura 1-7 Proiezioni della temperatura media sull'Italia dall'ensemble EURO-CORDEX con gli scenari più estremi RCP2.6 e RCP8.5 (Fonte: CMCC Report I cambiamenti climatici in Italia - Analisi del Rischio – 2020)

BERGAMO CENTRO	Mesi												Stagioni				Anno
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Inv	Pri	Est	Aut	
T. max. media (°C)	5,4	8,3	12,3	16,9	21,9	25,7	28,3	27,6	23,9	18,0	11,1	6,1	6,6	17,0	27,2	17,7	17,1
T. min. media (°C)	-2,3	-0,3	2,7	6,3	10,6	14,2	16,5	16,1	13,2	8,2	3,6	-1,7	-1,4	6,5	15,6	8,3	7,3
Precipitazioni (mm)	64	69	78	103	99	133	107	129	84	102	129	68	201	280	369	315	1 165
Giorni di pioggia	7	7	8	10	10	10	7	9	7	7	9	6	20	28	26	23	97
Eliofanía assoluta (ore al giorno)	2,5	3,6	4,6	5,4	6,3	6,6	8,0	7,3	6,0	4,7	2,4	2,4	2,8	5,4	7,3	4,4	5,0

Figura 1-8 Media trentennale di riferimento 1961-1990 a Bergamo (Fonte: centrometeo.net)

In base alla media trentennale di riferimento 1961-1990, la temperatura media del mese più freddo, gennaio, si attesta a +1,5 °C; quella del mese più caldo, luglio, è di +22,4 °C. Le precipitazioni medie annue sono superiori ai 1.150 mm, mediamente distribuite in 97 giorni, e presentano un picco estivo ed autunnale e minimo relativo invernale.

**Macroregione 1 - Prealpi e Appennino Settentrionale e relative aree climatiche omogenee:**  
 RCP 4.5: area calda - secca estiva (1A), area calda invernale - secca estiva (1B) e area piovosa invernale - secca estiva (1D)  
 RCP 8.5: area calda invernale (1B), area piovosa-calda estiva (1C) e area calda - piovosa invernale - secca estiva (1E)

Incluse le Prealpi e l'Appennino settentrionale. L'area è caratterizzata da valori intermedi di precipitazioni invernali ed estive (dati climatici osservati) rispetto alle altre macroregioni climatiche e valori elevati di indicatori relativi ai fenomeni di precipitazione estremi (R20 e R95p).

Indicatori climatici	Temperatura media annua Tmean (°C)	Precipitazioni intense R20 (n. giorni/anno con precipitazioni >20mm)	Giorni con gelo FD (n. giorni/anno con Tmean <0°C)	Giorni estivi SU95p (n. giorni/anno con Tmax > 29.2 °C)	Cumulata delle precipitazioni invernali WP (mm)	Cumulata delle precipitazioni estive SP (mm)	95° percentile della precipitazione R95p (mm)	Numero massimo di giorni asciutti consecutivi CDD (giorni/anno)
	13 (±0.6)	10 (±2)	51 (±13)	34 (±12)	187(±61)	168 (±47)	28	33 (±6)

Figura 1-9 Indicatori climatici Macroregione 1 (Provincia di Bergamo) (Fonte: PNACC - 2018)

### 1.3.1 Analisi del cambiamento climatico atteso di area vasta

Ai fini di questo studio si fa riferimento alle analisi eseguite dal CMCC (Centro Euro-Mediterraneo per il Cambiamento Climatico - <https://www.cmcc.it/it>) attraverso il modello RCM COSMO-CLM.

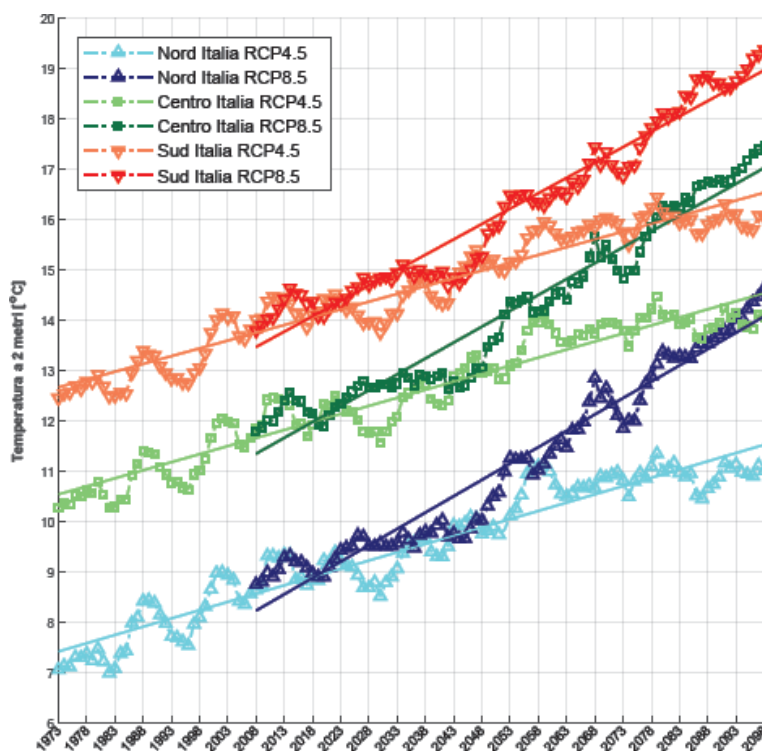



Figura 1-10 RCP 4.5 – Proiezioni della temperatura media dalla simulazione climatica eseguita con COSMO-CLM sull'Italia con gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 (Fonte: CMCC)

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	13 DI 48

Gli output presi a riferimento sono le precipitazioni e le temperature medie annuali previste secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 per i 3 periodi previsionali 2021-2050, 2041-2070 e 2071-2100 rispetto al periodo storico di riferimento 1981-2010.

**Scenario RCP8.5** (comunemente associato all'espressione "Business-as-usual", o "Nessuna mitigazione") – crescita delle emissioni ai ritmi attuali. Tale scenario assume, entro il 2100, concentrazioni atmosferiche di CO<sub>2</sub> triplicate o quadruplicate (840-1120 ppm) rispetto ai livelli preindustriali (280 ppm).

**Scenario RCP4.5** ("Forte mitigazione") – assume la messa in atto di alcune iniziative per controllare le emissioni. Sono considerati scenari di stabilizzazione: entro il 2070 le emissioni di CO<sub>2</sub> scendono al di sotto dei livelli attuali e la concentrazione atmosferica si stabilizza, entro la fine del secolo, a circa il doppio dei livelli preindustriali.

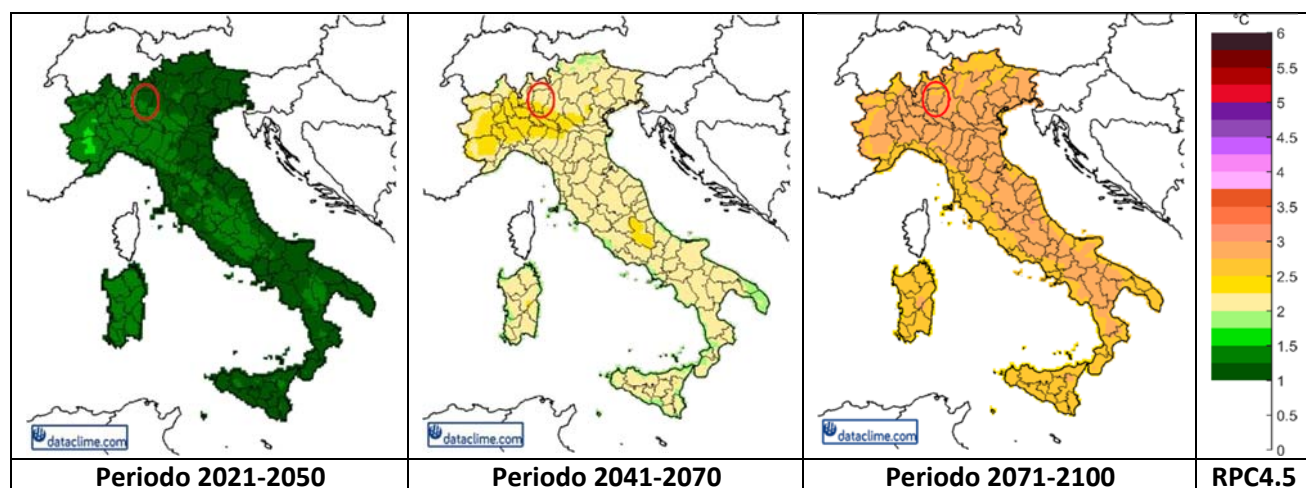


Figura 1-11 RCP 4.5 – Previsione della Media annuale della temperatura media giornaliera [°C], per i tre periodi previsionali 2021-2050, 2041-2070, 2071-2100. Evidenziata in rosso la Provincia di Bergamo - Le mappe indicano le anomalie in termini di valori medi rispetto al periodo di riferimento 1981-2010 (Fonte: CMCC)

Per lo scenario RCP4.5 si prevede, in provincia di Bergamo:

- per il periodo 2021-2050: un aumento di temperatura compreso tra 1,0÷1,5 °C
- per il periodo 2041-2070: un aumento di temperatura compreso tra 2,0÷2,5 °C
- per il periodo 2071-2100: un aumento di temperatura compreso tra 2,5÷3,0 °C

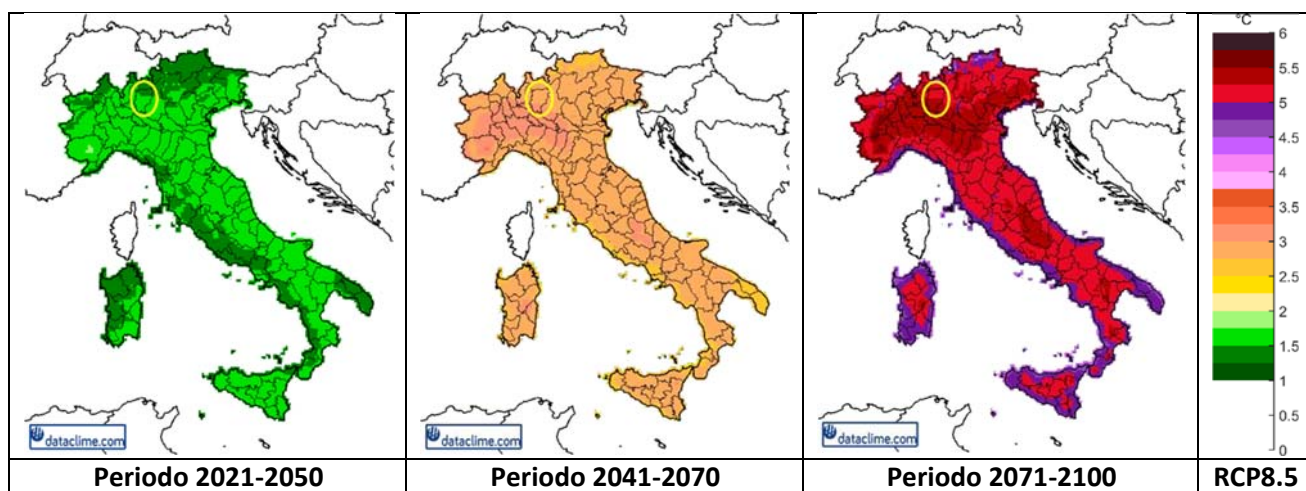


Figura 1-12 RCP 8.5 – Previsione della Media annuale della temperatura media giornaliera [°C], per i tre periodi previsionali 2021-2050, 2041-2070, 2071-2100. Evidenziata in giallo la Provincia di Bergamo. Le mappe indicano le anomalie in termini di valori medi rispetto al periodo di riferimento 1981-2010 (Fonte: CMCC)

Per lo scenario RCP8.5 si prevede, in provincia di Bergamo:

- per il periodo 2021-2050: un aumento di temperatura compreso tra 1,25÷1,75 °C
- per il periodo 2041-2070: un aumento di temperatura compreso tra 2,75÷3,25 °C
- per il periodo 2071-2100: un aumento di temperatura compreso tra 5,0÷5,5 °C

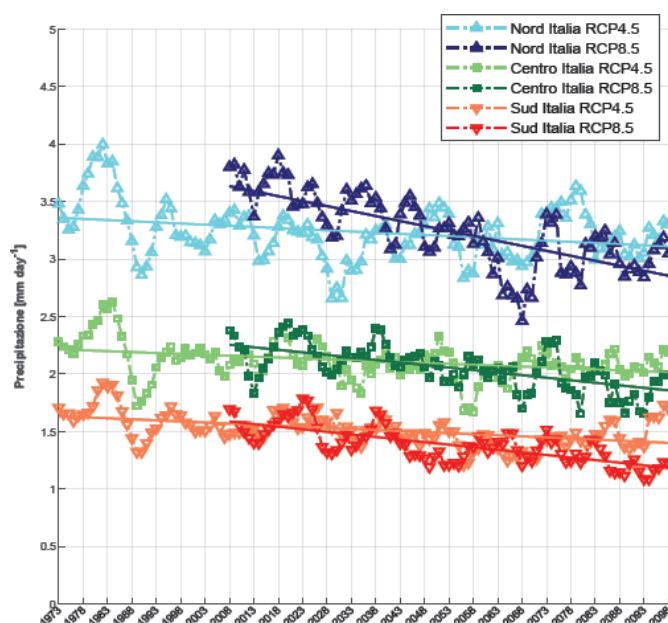


Figura 1-13 RCP 4.5 – Proiezioni delle precipitazioni medie dalla simulazione climatica eseguita con COSMO-CLM sull'Italia con gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 (Fonte: CMCC)

Le precipitazioni vengono analizzate in termini di “eventi intensi” facendo riferimento al numero di giorni all’anno con piogge superiori a 20 mm (R20). Inoltre, si considera anche il 95° percentile delle precipitazioni (PR95), ovvero il valore nella distribuzione delle precipitazioni cui corrisponde il 5% di probabilità di essere superato, al fine di effettuare una stima di “magnitudo” degli eventi.

Per lo **scenario RCP4.5** si prevede in termini di R20, in provincia di Bergamo:

1. per il periodo 2021-2050 una diminuzione compresa tra 0÷3 eventi/anno;
2. per il periodo 2041-2070 una diminuzione compresa tra 0÷5 eventi/anno;
3. per il periodo 2071-2100 un aumento compreso tra 0÷3 eventi/anno.

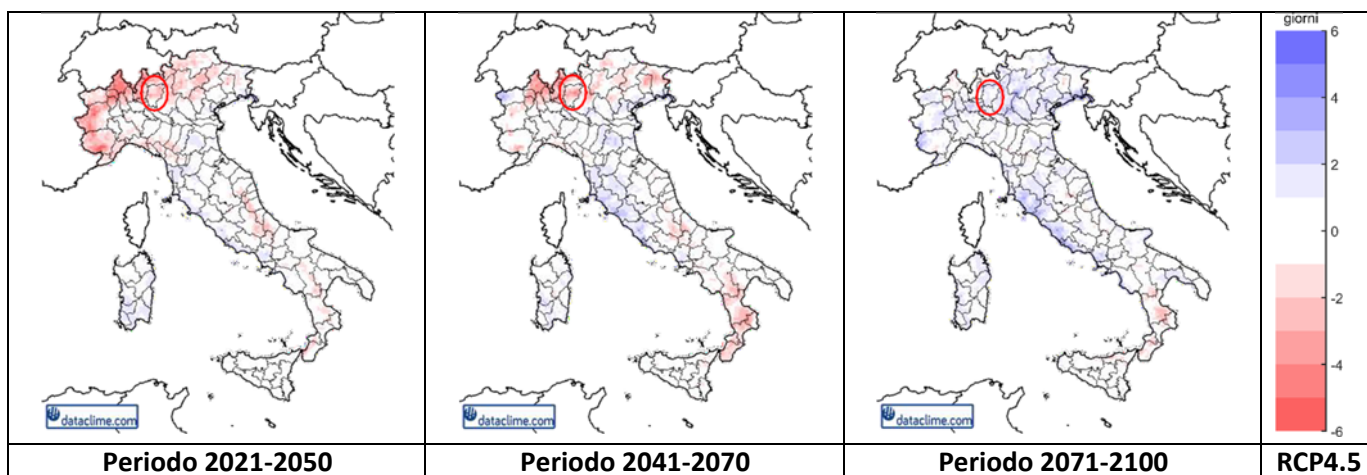


Figura 1-14 RCP 4.5 – Previsione dei Giorni di Precipitazioni Intense R20 (Media Annuale del numero di giorni con precipitazione giornaliera superiore ai 20 mm [unità di misura giorni/anno]) per i tre periodi previsionali 2021-2050, 2041-2070, 2071-2100. Evidenziata in rosso la Provincia di Bergamo. Le mappe indicano le anomalie in termini di valori medi rispetto al periodo di riferimento 1981-2010 (Fonte: CMCC)

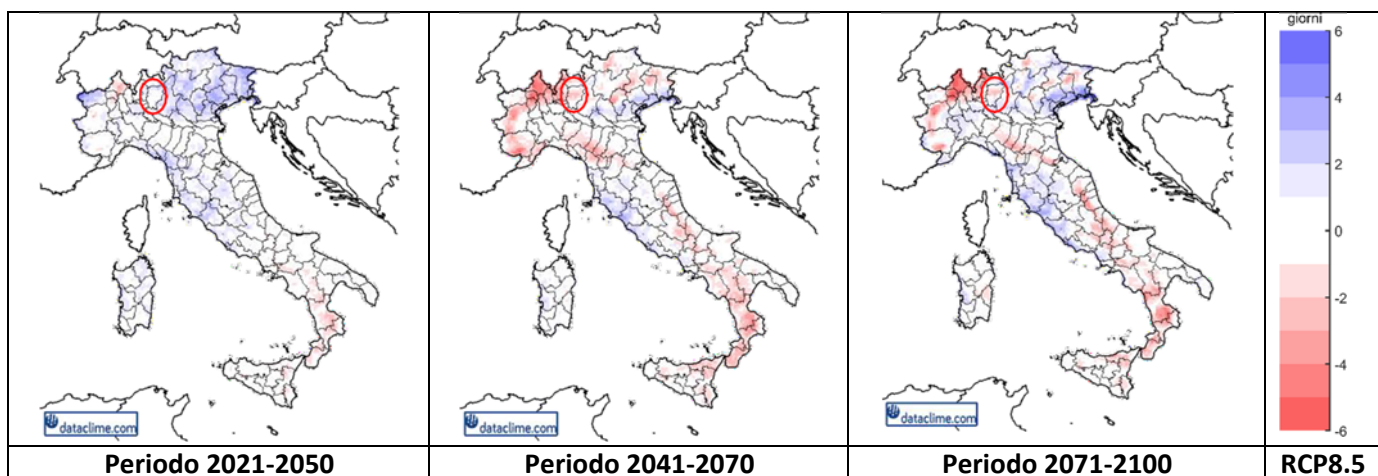


Figura 1-15 RCP 8.5 – Previsione dei Giorni di Precipitazioni Intense R20 (Media Annuale del numero di giorni con precipitazione giornaliera superiore ai 20 mm [unità di misura giorni/anno]) per i tre periodi previsionali 2021-2050, 2041-2070, 2071-2100. Evidenziata in rosso la Provincia di Bergamo. Le mappe indicano le anomalie in termini di valori medi rispetto al periodo di riferimento 1981-2010 (Fonte: CMCC)

Per lo **scenario RCP8.5** si prevede in termini di R20, in provincia di Bergamo:

1. per il periodo 2021-2050 un aumento compreso tra 0÷3 eventi/anno;
2. per il periodo 2041-2070 una diminuzione compresa tra 0÷3 eventi/anno;
3. per il periodo 2071-2100
  - un aumento compreso tra 0÷3 eventi/anno nella parte meridionale della provincia confinante con le province di Brescia e Cremona;



- una diminuzione compresa tra 0÷3 eventi/anno nelle restanti aree della provincia.

In sintesi, lo scenario RCP4.5 prevede, in media, una diminuzione della frequenza delle precipitazioni intense (> 20mm/giorno) nei periodi 2021-2050 e 2041-2070, un aumento nel periodo 2071-2100.

Lo scenario RCP8.5 prevede un iniziale aumento, in media, della frequenza delle precipitazioni intense (> 20mm/giorno) per il periodo 2021-2050 e una progressiva diminuzione per il trentennio previsionale successivo e un leggero aumento nel periodo 2071-2100 nella parte meridionale della provincia, in controtendenza con le restanti zone provinciali.

L'analisi delle precipitazioni superiori al 95° percentile (calcolato sulla distribuzione delle precipitazioni 1981-2010) tende a sottolineare la possibilità di scenari caratterizzati da precipitazioni meno frequenti ma di intensità maggiore.

### 1.3.2 Stima dei cambiamenti climatici sull'area della provincia di Bergamo

Dai dati riportati relativi al territorio nazionale risulta evidente come, per caratterizzare la stima dei cambiamenti climatici previsti nell'area di realizzazione dell'opera, e quindi nella città di Bergamo, sia necessario far riferimento ad una zonazione climatica in termini di "macroregioni climatiche omogenee", ossia di aree del territorio nazionale con uguale condizione climatica attuale e stessa proiezione climatica di anomalia futura.

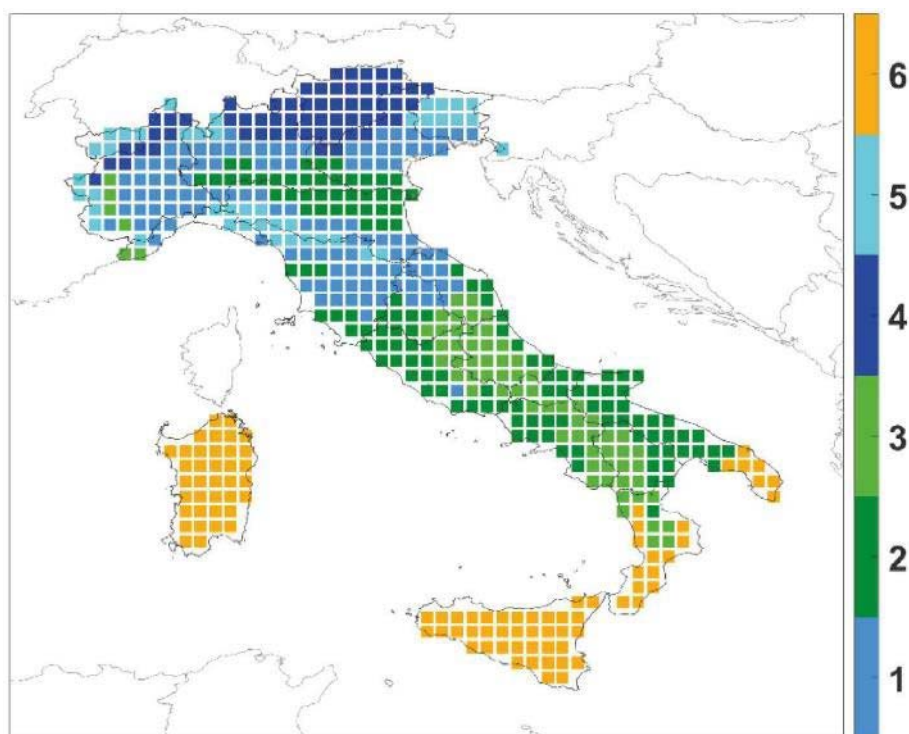


Figura 1-16 RCP 8.5 – Zonazione climatica sul periodo climatico di riferimento (1981-2010). Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (2018)

- Macroregione 1 - Prealpi e Appennino settentrionale
- Macroregione 2 - Pianura Padana, alto versante adriatico e aree costiere dell'Italia centro-meridionale
- Macroregione 3 - Appennino centro-meridionale
- Macroregione 4 - Aree alpine
- Macroregione 5 – Italia centro-settentrionale
- Macroregione 6 - Aree insulari ed estremo sud Italia

## Macroregione 1

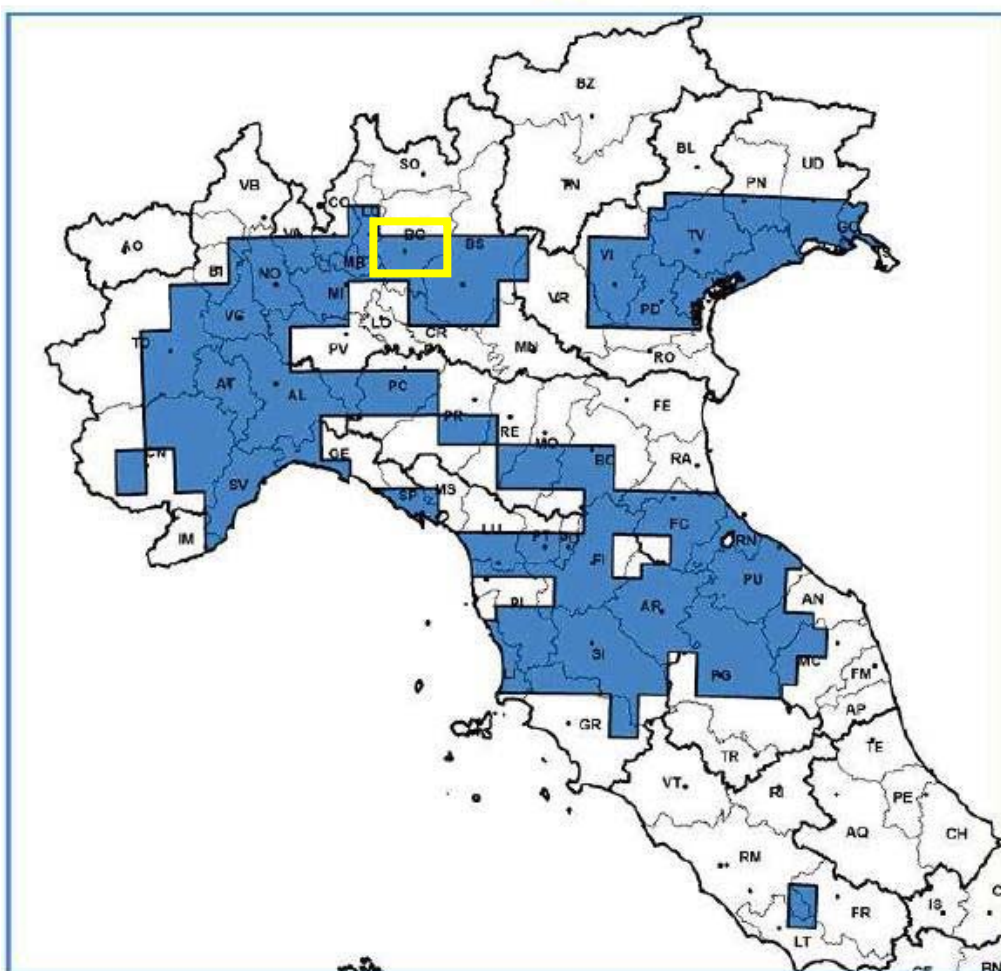



Figura 1-17 RCP 8.5 – Macroregione 1 - Prealpi e Appennino settentrionale. Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (2018)

La città di Bergamo rientra geograficamente nella Macroregione 1.

La Macroregione 1 è caratterizzata da valori intermedi per quanto riguarda i valori cumulati delle precipitazioni invernali ed estive e da valori elevati, rispetto alle altre aree, per i fenomeni di precipitazione

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'		18 DI 48

estremi (R20 e R95p). Dopo la Macroregione 2 risulta essere la zona del Nord Italia con il numero maggiore di "summer days" ovvero con il numero di giorni in cui la temperatura massima ha un valore superiore al valore di soglia considerato (29,2°C).









	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)
       								
<b>Macroregione 1</b> Prealpi e Appennino settentrionale	13 (±0.6)	10 (±2)	51 (±13)	34 (±12)	187 (±61)	168 (±47)	28	33 (±6)

Figura 1-18 RCP 8.5 – Valori medi e deviazione standard degli indicatori per la Macroregione 1 - Prealpi e Appennino settentrionale. Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (2018)

Tali analisi sono realizzate dal CMCC sulla base di alcuni indicatori climatici e sono riportate nell'Allegato 1 ("Analisi della condizione climatica attuale e futura") del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (anno 2018).

Indicatore	Abbreviazione	Descrizione	Unità di misura
<b>Temperatura media annuale</b>	Tmean	Media annuale della temperatura media giornaliera	(°C)
<b>Giorni di precipitazione intense</b>	R20	Media annuale del numero di giorni con precipitazione giornaliera superiore ai 20 mm	(giorni/anno)
<b>Frost days</b>	FD	Media annuale del numero di giorni con temperatura minima al di sotto dei 0°C	(giorni/anno)
<b>Summer days</b>	SU95p	Media annuale del numero di giorni con temperatura massima maggiore di 29.2 °C (valore medio del 95° percentile della distribuzione delle temperature massime osservate tramite E-OBS)	(giorni/anno)
<b>Cumulata delle Precipitazioni invernali</b>	WP	Cumulata delle precipitazioni nei mesi invernali (dicembre, gennaio, febbraio)	(mm)
<b>Cumulata delle precipitazioni estive</b>	SP	Cumulata delle precipitazioni nei mesi estivi (giugno, luglio, agosto)	(mm)
<b>Copertura nevosa</b>	SC	Media annuale del numero di giorni per cui l'ammontare di neve superficiale e maggiore di un 1 cm	(giorni/anno)
<b>Evaporazione</b>	Evap	Evaporazione cumulata annuale	(mm/anno)
<b>Consecutive dry days</b>	CDD	Media annuale del massimo numero di giorni consecutivi con pioggia inferiore a 1 mm/giorno	(giorni/anno)
<b>95° percentile della precipitazione</b>	R95p	95° percentile della precipitazione	(mm)

Tabella 1-19 Indicatori climatici considerati (Fonte: PNACC Allegato I - 2018)

Date le aree climatiche nazionali omogenee per anomalie, i relativi valori degli indicatori climatici sono stati raggruppati in categorie denominate "cluster di anomalie". La zonazione climatica delle anomalie ha individuato cinque cluster di anomalie (da A a E) mostrate sia per lo scenario RCP4.5 che RCP8.5, mentre le figure successive mostrano la distribuzione delle anomalie all'interno delle singole classi. Infine, le relative tabelle restituiscono i valori medi, in termini di anomalia, per le singole classi.

### RCP 4.5-Aree climatiche omogenee: 1A, 1B e 1D.

Anomalie principali: La macroregione 1 risulta essere piuttosto eterogenea in termini di aree climatiche omogenee presenti. Le proiezioni indicano una riduzione rilevante delle precipitazioni estive e dei giorni con gelo e un incremento dei giorni con temperature superiori a 29.2°C (giorni estivi).

	A	B	D
Tmean (°C)	1.4	1.3	1.2
R20 (giorni/anno)	-1	-1	1
FD (giorni/anno)	-20	-19	-9
SU95p (giorni/anno)	18	9	14
WP (mm) (%)	-4	-2	8
SP (mm) (%)	-27	-24	-25
SC (giorni/anno)	-12	-8	-1
Evap (mm/anno) (%)	-6	-3	-2
R95p (mm) (%)	1	3	11

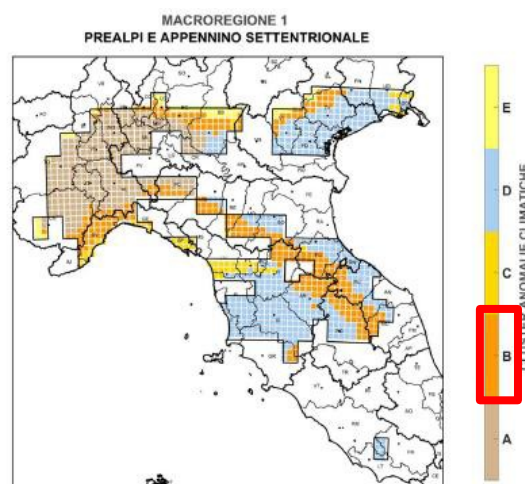


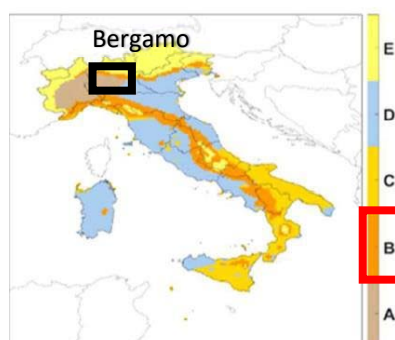
Figura 1-20 Scenario RCP4.5: Mappa dei cluster individuati per la Macroregione 1 (Fonte: PNACC Allegato I - 2018)



### Valori medi delle macroregioni

Macroregioni	Tmean (°C)	R20 (giorni/anno)	FD (giorni/anno)	SU95p (giorni/anno)	WP (mm) (%)	SP (mm) (%)	R95p (mm) (%)	CDD (giorni/anno)
1	1.3	10	51	34	187	168	28	33
2	14.6	4	25	50	148	85	20	40
3	12.2	4	35	15	182	76	19	38
4	5.7	10	152	1	143	286	25	32
5	8.3	21	112	8	321	279	40	28
6	16	3	2	35	179	21	19	70

### Cluster delle anomalie



### Valori medi dei cluster delle anomalie (2021-2050 vs 1981-2010)

CLUSTER	Tmean (°C)	R20 (giorni/anno)	FD (giorni/anno)	SU95p (giorni/anno)	WP (mm) (%)	SP (mm) (%)	SC (giorni/anno)	Evap (mm/anno) (%)	R95p (mm) (%)
A	1.4	-1	-20	18	-4	-27	-12	-6	1
B	1.3	-1	-19	9	-2	-24	-8	-3	3
C	1.2	0	-6	12	-5	-18	-1	-3	4
D	1.2	1	-9	14	8	-25	-1	-2	11
E	1.2	-2	-20	1	-8	-15	-21	1	-1

Figura 1-21 Zonazione climatica delle anomalie (2021-2050 vs 1981-2010, scenario RCP4.5) per la Macroregione 1. Evidenziati in rosso i dati dell'area di Bergamo (Fonte: PNACC Allegato I - 2018)

La porzione di territorio che sarà interessata dalla realizzazione dell'opera in oggetto (**Bergamo**) ricade nei **Cluster B** per quanto riguarda lo scenario **RCP4.5** (Riquadro rosso nella precedente figura).

Per lo scenario RCP 4.5 l'analisi evidenzia le seguenti caratteristiche:

- **Cluster A (caldo-secco estivo).** Il cluster è caratterizzato da un aumento significativo dei summer days (di 18 giorni/anno) e da una riduzione delle precipitazioni invernali e, soprattutto, di quelle estive (valore medio della riduzione pari al 27%). Il cluster A presenta una riduzione rilevante anche dei frost days, della copertura nevosa e dell'evaporazione.
- **Cluster B (caldo invernale-secco estivo).** Analogamente al cluster A, è interessato da una riduzione sia delle precipitazioni estive (valore medio della riduzione pari al 24%) sia dei frost days (di 19 giorni/anno). Si osserva anche una moderata riduzione della copertura nevosa (di 8 giorni/anno).
- **Cluster C (secco).** In questo cluster si osserva una riduzione delle precipitazioni invernali, a cui si aggiunge anche la riduzione, sebbene di minor entità, di quelle estive. Inoltre, si ha un aumento moderato dei summer days (di 12 giorni/anno).
- **Cluster D (piovoso invernale-secco estivo).** Il cluster D è interessato da un aumento delle precipitazioni invernali (valore medio dell'aumento pari all'8%) e da una riduzione notevole di quelle estive (valore medio della riduzione pari al 25%). In generale si ha un aumento significativo sia dei fenomeni di precipitazione estremi (R95p) sia dei summer days (di 14 giorni/anno).
- **Cluster E (secco-caldo invernale).** Si osserva una riduzione generale dei fenomeni di precipitazione. Inoltre, si osserva una riduzione significativa dei frost days (di 20 giorni/anno) e della copertura cnevosa (di 21 giorni/anno).

**RCP 8.5-Aree climatiche omogenee: 1B, 1C e 1E.**

**Anomalie principali:** Nell'area che ricade in Toscana si assiste ad un aumento complessivo dei fenomeni di precipitazione stagionali e degli estremi. Nelle altre aree è attesa una riduzione delle precipitazioni estive e un aumento di quelle invernali. Si ha una riduzione dei giorni con gelo più rilevante rispetto all'RCP4.5.

	B	C	E
Tmean (°C)	1.6	1.5	1.5
R20 (giorni/anno)	0	1	1
FD (giorni/anno)	-28	-14	-27
SU95p (giorni/anno)	8	12	14
WP (mm) (%)	2	7	16
SP (mm) (%)	-7	3	-14
SC (giorni/anno)	-18	-1	-9
Evap (mm/anno) (%)	1	2	2
R95p (mm) (%)	6	13	9

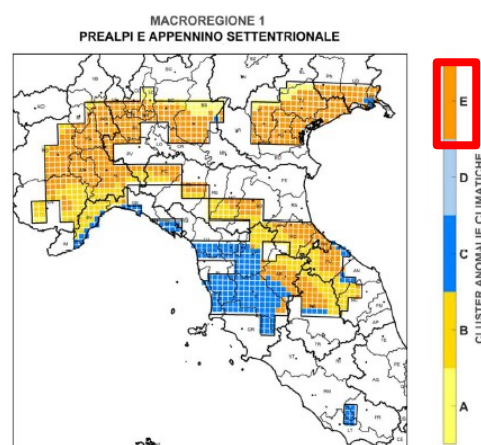


Figura 1-22 Scenario RCP8.5: Mappa dei cluster individuati per la Macroregione 1 (Fonte: PNACC Allegato I - 2018)

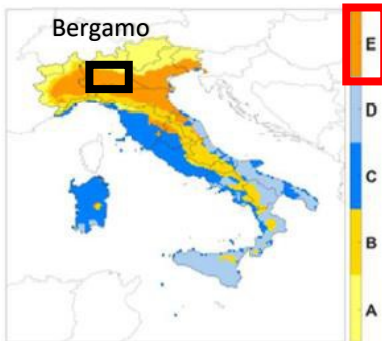
**Macroregioni climatiche omogenee**



**Valori medi delle macroregioni**

Macroregioni	Tmean (°C)	R20 (giorni/anno)	FD (giorni/anno)	SU95p (giorni/anno)	WP (mm)	SP (mm)	R95p (mm)	CDD (giorni/anno)
1	13	10	51	34	187	168	28	33
2	12.2	4	35	15	182	76	19	38
3	5.7	10	152	1	143	286	25	32
4	8.3	21	112	8	321	179	40	28
5	16	3	2	35	179	21	19	70
6								

**Cluster delle anomalie**



**Valori medi dei cluster delle anomalie (2021-2050 vs 1981-2010)**

CLUSTER	Tmean (°C)	R20 (giorni/anno)	FD (giorni/anno)	SU95p (giorni/anno)	WP (mm)	SP (mm)	SC (giorni/anno)	Evap (mm/anno)	R95p (mm)
A	1.5	1	-23	1	13	-11	-20	2	5
B	1.6	0	-28	8	2	-7	-18	1	6
C	1.5	1	-14	12	7	3	-1	2	13
D	1.5	0	-10	14	-4	14	-1	-8	8
E	1.5	1	-27	14	16	-14	8	2	9

Figura 1-23 Zonazione climatica delle anomalie (2021-2050 vs 1981-2010, scenario RCP8.5) per la Macroregione 1. Evidenziati in rosso i dati dell'area di Bergamo (Fonte: PNACC Allegato I - 2018)

La porzione di territorio che sarà interessata dalla realizzazione dell'opera in oggetto (**Bergamo**) ricade nel **Cluster E** per quanto riguarda lo scenario **RCP 8.5** (Riquadro verde nella relativa Tabella).

Per lo scenario RCP 8.5 l'analisi evidenzia le seguenti caratteristiche:

- Cluster A (piovoso invernale-secco estivo). Il cluster A è interessato da un aumento delle precipitazioni invernali (valore medio dell'aumento pari al 13%) e da una riduzione di quelle estive (valore medio della riduzione pari all' 11%). Inoltre, si osserva una riduzione significativa sia dei frost days (di 23 giorni/anno) che della copertura nevosa (di 20 giorni/anno).
- Cluster B (caldo invernale). Il cluster B è interessato da una riduzione significativa sia dei frost days (di 28 giorni/anno) che della copertura nevosa (di 18 giorni/anno). Inoltre, si osserva una riduzione moderata delle precipitazioni estive (valore medio della riduzione pari al 7%).
- Cluster C (piovoso-caldo estivo): il cluster C è interessato da un aumento sia delle precipitazioni invernali che di quelle estive e da un aumento significativo dei fenomeni di precipitazione estremi (valore medio dell'aumento pari al 13%). Infine, si osserva un aumento rilevante dei summer days (di 12 giorni/anno).
- Cluster D (secco invernale-caldo estivo). Per il cluster D si osserva una complessiva riduzione di precipitazioni invernali e un aumento rilevante di quelle estive (si tenga conto che si tratta di valori percentuali calcolati rispetto a valori assoluti di precipitazione estiva caratteristici bassi). Inoltre, si

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	22 DI 48

ha un aumento notevole dei summer days (di 14 giorni/anno) ed una riduzione complessiva dell'evaporazione (valore medio della riduzione pari all'8%).

- Cluster E (caldo-piovoso invernale-secco estivo).** Il cluster risulta caratterizzato da un aumento significativo sia dei summer days (di 14 giorni/anno) che dei fenomeni di precipitazione estremi (valore medio dell'aumento pari al 9%). Inoltre, si osserva una rilevante riduzione delle precipitazioni estive (valore medio della riduzione pari al 14%) ed un aumento significativo delle precipitazioni invernali (valore medio dell'aumento pari al 16%). Il cluster E presenta anche una notevole riduzione dei frost days (di 27 giorni/anno).

### 1.3.3 Stima conclusiva dei dati previsionali (valutazione CMCC)

Per la provincia di Bergamo, ricadente nella macroregione climatica omogenea 1, secondo gli studi ufficiali del CMCC (fonte "Scenari climatici per l'Italia" link al servizio), nello scenario RCP8.5 (più gravoso), si prevede un aumento della temperatura media di +1,25÷1,75°C (2021-2050), +2,75-3,25°C (2041-2070), +5,0÷5,5°C (2071-2100).

Per quanto attiene alle altre grandezze meteo-climatiche, si osserva che, per lo scenario RCP4.5 l'area in oggetto ricade nel cluster di anomalie B, mentre per lo scenario RCP 8.5 nel cluster E.

Ciò significa che, sotto le ipotesi di RCP4.5, nello scenario temporale considerato, si prevede, oltre ad un aumento delle temperature, una decisa diminuzione delle precipitazioni estive e una diminuzione di quelle invernali, oltre ad un aumento delle giornate estive con temperature massime elevate maggiori di 29.2 °C.

Macroregioni climatiche omogenee	Descrizione delle aree climatiche omogenee principali che ricadono nelle macroregioni considerando lo scenario RCP4.5
<b>1</b>	<i>Aree climatiche omogenee: 1A, 1B e 1D.</i> <i>Anomalie principali: in generale, per l'intera macroregione 1, si ha una riduzione rilevante delle precipitazioni estive e dei frost days. In particolare la macroregione 1 risulta piuttosto eterogenea in termini di aree climatiche omogenee presenti.</i>

Figura 1-24 Principali variazioni climatiche per la Macroregione 1 (2021-2050 vs 1981-2010, scenario RCP4.5) (Fonte: PNACC - 2018)

Sotto le ipotesi di RCP8.5, si prevede, oltre ad un aumento delle temperature e delle precipitazioni intense, un aumento significativo delle precipitazioni invernali e una rilevante riduzione di quelle estive, con un aumento delle giornate estive con temperature massime elevate maggiori di 29.2 °C.

Macroregioni climatiche omogenee	Descrizione delle aree climatiche omogenee principali che ricadono nelle macroregioni considerando lo scenario RCP8.5
<b>1</b>	<i>Aree climatiche omogenee: 1B, 1C e 1E.</i> <i>Anomalie principali: 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 e aumento di quelle invernali. In generale si ha una riduzione dei frost days, più rilevante rispetto all'RCP4.5.</i>

Figura 1-25 Principali variazioni climatiche per la Macroregione 1 (2021-2050 vs 1981-2010, scenario RCP8.5) (Fonte: PNACC - 2018)

## 1.4 PERICOLI LEGATI AL CLIMA E AL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Il presente capitolo è redatto al fine di valutare i possibili scenari di pericolosità, collegabili direttamente o indirettamente al cambiamento climatico, e valutare la possibile vulnerabilità dell'opera ai sensi di quanto prescritto nell'Appendice A - Allegato II del Regolamento Delegato EU 2021/2139 del 4/06/21 per l'Obiettivo Mitigazione, limitatamente a quanto applicabile per l'opera in oggetto.

Nei successivi paragrafi vengono indicati i potenziali pericoli a cui potrebbe essere esposta l'opera. Tali pericoli sono dapprima espressi in termini di fattori scatenanti e successivamente analizzati in termini di misure di adattamento.

### 1.4.1 Interventi di progetto – Stazione di Bergamo

Il perimetro di intervento oggetto del presente PFTE, come indicato negli elaborati di inquadramento generale, è il sedime ferroviario, interessato dal nuovo PRG di stazione che prevede una nuova configurazione delle linee del ferro derivato dallo spostamento planimetrico delle nuove banchine per adattare agli standard RFI del nuovo intervento di stazione.

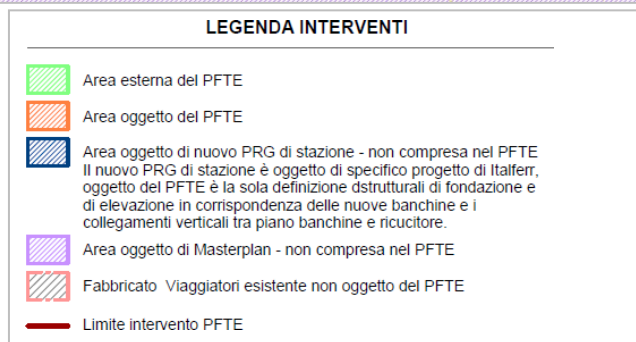
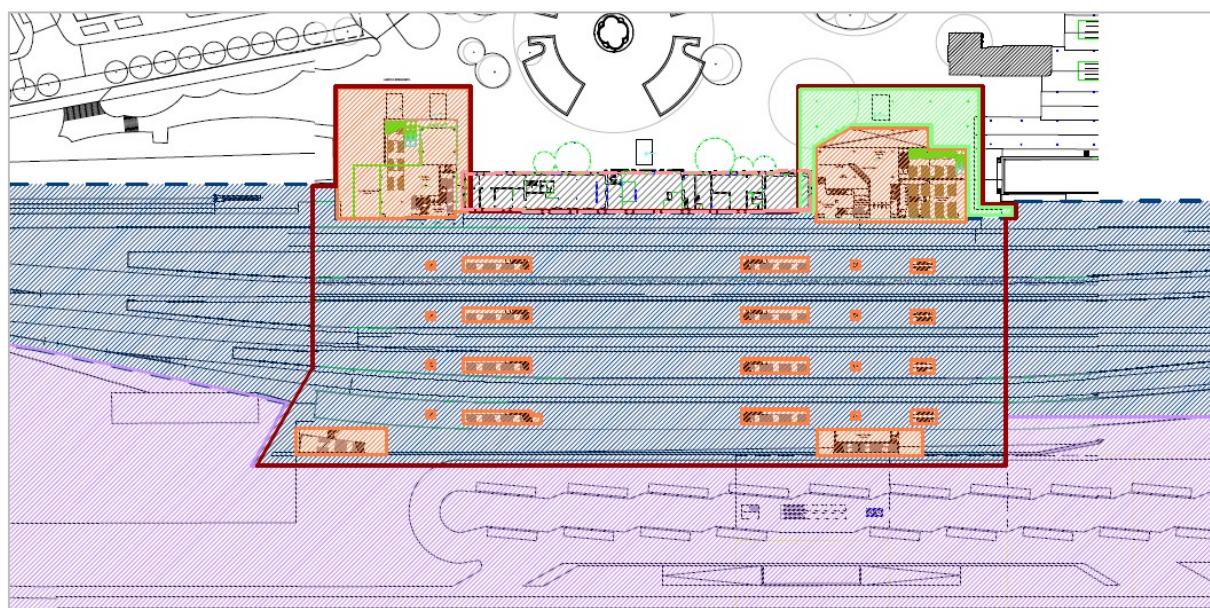


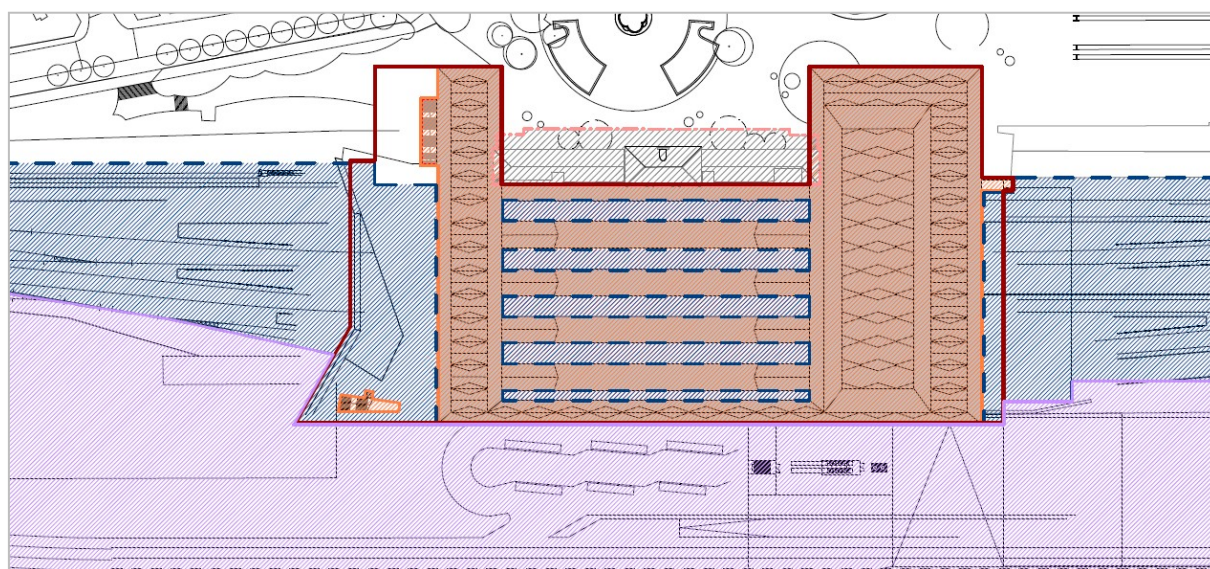
Figura 1-26 Planimetria Ambiti intervento- Piano terra \_stato di progetto



Il nuovo HUB ha l'obiettivo di potenziare il servizio di intermodalità del territorio e valorizzare architettonicamente intervenendo anche su alcuni edifici esistenti. Viene prevista la demolizione di alcuni edifici esistenti mentre l'attuale fabbricato viaggiatori viene alienato e non rientra all'interno del PFTE oggetto della relazione.

Partendo dal presupposto dell'alienazione dello storico fabbricato Viaggiatori richiesto dalla committenza, il progetto riguarderà principalmente:

- il manufatto della nuova stazione, posto sul lato est di quella esistente,
- l'attraversamento ovest dei binari,
- la realizzazione dei corpi di risalita dalle banchine passeggeri e le nuove pensiline di copertura delle stesse;
- la realizzazione dei sovrappassi pedonali sui due lati della stazione stessa,
- i corpi di risalita verso gli edifici ponte.



**LEGENDA INTERVENTI**







-  Area esterna del PFTE
-  Area oggetto del PFTE
-  Area oggetto di nuovo PRG di stazione - non compresa nel PFTE  
Il nuovo PRG di stazione è oggetto di specifico progetto di Italferr, oggetto del PFTE è la sola definizione strutturale di fondazione e di elevazione in corrispondenza delle nuove banchine e i collegamenti verticali tra piano banchine e ricicatore.
-  Area oggetto di Masterplan - non compresa nel PFTE
-  Fabbricato Viaggiatori esistente non oggetto del PFTE
-  Limite intervento PFTE

Figura 1-27 Planimetria Ambiti intervento- Piano coperture

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b>	
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	25 DI 48

Il progetto prevede la realizzazione di due nuovi edifici ponte uniti tramite percorso coperto, che assolve la funzione di collegamento urbano tra la parte Nord e Sud della città e si configura come un'ulteriore piazza urbana e belvedere sulla città storica di Bergamo.

1.4.2 Ricognizione delle componenti ambientali potenzialmente interessate in fase di esercizio  
Data la tipologia degli interventi in progetto, che si riferiscono al miglioramento della funzionalità di una stazione ferroviaria già esistente inserita in un contesto urbano, non si prevedono impatti rilevanti in termini di qualità dell'aria.


DESCRIZIONE		
I dati analizzati mostrano una situazione relativa alla qualità dell'aria, tipica di una rea urbana, che non presenta una elevata qualità ma nemmeno elementi di particolare criticità. In provincia di Bergamo, gli inquinanti normati risultati critici nell'anno 2020, sono il particolato atmosferico (PM10 per quanto attiene agli episodi acuti) e l'ozono.		
COMPONENTE	VALUTAZIONE DI QUALITÀ	GRADO DI ATTENZIONE
ATMOSFERA	MEDIA	ALTA

L'aspetto idrogeologico del sito non è sostanzialmente alterato in quanto l'acqua meteorica di piattaforma (marciapiedi e binari) non subisce alcuna alterazione.

Per quanto riguarda la componente geologica, geomorfologica e idrogeologica, vista la tipologia di opera in progetto, si può escludere qualsivoglia tipo di impatto oltre a non essere presente alcun vincolo idrogeologico.

DESCRIZIONE		
Le analisi effettuate per quanto riguarda la componente suolo non hanno riscontrato particolari valori di suscettibilità dal punto di vista geologico.		
COMPONENTE	VALUTAZIONE DI QUALITÀ	GRADO DI ATTENZIONE
GEOLOGIA E ACQUE	MEDIA	ALTO

Per quanto riguarda la componente uso del suolo, vista la tipologia di opera in progetto, si può escludere qualsivoglia tipo di impatto.

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b>	
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	26 DI 48

DESCRIZIONE		
L'analisi dell'uso del suolo ha consentito di individuare gli ambiti agricoli strategici e le attività agricole: questi elementi non interessano l'area di intervento che risulta completamente urbanizzata. L'estratto del Corine Land Cover del 2012 individua l'area oggetto di intervento come "tessuto urbano discontinuo".		
COMPONENTE	VALUTAZIONE DI QUALITÀ	GRADO DI ATTENZIONE
SUOLO, USO DEL SUOLO E PATRIMONIO AGROALIMENTARE	MEDIA	MEDIO

Data la tipologia degli interventi in progetto, che si riferiscono al miglioramento della funzionalità di una stazione ferroviaria già esistente, inserita in un contesto urbano, non si prevedono impatti rilevanti in termini di Habitat sia vegetazionale che faunistico.

DESCRIZIONE		
L'ambito di interesse progettuale, già notevolmente urbanizzato, non ricade in un ambito ad elevata naturalità o ad alto valore ecologico, però si trovano, nelle vicinanze, in corrispondenza del torrente Morla, aree di elevato valore ecologico e ambientale.		
COMPONENTE	VALUTAZIONE DI QUALITÀ	GRADO DI ATTENZIONE
BIODIVERSITA'	MEDIA	ALTA

Data la tipologia degli interventi in progetto, che si riferiscono al miglioramento della funzionalità di una stazione ferroviaria già esistente inserita in un contesto urbano non si prevedono impatti rilevanti in termini di alterazione del clima acustico esistente.

DESCRIZIONE		
L'area oggetto di intervento ricade nella classe III – Aree di tipo misto. Le aree oggetto di intervento sono prossime alla fascia ferroviaria che rappresenta una delle sorgenti predominanti di immissione diffusa di rumore nell'ambiente.		
COMPONENTE	VALUTAZIONE DI QUALITÀ	GRADO DI ATTENZIONE
RUMORE	BASSA	ALTA

Per quanto riguarda la componente inquinamento luminoso, radiazioni ionizzanti e non ionizzanti, vista la tipologia di opera in progetto, si può escludere qualsivoglia tipo di impatto.

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	27 DI 48

DESCRIZIONE		
<p>L'ambito di interesse progettuale ricade in un centro urbano, in un ambito fortemente infrastrutturato, pertanto già fortemente a rischio criticità poiché l'inquinamento luminoso è l'effetto causato dalle luminarie artificiali urbane.</p> <p>Per quanto riguarda la stazione, allo stato attuale, è dotata solo di forniture in bassa tensione e quindi correnti molto basse.</p>		
COMPONENTE	VALUTAZIONE DI QUALITÀ	GRADO DI ATTENZIONE
INQUINAMENTO LUMINOSO E OTTICO, RADIAZIONI NON IONIZZANTI E IONIZZANTI	MEDIA	ALTO

Per quanto riguarda le ricadute potenziali in termini di sicurezza si evidenzia che tutte le parti di cui si compone il progetto sono state sviluppate conformemente ai requisiti di normativa, e non hanno quindi caratteristiche tali da determinare rischi per l'utenza.

Come precedentemente illustrato data la tipologia di interventi previsti si ritiene che l'impatto sull'ambiente sia poco significativo.

Per quello che riguarda gli impatti del cantiere, dal momento che si tratta di interventi dalla dimensione limitata, si rimanda invece alle fasi di sviluppo successive del progetto.

#### 1.4.3 Classificazione dei Pericoli legati al clima secondo l'Appendice A dei Criteri di Vaglio Tecnico

Con riferimento ai pericoli climatici riportati nell'Appendice A, di seguito un'analisi qualitativa dei pericoli presenti nel territorio e pertinenti rispetto all'intervento in oggetto.

Prima di procedere alla verifica dell'impatto dei diversi pericoli sull'attività in oggetto secondo i parametri della sensibilità e della esposizione, si escludono alcuni pericoli in quanto non presenti sul territorio in esame. Nello specifico si escludono:

- i pericoli legati alla vicinanza con mari o oceani (acidificazione degli oceani, intrusione salina, innalzamento del livello del mare, erosione costiera);
- i pericoli legati a condizioni glaciali (scongelamento del permafrost, collasso di laghi glaciali, valanga);
- i pericoli acuti di ciclone, uragano, tifone in quanto non pertinenti al territorio in oggetto e all'area geografica e climatica in oggetto.

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	28 DI 48

CLASSIFICAZIONE DEI PERICOLI LEGATI AL CLIMA (\*)

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

**Pericoli non presenti sul territorio**

L'analisi di vulnerabilità è stata quindi condotta per i soli pericoli valutati come pertinenti rispetto al territorio su cui si trova l'intervento in oggetto.

Dal punto di vista metodologico, l'analisi della vulnerabilità viene condotta secondo il seguente metodo.

- stima della sensibilità
- stima dell'esposizione

La combinazione di sensibilità ed esposizione determina l'impatto potenziale, che, unito alle misure di adattamento, determina la vulnerabilità climatica dell'opera.

La SENSIBILITÀ individua i pericoli climatici pertinenti per il tipo di progetto specifico, indipendentemente dalla sua ubicazione.

L'ESPOSIZIONE individua i pericoli pertinenti per l'ubicazione prevista per il progetto, indipendentemente dal tipo di progetto.

Per l'analisi di sensibilità ed esposizione si considerano i seguenti punteggi:

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	29 DI 48

- Bassa: il pericolo climatico non ha alcun impatto (o tale impatto è non significativo)
- Medio-Bassa: il pericolo climatico può avere un leggero/basso impatto sull'attività
- Media: il pericolo climatico può avere un impatto sull'attività
- Alta: il pericolo climatico può avere un impatto significativo sull'attività

#### 1.4.3.1 *Fattore Temperatura (Cambiamento e Variabilità della Temperatura, Stress termico, Ondate di calore e/o di freddo, Incendio di incolto)*

Nel seguito si effettua l'analisi di sensibilità ed esposizione dei pericoli legati al fattore temperatura e valutati come pertinenti agli interventi di progetto, così come descritti al paragrafo 1.4.1.

ANALISI DI SENSIBILITÀ (pericoli climatici pertinenti per il tipo di progetto specifico, indipendentemente dalla sua ubicazione)

#### **Gerarchia dei pericoli - Stazione ferroviaria e relativi piazzali e marciapiedi esterni**

**BASSA:** Il cambiamento della temperatura e la sua variabilità non sono valutati come particolari pericoli per le stazioni, in quanto gli edifici di stazione sono in generale resilienti rispetto ad escursioni termiche più o meno accentuate.

Si valuta che il cambiamento delle temperature abbia un impatto basso anche sulle aree esterne di stazione.

L'incendio di incolto non è strettamente legato agli edifici ma più che altro alle aree esterne che potrebbero essere in contatto con l'incolto.

Per quanto sopra esposto si valuta che tali pericoli rispetto alla funzionalità della stazione abbiano un impatto trascurabile o non significativo.


#### **MEDIO-BASSA:**

La variabilità della temperatura, nonché lo stress termico, possono impattare maggiormente le aree esterne come i piazzali, i marciapiedi e le pensiline, dove le strutture e talvolta porzioni impiantistiche sono maggiormente esposti alle condizioni atmosferiche.

Anche per l'incendio di incolto sia valuta possa avere impatto sulle aree esterne vicine al tracciato che potrebbero esserne a contatto.

L'ondata di gelo potrebbe portare a presenza di grandine o ghiaccio che potrebbero rappresentare una difficoltà di accessibilità e sicurezza per i passeggeri. Le basse temperature nel caso degli edifici di stazione possono influenzare la probabilità di inciampi e cadute per il personale e gli utenti. Le basse temperature possono inoltre influire sulla linea aerea e sui binari, gravando sui sistemi rotabili.

L'ondata di calore potrebbe portare a difficoltà per i passeggeri nelle loro attività di transito e attesa. Le alte temperature degli edifici e degli impianti di stazione possono influire sui sistemi elettrici e sulle attrezzature di bordo aumentando la probabilità di guasti dei controlli di temperatura e di surriscaldamento delle apparecchiature elettroniche, nonché sulla predisposizione delle condizioni tali da innescare incendi di incolto.

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	30 DI 48

Per quanto sopra esposto si valuta che tali pericoli rispetto alla funzionalità della stazione possano avere un impatto sulla attività, ma comunque di tipo medio-basso.

Pericoli	CRONICI			ACUTI		
	Temperatura (aria, acque dolci, acque marine)	Stress termico	Variabilità della temperatura	Ondata di calore	Ondata di freddo/gelata	Incendio di incolto
Edifici di stazione	Bassa	Medio-Bassa	Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Bassa
Aree esterne, piazzali	Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa
<i>Punteggio maggiore</i>	<i>Bassa</i>	<i>Medio-Bassa</i>	<i>Medio-Bassa</i>	<i>Medio-Bassa</i>	<i>Medio-Bassa</i>	<i>Medio-Bassa</i>

ANALISI DI ESPOSIZIONE (pericoli climatici pertinenti per l'ubicazione prevista per il progetto, indipendentemente dal tipo di progetto)

### Gerarchia dei pericoli relativi all'area geografica di Bergamo e alle condizioni climatiche specifiche

#### **Clima attuale**

BASSA: I cambiamenti e la variabilità delle temperature (e lo stress termico ad essi legato) non sono in generale di tipo estremo pur con normali escursioni termiche.

L'area presenta temperature medie ( $T_{mean} = 13^{\circ}C$ ) per buona parte dell'anno.

Si valuta quindi che l'impatto del clima attuale valutato rispetto alla funzionalità della stazione e delle aree esterne ed analizzato rispetto al fattore temperatura e a tali pericoli, sia trascurabile o non significativo.

MEDIO BASSA: Possibili ondate di calore (e possibili incendi ad esse legate) potrebbero verificarsi nei mesi estivi, così come ondate di freddo/gelo nei mesi invernali.

Si valuta quindi che l'impatto del clima attuale valutato rispetto alla funzionalità della stazione e delle aree esterne ed analizzato rispetto al fattore temperatura e a tali pericoli, sia sì presente ma di livello medio-basso.

#### **Clima futuro (scenario RCP8.5- periodo 2021-2050 – previsione peggiore)**

- per il periodo 2021-2050: è previsto un aumento di temperatura compreso tra  $1,25 \div 1,75^{\circ}C$ . In particolare, trovandosi l'area di Bergamo nel cluster delle anomalie E, per questo scenario, l'aumento atteso per la Temperatura media annuale ( $T_{mean}$ ) è di  $1,5^{\circ}C$ .

BASSA: I cambiamenti e la variabilità delle temperature (e lo stress termico ad essi legato) continuano a non essere di tipo estremo pur con normali escursioni termiche.

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	31 DI 48

Dal momento che rispetto all'analisi del clima futuro i frost-days saranno in netta diminuzione (-27 giorni/anno), si valuta che l'impatto dell'ondata di freddo/gelata sull'attività si evolverà da medio-basso a basso.

Si valuta che l'impatto del clima futuro valutato rispetto alla funzionalità della stazione e delle aree esterne ed analizzato rispetto al fattore temperatura e ai pericoli di cui sopra, sia basso.

MEDIA: Possibili ondate di calore nei mesi estivi, e pericoli legati ad incendio di incolto, potrebbero essere causate dall'incremento di lunghezza ed intensità dei periodi caldi come da previsione del clima futuro.

Si valuta quindi che tale impatto rispetto alla funzionalità della stazione sia presente benché comunque contenuto.

Pericoli TEMPERATURA	CRONICI			ACUTI		
	Cambiamento della temperatura (aria, acque dolci, acque marine)	Stress termico	Variabilità della temperatura	Ondata di calore	Ondata di freddo/gelata	Incendio di incolto
Clima Attuale	trascurabile	trascurabile	trascurabile	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa
Clima Futuro	Bassa	Bassa	Bassa	Media	Bassa	Media
<i>Punteggio maggiore</i>	<i>Bassa</i>	<i>Bassa</i>	<i>Bassa</i>	<i>Media</i>	<i>Medio-Bassa</i>	<i>Media</i>

ANALISI DI IMPATTO: si combinano i risultati delle analisi di sensibilità ed esposizione

		FATTORE TEMPERATURA	<i>esposizione</i>			
		IMPATTO POTENZIALE = sensibilità + esposizione	ALTA	MEDIA	MEDIO-BASSA	BASSA
<i>sensibilità</i>	ALTA					
	MEDIA					
	MEDIO-BASSA			-Ondata di calore - Incendio di incolto	-Ondata di freddo/gelata	-Stress termico -Variabilità della temperatura
	BASSA					Cambiamento della temperatura



	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	32 DI 48

### SOLUZIONI DI ADATTAMENTO E ANALISI DI VULNERABILITÀ

Il presente progetto prevede alcune soluzioni di adattamento per ridurre la vulnerabilità.

Rispetto all'ondata da calore nel presente PFTE sono previste le seguenti soluzioni progettuali:

- le aree esterne sono dotate di pensiline di protezione per l'irraggiamento solare;
- ove possibile si propone l'inserimento di alberature per favorire la naturale ombreggiatura del suolo;
- le aree interne della stazione, aree di sosta comprese, prevedono un sistema di condizionamento dell'aria;
- si valuterà l'impiego di pavimentazioni e rivestimenti chiari, ad elevata riflettanza alla radiazione solare;
- riguardo alla pericolosità di surriscaldamento delle parti tecnologiche si precisa che in generale tutti i cavi per gli impianti di illuminazione, saranno del tipo non propagante l'incendio, non propagante la fiamma, assenza di gas corrosivi in caso di incendio, ridottissima emissione di gas tossici e di fumi opachi in caso di incendio. Per le dorsali i cavi saranno disposti all'interno di canalizzazioni previste al di sotto dei marciapiedi di banchina;
- i fabbricati tecnologici sono realizzati con materiali e caratteristiche aventi elevata resistenza alle condizioni ambientali e di uso. Le superfici esterne in muratura hanno caratteristiche di resistenza, inerzia termica e isolamento acustico. Inoltre, saranno previsti, a protezione dei locali aperti al pubblico, nei locali tecnici e ove necessario in fermata, impianti safety di rilevazione incendi. L'impianto avrà la funzione di rivelare la formazione di incendi e/o emissione di fumi all'interno di ambienti monitorati, attivando delle predeterminate misure di segnalazione di allarme ed intervento e riportando le segnalazioni al posto di supervisione. Sarà, inoltre, possibile gestire i segnali di allarme, comando e controllo dell'impianto da sistema di supervisione remoto.


Riguardo alla possibilità di incendio di incolto si precisa che secondo l'art. 52 del D.P.R. 753/80, lungo i tracciati delle ferrovie è vietato:

- far crescere piante e siepi a meno di sei metri dalla più vicina rotaia da misurarsi in proiezione orizzontale; tale misura dovrà essere aumentata in modo che le anzidette piante non si trovino mai a distanza minore di metri due dal ciglio degli sterri o dal piede dei rilevati; le distanze potranno essere diminuite di un metro per le siepi di altezza non superiore di metri 1,5;
- i terreni adiacenti alle linee ferroviarie non possano essere destinati a bosco ad una distanza minore di 50 m dalla rotaia più vicina, da misurarsi in proiezione orizzontale.

In caso di mancata ottemperanza a quanto previsto da tale Normativa, le Direzioni Territoriali Produzione di RFI richiedono ai Comuni entro cui ricade il tracciato di emettere apposita ordinanza in tema di prevenzione incendi al fine di scongiurare il verificarsi di tali eventi causati dall'alta probabilità d'innescio e sviluppo.

Secondo tali ordinanze viene ordinato ai proprietari di aree limitrofe a viabilità ferroviaria di verificare ed eliminare i fattori di rischio di pericolo incendio e loro propagazione provvedendo alla costante pulizia, cura e manutenzione delle aree.

Con riferimento alle proiezioni meteorologiche a lungo termine riportate in precedenza per i due scenari rappresentativi RCP4.5 e RCP8.5 e in riferimento agli indicatori connessi al Fattore Temperatura si osserva che:

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	33 DI 48

- per lo scenario RCP 4.5 – Cluster B – Macroregione 1 - un incremento di 1,3 °C di temperatura con una conseguente riduzione (-19) dei giorni con temperatura media inferiore a 0°C (frost days), un aumento (+9) di giorni estivi con temperatura superiore a 29,2 °C ed una diminuzione di evapotraspirazione (-3%);

- per lo scenario RCP 8.5 – Cluster E – Macroregione 1 - un incremento di 1,5 °C di temperatura con una conseguente riduzione (-27) dei giorni con temperatura media inferiore a 0°C (frost days), un aumento (+14) di giorni estivi con temperatura superiore a 29,2 °C ed un leggero aumento di evapotraspirazione (+2%).

Ciò premesso, pur tenendo in considerazione lo scenario più gravoso (RCP8.5), si ritiene che per le motivazioni sopra esposte le caratteristiche del progetto, e le soluzioni di adattamento applicate durante la sua vita utile e finalizzate a conservare le corrette condizioni di operatività, si prestano ad offrire misure di mitigazione rispetto alla potenziale vulnerabilità dell'opera nei confronti dei rischi connessi ai cambiamenti climatici.

A fronte dell'applicazione delle soluzioni di adattamento di cui sopra, la tabella di classificazione delle vulnerabilità che ne deriva è la seguente, e mostra che, per il Fattore Temperatura, non emergono criticità di livello medio o alto.


		FATTORE TEMPERATURA	<i>esposizione</i>					
		VULNERABILITÀ = IMPATTO POTENZIALE + Soluzioni di ADATTAMENTO	ALTA	MEDIA	MEDIO-BASSA	BASSA		
sensibilità	ALTA							Vulnerabilità alta
	MEDIA							Vulnerabilità media
	MEDIO-BASSA							Vulnerabilità medio-bassa
	BASSA							Vulnerabilità bassa
				-Ondata di freddo/gelata		-Stress termico -Variabilità della temperatura		
			-Ondata di calore -Incendio di incolto			Cambiamento della temperatura		

#### 1.4.3.2 Fattore vento (Cambiamento del regime dei venti, tempeste, trombe d'aria)

Nel seguito si effettua l'analisi di sensibilità ed esposizione dei pericoli legati al fattore Vento e valutati come pertinenti agli interventi di progetto, così come descritti al paragrafo 1.4.1.

ANALISI DI SENSIBILITÀ (pericoli climatici pertinenti per il tipo di progetto specifico, indipendentemente dalla sua ubicazione)

Gerarchia dei pericoli - Stazione ferroviaria e relativi piazzali e marciapiedi esterni

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	34 DI 48

BASSA: Il cambiamento del regime dei venti non è valutato come particolare pericolo per le stazioni e le aree esterne, in quanto gli edifici di stazione e le relative strutture sono in generale resilienti rispetto a tale aspetto.

Per quanto sopra esposto si valuta che tale pericolo rispetto alla funzionalità della stazione abbia un impatto trascurabile.

MEDIO-BASSA: il fattore vento relativamente alla possibilità di tempesta di neve (nello specifico dell'area di Bergamo), può essere definito un elemento di pericolosità diretta o indiretta per gli edifici, parti di essi e per le aree esterne.

Per quanto sopra esposto si valuta che tali pericoli rispetto alla funzionalità della stazione possano avere un impatto sull'attività ma comunque di tipo basso.

MEDIA: il fattore vento relativamente alla possibilità di tromba d'aria, può certamente essere definito un elemento di pericolosità in quanto può essere la causa di danneggiamento delle infrastrutture in maniera diretta o attraverso la caduta di vegetazione e detriti sugli edifici di stazione e spazi ad essi legati.

Per quanto sopra esposto si valuta che tale pericolo rispetto alla funzionalità della stazione abbia un impatto significativo.

	CRONICI	ACUTI	
Pericoli VENTO	Cambiamento del regime dei venti	Tempesta di neve	Tromba d'aria
Edifici di stazione	Bassa	Medio-Bassa	Media
Aree esterne, piazzali	Bassa	Medio-Bassa	Media
<i>Punteggio maggiore</i>	<i>Bassa</i>	<i>Medio-Bassa</i>	<i>Media</i>

ANALISI DI ESPOSIZIONE (pericoli climatici pertinenti per l'ubicazione prevista per il progetto, indipendentemente dal tipo di progetto)

### Gerarchia dei pericoli relativi all'area geografica di Bergamo e alle condizioni climatiche specifiche

#### **Clima attuale**

BASSA: Il cambiamento del regime dei venti nonché le trombe d'aria non sembrano un pericolo associabile al clima attuale di Bergamo. Dall'analisi delle serie storiche dei dati rilevati nella centralina di riferimento a Bergamo, infatti, non si riscontrano mai valori massimi orari di velocità del vento superiori a 23 m/s (centralina via Goisis – anni 2014-2021).

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	35 DI 48

Si valuta quindi che l'impatto del clima attuale valutato rispetto alla funzionalità della stazione e delle aree esterne ed analizzato rispetto al fattore vento e ai relativi pericoli, sia trascurabile.

MEDIO BASSA: in base ai dati climatici attuali, le tempeste di neve si valutano come pericoli possibili rispetto all'ubicazione dell'attività.

Si valuta quindi che l'impatto del clima attuale valutato rispetto alla funzionalità della stazione e delle aree esterne ed analizzato rispetto al fattore vento e ai relativi pericoli, sia presente anche se di tipo medio-basso.

**Clima futuro (scenario RCP8.5- periodo 2021-2050 – previsione peggiore)**

- per il periodo 2021-2050: nell'area di Bergamo (cluster delle anomalie E) è prevista una riduzione sia della copertura nevosa superiore a 1mm/giorno (-9 giorni/anno), sia dei frost days  $T < 0^{\circ}\text{C}$  (-27 giorni/anno). Negli scenari di previsione CMCC non vengono valutati parametri relativi all'intensità e regime dei venti.

BASSA: il cambiamento del regime dei venti non sembra un pericolo caratterizzante il clima futuro di Bergamo. Le tempeste di neve sono previste in netta diminuzione vista la riduzione significativa dei frost-days (-27 giorni/anno) e dei fenomeni significativi di copertura nevosa (-9 giorni/anno).

Si valuta che l'impatto del clima futuro valutato rispetto alla funzionalità della stazione e delle aree esterne ed analizzato rispetto al fattore vento e ai pericoli di cui sopra, sia trascurabile o non significativo.

MEDIO-BASSA: le proiezioni meteoclimatiche a lungo termine riportate per i due scenari rappresentativi RCP4.5 e RCP8.5 non fanno esplicito riferimento alla variabile vento. Tuttavia, il motivo principale del cambiamento climatico è l'aumento dell'effetto serra che a sua volta implica un incremento di energia interna nel sistema "atmosfera" che tenderà a produrre, con frequenza crescente, condizioni ideali per il verificarsi di fenomeni estremi. Nel caso specifico, è possibile ritenere che tali condizioni possano determinare un aumento della probabilità (da bassa a medio-bassa) che i fenomeni ventosi siano caratterizzati da intensità sempre maggiori, con la possibilità che si presentino trombe d'aria.

Si valuta quindi che tale impatto rispetto alla funzionalità della stazione sia presente con un livello di esposizione medio-basso.

	CRONICI	ACUTI	
Pericoli VENTO	Cambiamento del regime dei venti	Tempesta di neve	Tromba d'aria
Clima attuale	Bassa	Medio-Bassa	Bassa
Clima futuro	Bassa	Bassa	Medio-Bassa
<i>Punteggio maggiore</i>	<i>Bassa</i>	<i>Medio-Bassa</i>	<i>Medio-Bassa</i>

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA		
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>		
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'		36 DI 48

ANALISI DI IMPATTO: si combinano i risultati delle analisi di sensibilità ed esposizione

		<i>esposizione</i>			
		<b>FATTORE VENTO</b>			
		<b>ALTA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>MEDIO-BASSA</b>	<b>BASSA</b>
<b>IMPATTO POTENZIALE = sensibilità + esposizione</b>					
<i>sensibilità</i>	<b>ALTA</b>				
	<b>MEDIA</b>			Tromba d'aria	
	<b>MEDIO-BASSA</b>			Tempesta di neve	
	<b>BASSA</b>				Cambiamento del regime dei venti

### SOLUZIONI DI ADATTAMENTO E ANALISI DI VULNERABILITÀ

Il presente progetto prevede alcune soluzioni di adattamento per ridurre la vulnerabilità.

Rispetto a pericoli di tromba d'aria il presente PFTE tiene in considerazione le procedure di fissaggio a regola d'arte degli elementi vulnerabili a possibili raffiche di vento, come elementi isolati, sporgenti o soggetti a maggiore portanza a causa della geometria del loro profilo.

Elementi di maggiore vulnerabilità possono essere, ad esempio, le pensiline e i pannelli fotovoltaici in copertura del FV:

- nel caso delle pensiline, la struttura in acciaio fissata a pavimento tramite fondazioni a plinti su micropali garantisce quella solidità necessaria a garantire la resistenza del fissaggio degli elementi di rivestimento;
- nel caso del fotovoltaico, i pannelli verranno fissati ad una struttura metallica di supporto di altezza adeguata.

Per le infrastrutture ferroviarie di cui trattasi, che si sviluppano all'esterno, si specifica quanto segue:

secondo l'art. 52 del D.P.R. 753/80, lungo i tracciati delle ferrovie è vietato far crescere

- piante e siepi a meno di sei metri dalla più vicina rotaia da misurarsi in proiezione orizzontale; tale misura dovrà essere aumentata in modo che le anzidette piante non si trovino mai a distanza minore

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	37 DI 48

di metri due dal ciglio degli sterri o dal piede dei rilevati; le distanze potranno essere diminuite di un metro per le siepi di altezza non superiore di metri 1,5;

- alberi che superano i quattro metri di altezza non potranno essere piantati ad una distanza dalla più vicina rotaia minore della misura dell'altezza massima raggiungibile aumentata di metri due;
- i terreni adiacenti alle linee ferroviarie non possano essere destinati a bosco ad una distanza minore di 50 m dalla rotaia più vicina, da misurarsi in proiezione orizzontale.

Quanto detto in considerazione:

- dei rischi di caduta di alberi, soprattutto di alto fusto, che, non rientrando nei limiti delle distanze di cui al D.P.R. 753/1980, potrebbero invadere la sede ferroviaria, con conseguente pericolo per la circolazione ferroviaria, per i viaggiatori e comunque interferenza sulla regolarità della stessa;
- in caso di mancata ottemperanza a quanto previsto da tale Normativa, le Direzioni Territoriali Produzione di RFI richiedono ai Comuni entro cui ricade il tracciato di emettere apposita ordinanza:
- in tema di taglio rami ed alberi in proprietà privata interferenti con sede ferroviaria allo scopo di evitare possibili pregiudizi alla sicurezza della circolazione ferroviaria dovuti a caduta di rami o alberi provenienti da terreni privati limitrofi al tracciato;
- in tema di prevenzione incendi al fine di scongiurare il verificarsi di tali eventi causati dall'alta probabilità d'innescio e sviluppo secondo le quali viene ordinato ai proprietari di aree limitrofe a viabilità ferroviaria di:
  - a. adottare ogni azione possibile, in particolare monitorando la stabilità delle piante, al fine di prevenire eventuali rischi;
  - b. verificare ed eliminare i fattori di pericolo per caduta rami ed alberi che possano mettere a rischio la pubblica incolumità e comportare l'eventuale interruzione degli esercizi ferroviari;
  - c. verificare ed eliminare i fattori di rischio di pericolo incendio e loro propagazione provvedendo alla costante pulizia, cura e manutenzione delle aree.

Le proiezioni meteorologiche a lungo termine riportate in precedenza per i due scenari rappresentativi RCP4.5 e RCP8.5 non fanno esplicito riferimento alla variabile vento. Tuttavia, come precedentemente già riportato, il motivo principale del cambiamento climatico è l'aumento dell'effetto serra che implica un incremento di energia interna nel sistema "atmosfera" che tende a produrre, con frequenza crescente, condizioni ideali per il verificarsi di fenomeni estremi. Nel caso specifico, è possibile ritenere che tali condizioni possano implicare un aumento della probabilità che i fenomeni ventosi siano caratterizzati da intensità sempre maggiori.

Ciò premesso, pur tenendo in considerazione lo scenario più gravoso, si ritiene che, per le motivazioni sopra esposte, le caratteristiche del progetto, ovvero le azioni attuate durante la sua vita utile e finalizzate a conservare le corrette condizioni di operatività, si prestino ad offrire misure di mitigazione rispetto alla potenziale vulnerabilità dell'opera nei confronti dei rischi connessi ai cambiamenti climatici.

La tabella di classificazione della vulnerabilità dell'opera rispetto ai pericoli del fattore vento risulta quindi la seguente:

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA		
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>		
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'		38 DI 48

		<i>esposizione</i>					
FATTORE VENTO		ALTA	MEDIA	MEDIO-BASSA	BASSA		
VULNERABILITÀ = IMPATTO POTENZIALE + Soluzioni di ADATTAMENTO							
<i>sensibilità</i>	ALTA						Vulnerabilità alta
	MEDIA			Tromba d'aria			Vulnerabilità media
	MEDIO-BASSA			Tempesta di neve			Vulnerabilità medio-bassa
	BASSA				Cambiamento del regime dei venti		Vulnerabilità bassa

#### 1.4.3.3 Fattore Acque (Variabilità del regime delle precipitazioni e idrologica, stress idrico, forti precipitazioni, siccità)

Nel seguito si effettua l'analisi di sensibilità ed esposizione dei pericoli legati al fattore Acque e valutati come pertinenti agli interventi di progetto, così come descritti al paragrafo 1.4.1.

#### ANALISI DI SENSIBILITÀ (pericoli climatici pertinenti per il tipo di progetto specifico, indipendentemente dalla sua ubicazione)

Gerarchia dei pericoli - Stazione ferroviaria e relativi piazzali e marciapiedi esterni


**BASSA:** la siccità e lo stress idrico non sono considerati come un particolare pericolo per le stazioni ferroviarie, in quanto l'attività non è direttamente influenzata dalla presenza o meno di precipitazioni.

Per quanto sopra esposto si valuta che tali pericoli rispetto alla funzionalità della stazione abbiano un impatto trascurabile.

**MEDIO-BASSA:** le precipitazioni intense, la loro variabilità ed il loro cambiamento di regime possono essere la causa di problemi di accesso nonché di allagamento localizzato degli edifici di stazione, dei marciapiedi e dei binari. Generalmente gli edifici di stazione sono sempre dotati di sistemi di raccolta acque ed i marciapiedi sono sopraelevati rispetto al livello binario.

La presenza di grandine o ghiaccio può rappresentare, altresì, una difficoltà di accessibilità e sicurezza per i passeggeri.

Per quanto sopra esposto si valuta che tali pericoli rispetto alla funzionalità della stazione possano avere un impatto di livello medio-basso.

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	39 DI 48

MEDIO: le inondazioni nel caso specifico di tipo pluviale o fluviale possono avere un impatto sulla funzionalità della stazione e dei marciapiedi, in quanto oltre a limitare potenzialmente l'accessibilità e la funzionalità dei locali (pubblici e tecnici), potrebbero implicare un allagamento temporaneo dei binari con conseguente trasporto di materiale solido sulla linea.

Per quanto sopra esposto valuta che tale pericolo rispetto alla funzionalità della stazione abbia un impatto di livello medio.

Pericoli ACQUE	CRONICI			ACUTI		
	Cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Variabilità idrologica o delle precipitazioni	Stress idrico	Siccità	Forti precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Inondazioni
Edifici di stazione	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Bassa	Bassa	Medio-Bassa	Medio
Aree esterne, piazzali	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Bassa	Bassa	Medio-Bassa	Medio
<i>Punteggio maggiore</i>	<i>Medio-Bassa</i>	<i>Medio-Bassa</i>	<i>Bassa</i>	<i>Bassa</i>	<i>Medio-Bassa</i>	<i>Medio</i>

ANALISI DI ESPOSIZIONE (pericoli climatici pertinenti per l'ubicazione prevista per il progetto, indipendentemente dal tipo di progetto)

#### **Gerarchia dei pericoli relativi all'area geografica di Bergamo e alle condizioni climatiche specifiche**

##### ***Clima attuale***

BASSA: nell'area di Bergamo, le precipitazioni non sono in generale di tipo estremo pur con normali episodi di precipitazioni intense. Come si può evincere dai dati di piovosità rilevati nella centralina di riferimento (Via Goisis-Bergamo), l'area presenta una piovosità mediamente distribuita nelle stagioni e non si riscontrano problematiche di siccità e stress idrico prolungato.





Figura 1-28 PRECIPITAZIONI 2012-2021 Bergamo VIA GOISIS – ARPA Lombardia

Si valuta quindi che l’impatto del clima attuale rispetto alla funzionalità della stazione sia trascurabile.

MEDIO-BASSA: possibili inondazioni pluviali localizzate per piogge intense, sono legate non direttamente al clima in sé, ma ad un cattivo funzionamento o sottodimensionamento dell’attuale sistema di raccolta acque di piazzale esterno.



Figura 1-29 Stralcio carta della pericolosità delle alluvioni PGRA del Distretto Padano – Piano di Gestione del Rischio Alluvioni



	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA		
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>		
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'		42 DI 48

ANALISI DI IMPATTO: si combinano i risultati delle analisi di sensibilità ed esposizione

		<i>esposizione</i>			
FATTORE ACQUE		ALTA	MEDIA	MEDIO-BASSA	BASSA
IMPATTO POTENZIALE = sensibilità + esposizione					
sensibilità	ALTA				
	MEDIA		Inondazioni		
	MEDIO-BASSA			-Cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni -Variabilità idrologica -Forti precipitazioni	
	BASSA			Siccità Stress idrico	

### SOLUZIONI DI ADATTAMENTO E ANALISI DI VULNERABILITÀ

Il presente progetto prevede alcune soluzioni di adattamento per ridurre la vulnerabilità.

Con riferimento alle proiezioni meteo-climatiche a lungo termine riportate in precedenza per lo scenario più gravoso RCP8.5 e in riferimento agli indicatori connessi al Fattore Acque si osserva un aumento della piovosità invernale (+16%), una riduzione di quella estiva (-14%), una riduzione dei giorni caratterizzati da accumulo nivale (-9) ed un aumento dei giorni con eventi di piovosità estrema (+9%).

**Le vasche di raccolta andranno dimensionate considerando un incremento di almeno un 10% dei dati di progetto al fine di tenere conto dell'evoluzione climatica di cui sopra. Tale elemento sarà preso in considerazione nella successiva fase di progettazione.**

In particolare, il progetto degli interventi previsti per la stazione di Bergamo prevede la realizzazione di due vasche di raccolta delle acque meteoriche, che verranno poi recapitate nella Roggia Nuova, in considerazione dell'assetto piano altimetrico dell'area di intervento e della configurazione dello stato di fatto.

La configurazione frammentaria dell'area di intervento, vincolata dalla presenza del fascio dei binari oltre che dal sottopasso di distribuzione, ha suggerito l'opportunità di ripartire la volumetria di progetto tra due diversi dispositivi di laminazione, entrambi a geometria scatolare, previsti in cemento armato in opera.

Per i dettagli di progetto si rimanda all'elaborato specifico "Relazione idraulica" del PFTE, tuttavia si evidenzia come sia presente una vasca di laminazione NORD, collocata nella zona Nord-Orientale dell'area di

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	43 DI 48

intervento, per una volumetria complessiva di circa 1.400 m<sup>3</sup>, e una vasca di laminazione SUD, collocata in prossimità dell'angolo Sud-Occidentale dell'area di intervento, per una volumetria di circa 495 m<sup>3</sup>. Tali vasche saranno pertanto aumentate di volume e dimensionate con una capacità pari a circa 1.550 m<sup>3</sup> per la NORD e circa 550 m<sup>3</sup> per la SUD.

Ciò premesso, pur tenendo in considerazione lo scenario più gravoso, si ritiene che per le motivazioni sopra esposte, le caratteristiche del progetto, e le azioni realizzate durante la sua vita utile e finalizzate a conservare le corrette condizioni di operatività, si prestano ad offrire misure di mitigazione rispetto alla potenziale vulnerabilità dell'opera nei confronti dei rischi connessi ai cambiamenti climatici.

A fronte dell'applicazione delle strategie di adattamento di cui sopra, la tabella di classificazione delle vulnerabilità che ne deriva è la seguente:

		<i>esposizione</i>					
FATTORE ACQUE		ALTA	MEDIA	MEDIO-BASSA	BASSA		
VULNERABILITÀ = IMPATTO POTENZIALE + Soluzioni di ADATTAMENTO							
sensibilità	ALTA						
	MEDIA						Vulnerabilità alta
	MEDIO-BASSA			-Cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni -Variabilità idrologica -Forti precipitazioni			Vulnerabilità media
	BASSA		Inondazioni				Vulnerabilità medio-bassa
					Siccità Stress idrico		

#### 1.4.3.4 Fattore Massa Solida (Degradazione ed Erosione del suolo, Soliflusso, Frane, Subsidenza)

Nel seguito si effettua l'analisi di sensibilità ed esposizione dei pericoli legati al fattore Massa solida e valutati come pertinenti agli interventi di progetto, così come descritti al paragrafo 1.4.1.

ANALISI DI SENSIBILITÀ (pericoli climatici pertinenti per il tipo di progetto specifico, indipendentemente dalla sua ubicazione)

Gerarchia dei pericoli - Stazione ferroviaria e relativi piazzali e marciapiedi esterni

La pericolosità legata al fattore Massa Solida può essere considerata una conseguenza dei fattori citati nei paragrafi precedenti.

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	44 DI 48

Le principali conseguenze sui fenomeni franosi ed alluvionali si possono sintetizzare in due aspetti principali:

- la tendenza delle precipitazioni può comportare una variazione delle modalità di sollecitazione dei versanti da parte degli eventi meteorologici;
- l'aumento dei fenomeni estremi di tipo meteorico può causare un incremento degli eventi di frana del tipo colate rapide di fango/detrito, unitamente a fenomeni di erosione del suolo quale conseguenza dell'aumento delle temperature e dell'indice di aridità.

**BASSA:** la degradazione e l'erosione del suolo non sono considerate come particolare pericolo per le stazioni, in quanto gli edifici e i marciapiedi non sono direttamente influenzati da fenomeni di degradazione o erosione del suolo.


Per quanto sopra esposto si valuta che tali pericoli rispetto alla funzionalità della stazione abbiano un impatto trascurabile.

**MEDIO-BASSA:** il soliflusso, così come la subsidenza sono pericoli e movimenti del terreno che possono avere un impatto sugli edifici e sui marciapiedi di stazione andando a modificare nel tempo i livelli; si stima tuttavia che gli edifici e i marciapiedi possano avere, in relazione ai criteri di progettazione adottati, una resilienza residua rispetto a tali pericoli.

Per quanto sopra esposto si valuta che tali pericoli rispetto alla funzionalità della stazione abbiano un impatto medio-basso.

**MEDIA:** eventuali frane del tipo colate rapide di fango e/o detriti potrebbero avere un impatto sulle opere di una stazione ferroviaria, in particolare per gli edifici di stazione, si considera pertanto un impatto classificabile come medio.

Pericoli <b>MASSA SOLIDA</b>	CRONICI		ACUTI		
	Degradazione del suolo	Erosione del suolo	Soliflusso	Frana	Subsidenza
Edifici di stazione	Bassa	Bassa	Medio-Bassa	Media	Medio-Bassa
Aree esterne, piazzali	Bassa	Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa
<i>Punteggio maggiore</i>	<i>Bassa</i>	<i>Bassa</i>	<i>Medio-Bassa</i>	<i>Media</i>	<i>Medio-Bassa</i>

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	45 DI 48

ANALISI DI ESPOSIZIONE (pericoli climatici pertinenti per l'ubicazione prevista per il progetto, indipendentemente dal tipo di progetto)

### Gerarchia dei pericoli relativi all'area geografica di Bergamo e alle condizioni climatiche specifiche

#### *Clima attuale/futuro*

Come già descritto in precedenza, i pericoli legati alla massa solida possono considerarsi una conseguenza dei fattori citati nei paragrafi precedenti.

L'aumento futuro delle precipitazioni invernali nonché dei giorni di pioggia estrema potrebbe potenzialmente incrementare l'esposizione dell'opera a fenomeni franosi e/o erosivi, e di fenomeni quali la subsidenza o il soliflusso.

A conclusione di ciò si valuta che l'impatto del clima futuro rispetto a quello attuale possa determinare un aumento del livello di esposizione dell'opera da basso a medio-basso.

	CRONICI		ACUTI		
<b>Pericoli MASSA SOLIDA</b>	<b>Degradazione del suolo</b>	<b>Erosione del suolo</b>	<b>Soliflusso</b>	<b>Frana</b>	<b>Subsidenza</b>
Clima attuale	Bassa	Bassa	Bassa	Bassa	Bassa
Clima futuro	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa
<i>Punteggio maggiore</i>	<i>Medio-Bassa</i>	<i>Medio-Bassa</i>	<i>Medio-Bassa</i>	<i>Medio-Bassa</i>	<i>Medio-Bassa</i>

	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA		
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>		
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'		46 DI 48

ANALISI DI IMPATTO: si combinano i risultati delle analisi di sensibilità ed esposizione

		FATTORE MASSA SOLIDA	<i>esposizione</i>			
		IMPATTO POTENZIALE = sensibilità + esposizione	ALTA	MEDIA	MEDIO-BASSA	BASSA
sensibilità	ALTA					
	MEDIA				Frana	
	MEDIO-BASSA				-Soliflusso -Subsidenza	
	BASSA				-Degradazione del suolo -Erosione del suolo	

### SOLUZIONI DI ADATTAMENTO E ANALISI DI VULNERABILITÀ

Il presente progetto prevede alcune soluzioni di adattamento per ridurre la vulnerabilità.

Lo studio geologico effettuato a livello preliminare ha messo in evidenza quanto segue:

- l'area di progetto ricade in situazione di pianura alluvionale ed è esente in sé per sé da dissesti in atto o potenziali e da elementi geomorfologici tali da costituire una criticità ai fini progettuali;
- i terreni sono di origine fluvioglaciale ed hanno litologia da medio-grossolana a grossolana;
- dal punto di vista idrogeologico l'area di progetto si trova sull'unità idrogeologica costituita dai depositi alluvionali, sede di falda non confinata o semi confinata, il cui livello freatico si trova a profondità superiori a 20m dal piano campagna.

Per quanto concerne le problematiche idrauliche, l'area di progetto non è interessata da tematismi del PGRA e del PAI inerenti alla pericolosità idraulica o da problematiche di rischio per frana e alluvioni.

Nel caso in esame, non sono stati osservati ambiti di instabilità dei versanti significativamente prossimi alle aree di progetto e dissesti potenzialmente attivabili con le opere previste in fase di costruzione.

Con riferimento alle proiezioni meteo-climatiche a lungo termine per lo scenario rappresentativi RCP8.5 e in riferimento agli indicatori connessi sia alle precipitazioni (in termini di piovosità, accumulo nivale, giorni con precipitazioni intense ed estreme) che alla temperatura (temperature minime e massime e evapotraspirazione), connessi al Fattore massa solida, si osserva in media una variabilità climatica che potenzialmente potrebbe concorrere a determinare alcune situazioni descritte in precedenza.

Tuttavia, pur tenendo in considerazione lo scenario più gravoso, si ritiene che per le motivazioni sopra esposte, le caratteristiche del progetto, e le azioni attuate durante la sua vita utile e finalizzate a conservare le corrette condizioni di operatività, si prestino ad offrire misure di mitigazione rispetto alla potenziale vulnerabilità dell'opera nei confronti dei rischi connessi ai cambiamenti climatici.

La tabella di classificazione della vulnerabilità dell'opera rispetto ai pericoli del fattore massa solida è la seguente:

		FATTORE MASSA SOLIDA	<i>esposizione</i>					
		VULNERABILITÀ = IMPATTO POTENZIALE + Soluzioni di ADATTAMENTO	ALTA	MEDIA	MEDIO-BASSA	BASSA		
<i>sensibilità</i>	ALTA							
	MEDIA				Frana			Vulnerabilità alta
	MEDIO-BASSA			Inondazioni	-Soliflusso -Subsidenza			Vulnerabilità media
	BASSA				-Degradazione del suolo -Erosione del suolo			Vulnerabilità medio-bassa
								Vulnerabilità bassa



	<b>STAZIONE DI BERGAMO</b> PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	
	<b>NUOVO HUB DI RICONNESSIONE URBANA E MOBILITA' SOSTENIBILE</b>	
	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO E DELLA VULNERABILITA'	48 DI 48

## 2 CONCLUSIONI

L'analisi sviluppata fa riferimento al Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica (PFTE) della stazione di Bergamo.

Nel documento viene effettuata la valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità, in ottemperanza a quanto indicato dai Criteri di Vaglio Tecnico riportati nel par. 6.14 (Infrastrutture per il trasporto ferroviario) nell'Allegato II al Regolamento Delegato EU 2021/2139 del 4/06/21, e in Appendice A, al fine di dimostrare l'applicabilità del criterio DNSH all'obiettivo ambientale "Adattamento ai cambiamenti climatici".

Tale analisi è stata organizzata in una prima parte nella quale sono stati analizzati i dati climatici storici e previsionali connessi ai cambiamenti climatici in atto con particolare riferimento all'area di progetto. Le proiezioni climatiche sono state riportate utilizzando metodologie in linea con le relazioni del Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico (IPPC/CMCC).

Nella seconda parte è stata effettuata una valutazione qualitativa degli impatti connessi ai pericoli climatici applicabili, organizzata per fattori climatici, ed è stata effettuata una valutazione della vulnerabilità e delle soluzioni di adattamento previste.

Le risultanze di questa valutazione hanno evidenziato livelli di vulnerabilità di tipo basso o medio-basso per i quattro fattori climatici analizzati, temperatura, vento, acque e massa solida e dei pericoli ad essi legati. Unicamente per quanto riguarda il *fattore acque*, è emersa la necessità di intervenire sul dimensionamento delle vasche di laminazione: tali vasche, infatti, nelle seguenti fasi di progettazione, dovranno essere aumentate in volume di circa il 10% al fine di tenere conto dell'evoluzione climatica, come riportato in dettaglio nel paragrafo 1.4.3.3.

A valle di tutte le analisi eseguite, effettuate tenendo conto degli elementi previsti sia dalla progettazione sviluppata che dalle procedure e istruzioni operative in uso presso il gestore della infrastruttura ferroviaria, è lecito concludere come non siano stati rilevati particolari elementi di criticità.