



Centro Euro-Mediterraneo
sui Cambiamenti Climatici

www.cmcc.it

Ricostruire meglio Adattamento, Sicurezza, Innovazione, Partecipazione



LEGAMBIENTE



Paola Mercogliano
Principal Scientist
Fondazione CMCC



cmcc

Centro Euro-Mediterraneo
sui Cambiamenti Climatici

Siamo un **centro di ricerca internazionale** che studia **l'interazione** tra **cambiamenti climatici e società**.

www.cmcc.it



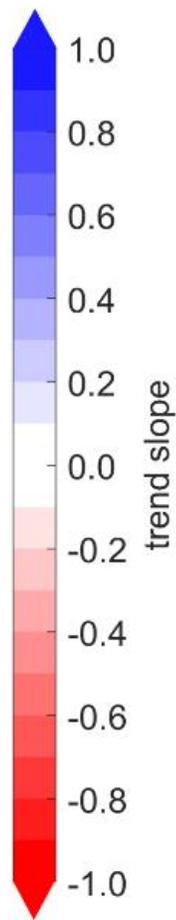
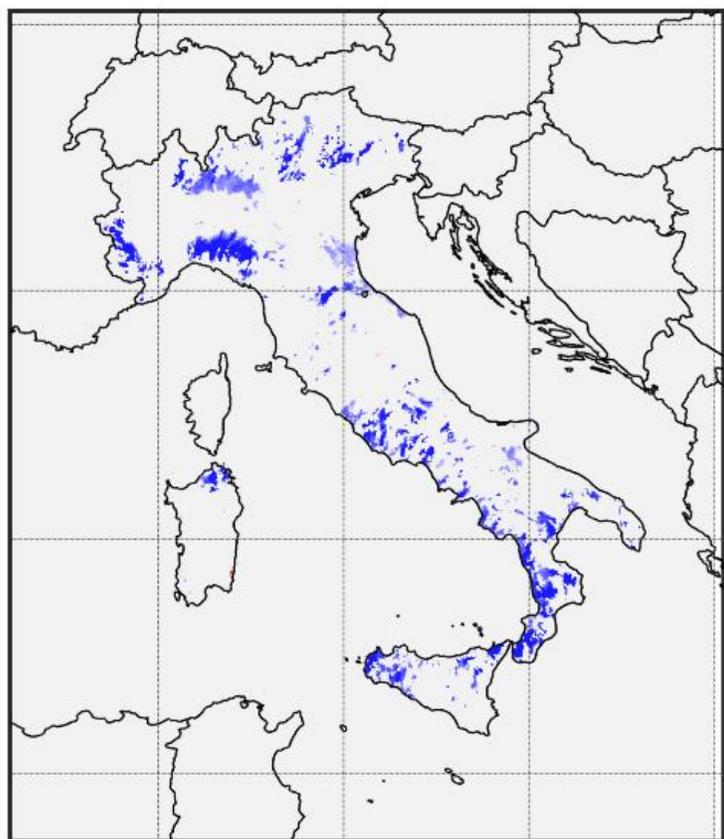
MISSION

Realizzare studi e modelli del nostro sistema climatico e delle sue **interazioni** con la società per garantire risultati affidabili, tempestivi e rigorosi al fine di stimolare una crescita sostenibile, proteggere l'ambiente e sviluppare, nel contesto dei cambiamenti climatici, politiche di adattamento e mitigazione fondate su conoscenze scientifiche.

Sviluppare previsioni e analisi quantitative del nostro pianeta e della società del futuro.

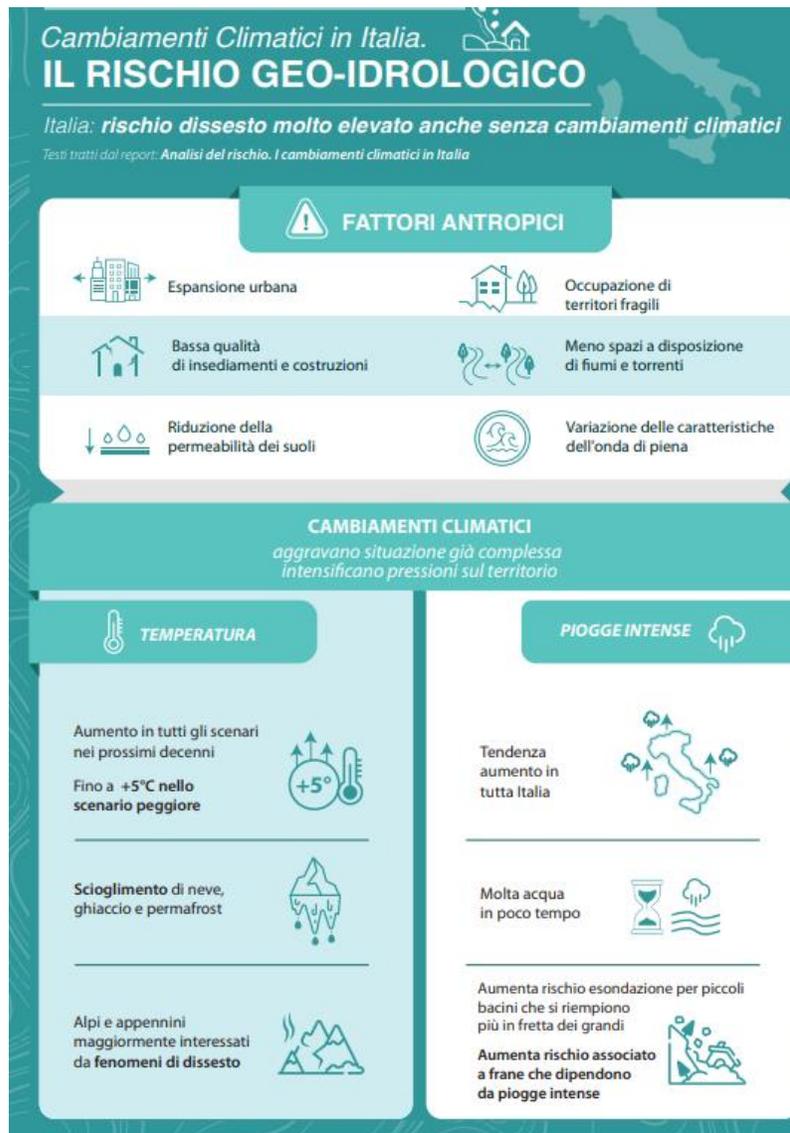
Caratteristiche del clima attuale: estremi di precipitazione

Nov-Mar (Wet Period)



Are dove la tendenza di crescita (blu) delle precipitazioni massime giornaliere è già significativa (periodo 1991-2020)

Raffa, M.; Reder, A.; Marras, G.F.; Mancini, M.; Scipione, G.; Santini, M.; Mercogliano, P. VHR-REA_IT Dataset: Very High Resolution Dynamical Downscaling of ERA5 Reanalysis over Italy by COSMO-CLM. Data 2021, 6, 88. <https://doi.org/10.3390/data6080088>



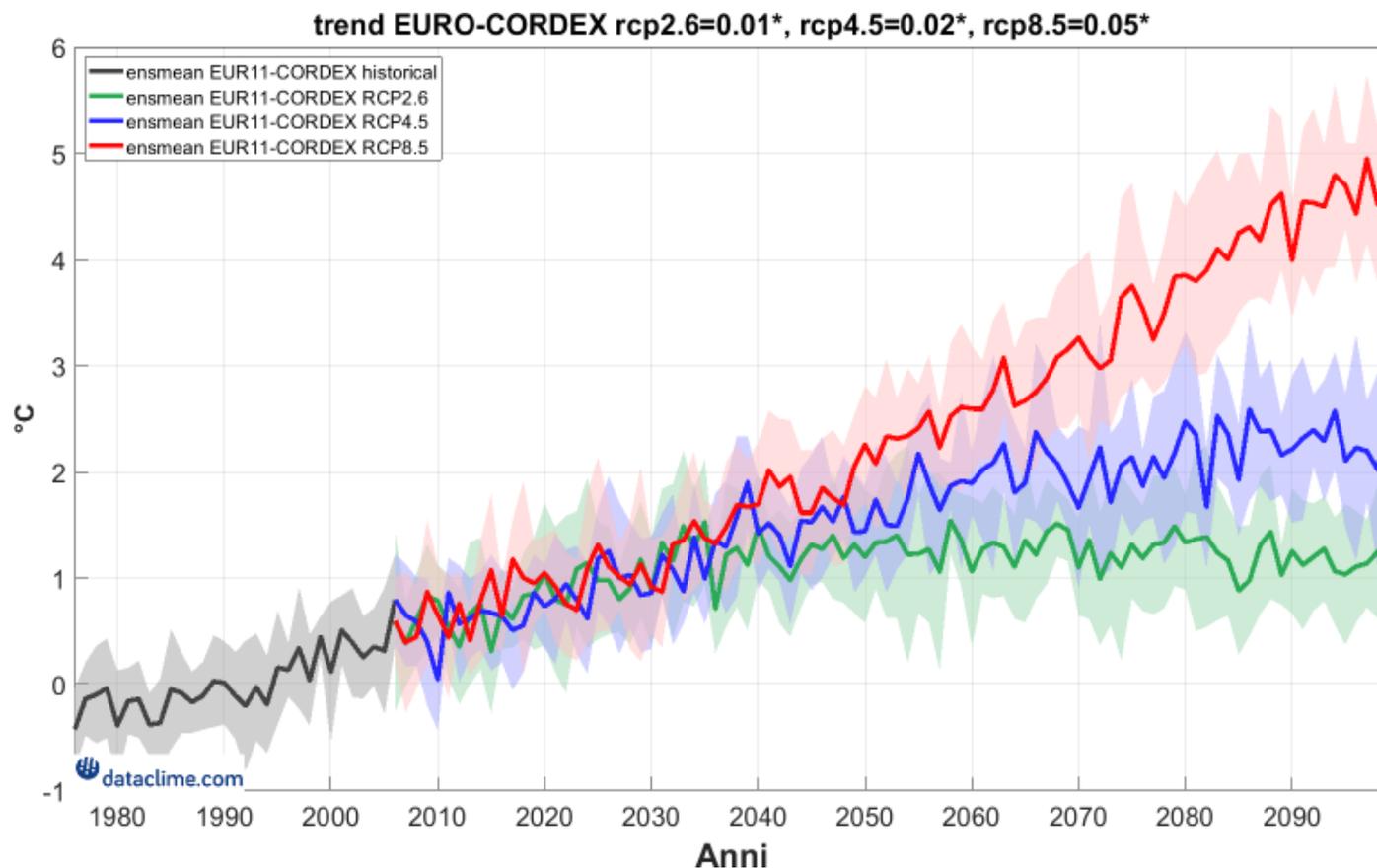
Scenari di cambiamento climatico in Italia

Scenari definiti nell'ambito del quinto rapporto di valutazione dell'IPCC

❖ RCP2.6 (“Mitigazione aggressiva”, con emissioni dimezzate entro il 2050).

❖ RCP4.5 (“forte stabilizzazione”, con riduzioni consistenti delle emissioni).

❖ RCP8.5 (“Nessuna mitigazione”, spesso definito “business-as-usual” poiché prevede una crescita delle emissioni ai ritmi attuali).



Andamento temporale, fino al 2100, della media annua della temperatura media giornaliera a livello nazionale, considerando un ensemble di modelli EURO-CORDEX



Scenari di cambiamento climatico sull'Italia



Aumento generalizzato delle ondate di caldo.



Significativo aumento del pericolo incendi in particolare sugli Appennini e sulle Alpi.



Incremento del numero di episodi di siccità, in particolare nel sud Italia (incluso le isole).



Diminuzione delle precipitazioni complessive annue (fino al 20% nel 2050).



Per le mareggiate più estreme è atteso un incremento specie nell'alto adriatico, mar ligure ed alto tirreno.



Generale incremento dell'intensità e della frequenza degli eventi estremi di precipitazione.

mappe e risultati dal PNACC (<https://www.mase.gov.it/notizie/clima-approvato-il-piano-nazionale-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici>)



Le soluzioni



Supporto all'adattamento

La ricerca può supportare la pianificazione, la progettazione e la gestione dell'adattamento urbano; ad esempio considerare l'evoluzione dei rischi climatici a livello locale e quantificarne l'efficienza con approcci innovativi.

Dati osservati da strumenti in situ, dati satellitari, modelli climatici ad altissima risoluzione



Modelli ed indicatori per valutare l'impatto del cc a livello urbano e scala di edificio



Stress legati al calore

Allagamenti urbani

Benessere interno dell'edificio e comfort termico

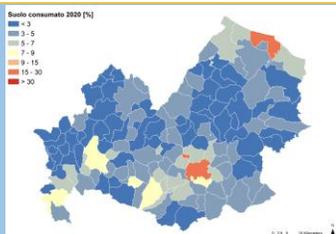
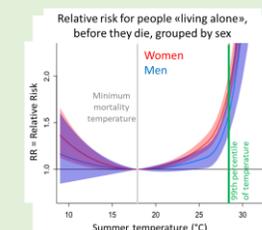
Mappe di allagamento urbano



Mappe di temperatura urbana



Mortalità legata alla temperatura



Valutazione delle caratteristiche di vulnerabilità degli insediamenti urbani al caldo estremo e alle inondazioni



LINK TO THE PROJECT WEBPAGE



**Una grande comunità
di cittadine e cittadini informati
e consapevoli per affrontare
i cambiamenti climatici.**



Soluzioni avanzate
per efficaci risposte
locali alle sfide
del clima



Strumenti per contrastare
la disinformazione e
favorire comunità
resilienti



**JOIN THE
COMMUNITY**



Partecipazione attiva
attraverso il confronto con
le migliori realtà europee,
approcci innovativi
e strumenti
digitali



Azioni concrete per
sostenere e promuovere
il cambiamento sociale



Agora in a nutshell

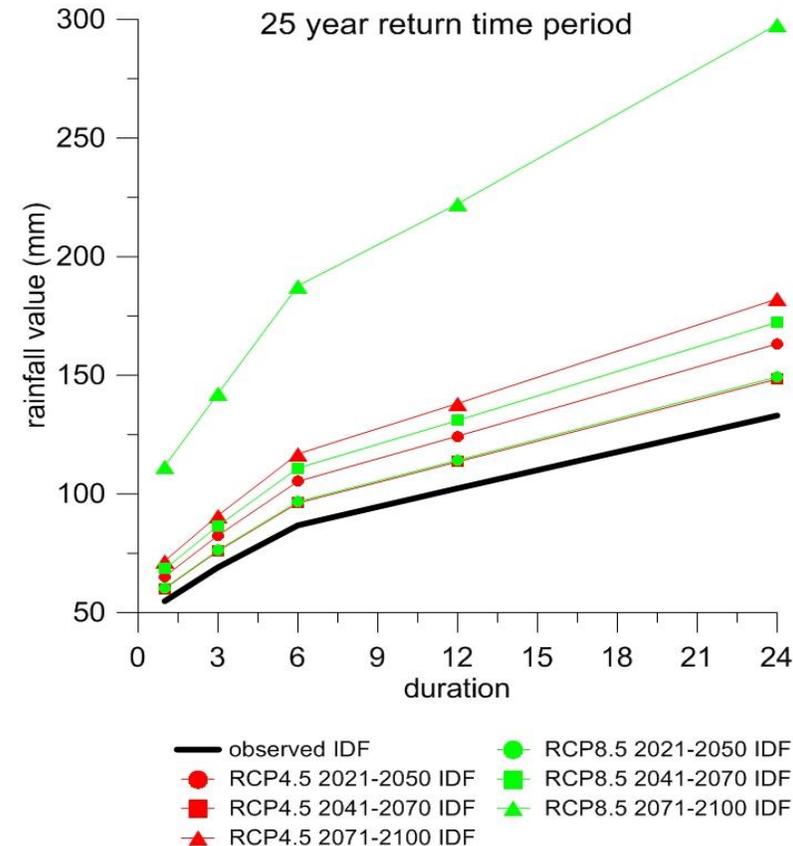
- AGORA è un progetto **HORIZON Europe** iniziato a **Gennaio 2023 (36 mesi)** e coordinato dalla **Fondazione CMCC**.
- AGORA supporta gli obiettivi della Missione Europea sull'adattamento al cambiamento climatico, promuovendo processi di trasformazione sociale attraverso metodi ed approcci transdisciplinary.
- Il progetto sviluppa metodi efficaci per il coinvolgimento dei cittadini e delle comunità nelle azioni di contrasto al cambiamento climatico ed amplia la realizzazione di processi di adattamento per costruire un'Europa resiliente al cambiamento climatico.

Metodi per supportare il design in un contesto climate change: evoluzione delle IDF

L'applicazione fornisce una valutazione, basata su scenari di piogge estreme, dell'impatto e dei potenziali danni relativi alle inondazioni pluviali urbane.

Le curve IDF che caratterizzano intensità, frequenza e durata degli eventi estremi sono attualmente utilizzate per dimensionare le infrastrutture.

Risulta quindi uno strumento più facilmente utilizzabile per comprendere come modificare il design delle strutture (proponendo IDF modificate dal cambiamento climatico)

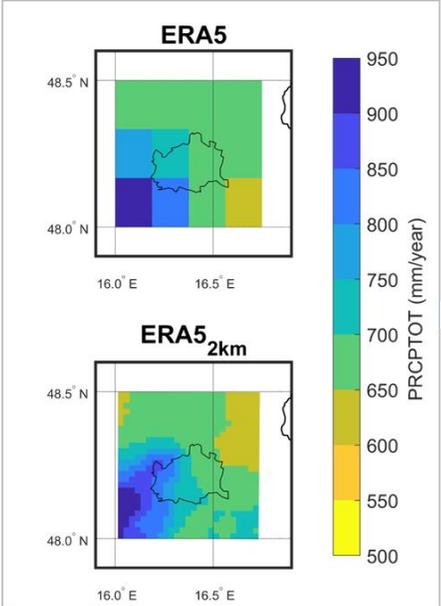


I modelli indicano un aumento degli eventi estremi rispetto all'osservato. Scenari più estremi vedono maggiori aumenti delle piogge intense



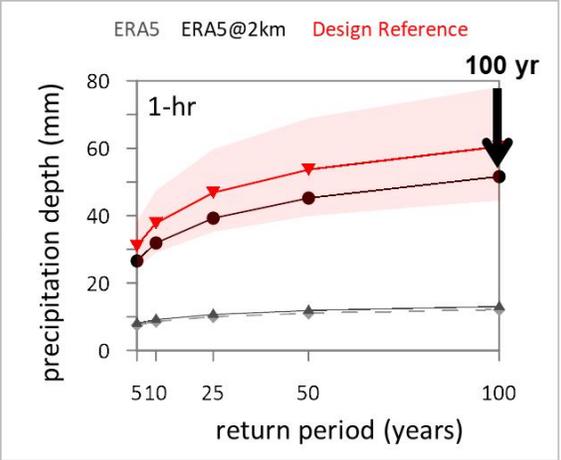
Dati ad altissima risoluzione per studiare il clima

Step 1: ERA5 dynamically downscaled at 2 km



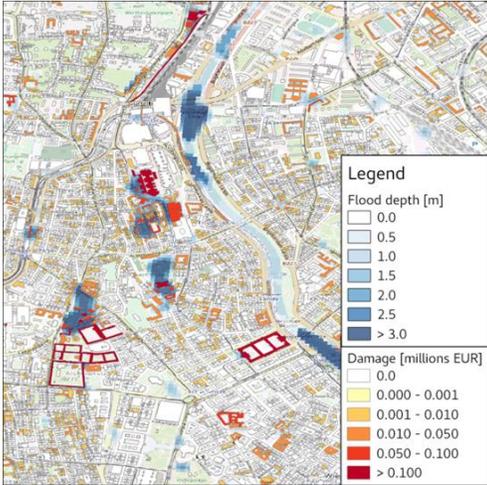
New ERA5@2km dataset
over 1989-2018 (Vienna, Austria)

Step 2: Intensity-Duration-Frequency curve at city scale



Official design bandwidth
(Vienna, Austria)
(<https://ehyd.gv.at/>)

Step 3: Flood Risk Analysis



Flood depth and direct damages
yielded for a precipitation depth
with RP = 100 y (Vienna, Austria
with EU-DEM v1.1 as Digital
Elevation Model)

L'applicazione fornisce una valutazione delle caratteristiche del pericolo, impatto e dei potenziali danni relativi alle inondazioni pluviali urbane per il clima dal 1989 al 2018 su 20 città europee.



Commissione tecnico-scientifica istituita con deliberazione della Giunta Regionale n. 984/2023 e determinazione dirigenziale 14641/2023, al fine di analizzare gli eventi meteorologici estremi del mese di maggio 2023

Rapporto finale

Autori:

Prof. Armando Brath armando.brath@unibo.it (Coordinatore)

Prof. Nicola Casagli nicola.casagli@unifi.it

Prof. Marco Marani marco.marani@unipd.it

Dott.ssa Paola Mercogliano paola.mercogliano@cmcc.it

Prof. Renzo Motta renzo.motta@unito.it

**Rapporto
della Commissione tecnico-scientifica
istituita con deliberazione della Giunta
Regionale n. 984/2023 e determinazione
dirigenziale 14641/2023, al fine di
analizzare gli eventi meteorologici
estremi del mese di maggio 2023**

Autori:

Prof. Armando Brath armando.brath@unibo.it (Coordinatore)
Prof. Nicola Casagè nicola.casage@unifi.it
Prof. Marco Marani marco.marani@unipi.it
Dott.ssa Paola Mercogliano paola.mercogliano@smcc.it
Prof. Renzo Motta renzo.motta@unito.it

Bologna, 12 dicembre 2023

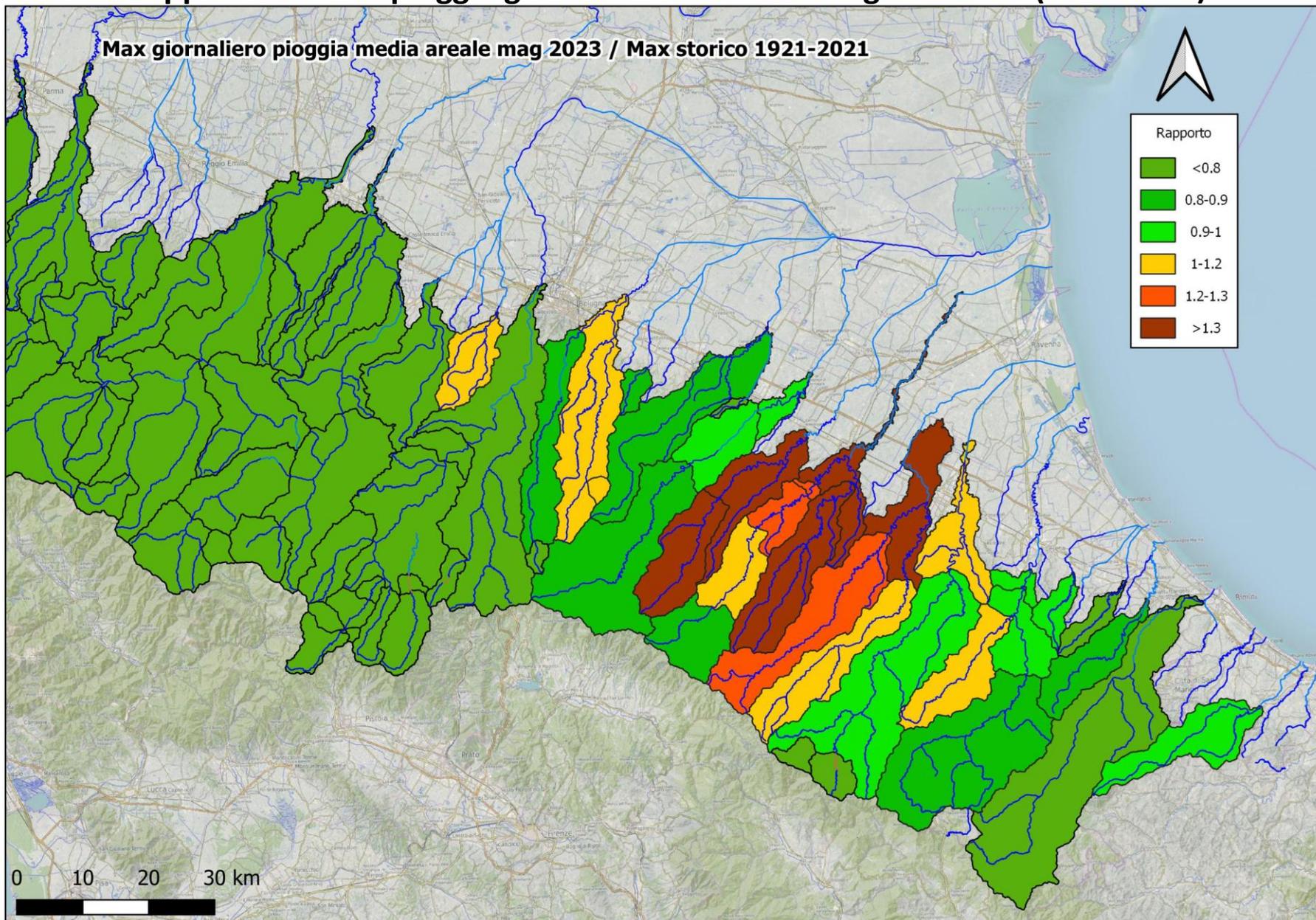
Sommario

1	INTRODUZIONE	5
2	INQUADRAMENTO DELL'AREA IN ESAME	6
2.1.1	<i>Inquadramento geomorfologico</i>	6
2.1.2	<i>Inquadramento geologico</i>	7
3	CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA DELL'EVENTO	9
3.1	VALUTAZIONE DEI VOLUMI DI PIOGGIA CADUTI SUI BACINI	12
3.2	LA RACCOLTA DELL'INFORMAZIONE IDROLOGICA STORICA	20
3.3	IL CONFRONTO CON L'EVENTO DEL MAGGIO-GIUGNO 1939	21
3.4	CARATTERIZZAZIONE STATISTICA DELLE PIOGGE AREALI E STIMA DEL LORO TEMPO DI RITORNO	26
3.4.1	<i>Confronti tra eventi storici notevoli</i>	27
3.4.2	<i>L'analisi statistica dei valori estremi: metodi</i>	37
3.4.3	<i>L'analisi statistica dei valori estremi per durate di uno e due giorni (1921-2023)</i>	37
3.4.4	<i>L'analisi statistica dei valori estremi di durate inferiori al giorno (1991-2023)</i>	47
3.5	ANALISI DEI DATI IDROMETRICI DELL'EVENTO	56
4	CARATTERIZZAZIONE DEI MOVIMENTI GRAVITATIVI DI VERSANTE	60
4.1	TIPOLOGIE DI FRANA	61
4.1.1	<i>Scorrimenti rapidi di terra e/o detrito (tipologia A)</i>	62
4.1.2	<i>Colate di detrito non canalizzate (tipologia B)</i>	64
4.1.3	<i>Colate di detrito canalizzate (tipologia C)</i>	65
4.1.4	<i>Colate di terra e/o fango (tipologia F)</i>	66
4.1.5	<i>Scorrimenti traslativi e/o rotazionali (tipologia R)</i>	67
4.1.6	<i>Scivolamenti in roccia su piano di strato (tipologia SCST e SCSTI)</i>	68
4.1.7	<i>Frane complesse (tipologia CMPL)</i>	69
4.1.8	<i>Crolli o scivolamenti/crolli (tipologia CR)</i>	70
4.1.9	<i>Frane di attribuzione incerta (tipologia INC)</i>	70
4.2	DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA DELLE FRANE	71
4.2.1	<i>Confronto con le isoiete dell'evento</i>	74
4.2.2	<i>Confronto con la litologia</i>	77
4.2.3	<i>Confronto con la mappa inventario regionale delle frane</i>	81
4.2.4	<i>Confronto con le aree a pericolosità idrogeologica</i>	82
4.2.5	<i>Confronto con l'uso del suolo</i>	84
4.2.6	<i>Impatto sulle strutture e sulle infrastrutture</i>	86
4.3	CONDIZIONI PLUVIOMETRICHE DI INNESCO DELLE FRANE	91
4.3.1	<i>Soglie pluviometriche di innesco</i>	91
4.3.2	<i>Soglie pluviometriche di innesco per la Regione Emilia-Romagna</i>	91
4.3.3	<i>Confronto tra eventi pluviometrici del maggio 2022 e le soglie d'innesco</i>	94
5	CARATTERIZZAZIONE DEI PRINCIPALI CAMBIAMENTI NELL'USO DEL SUOLO	99
5.1	RUOLO DELLA COPERTURA FORESTALE NELLA REGIMAZIONE DELLE ACQUE	99
5.2	RUOLO DELLA COPERTURA FORESTALE IN EVENTI ECCEZIONALI	101
5.3	LE DINAMICHE DI COPERTURA FORESTALE	103
5.4	IL CAMBIO DI COPERTURA FORESTALE TRA IL 1936 ED IL 2014	107
5.5	SUPERFICIE AGRICOLA UTILIZZATA (SAU)	111
5.6	RISCHIO IDRAULICO E CONSUMO DI SUOLO	112
5.7	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	114
6	SCENARI CLIMATICI PER LE FORZANTI IDROLOGICHE	116
6.1	LE ANALISI DI SCENARIO	116

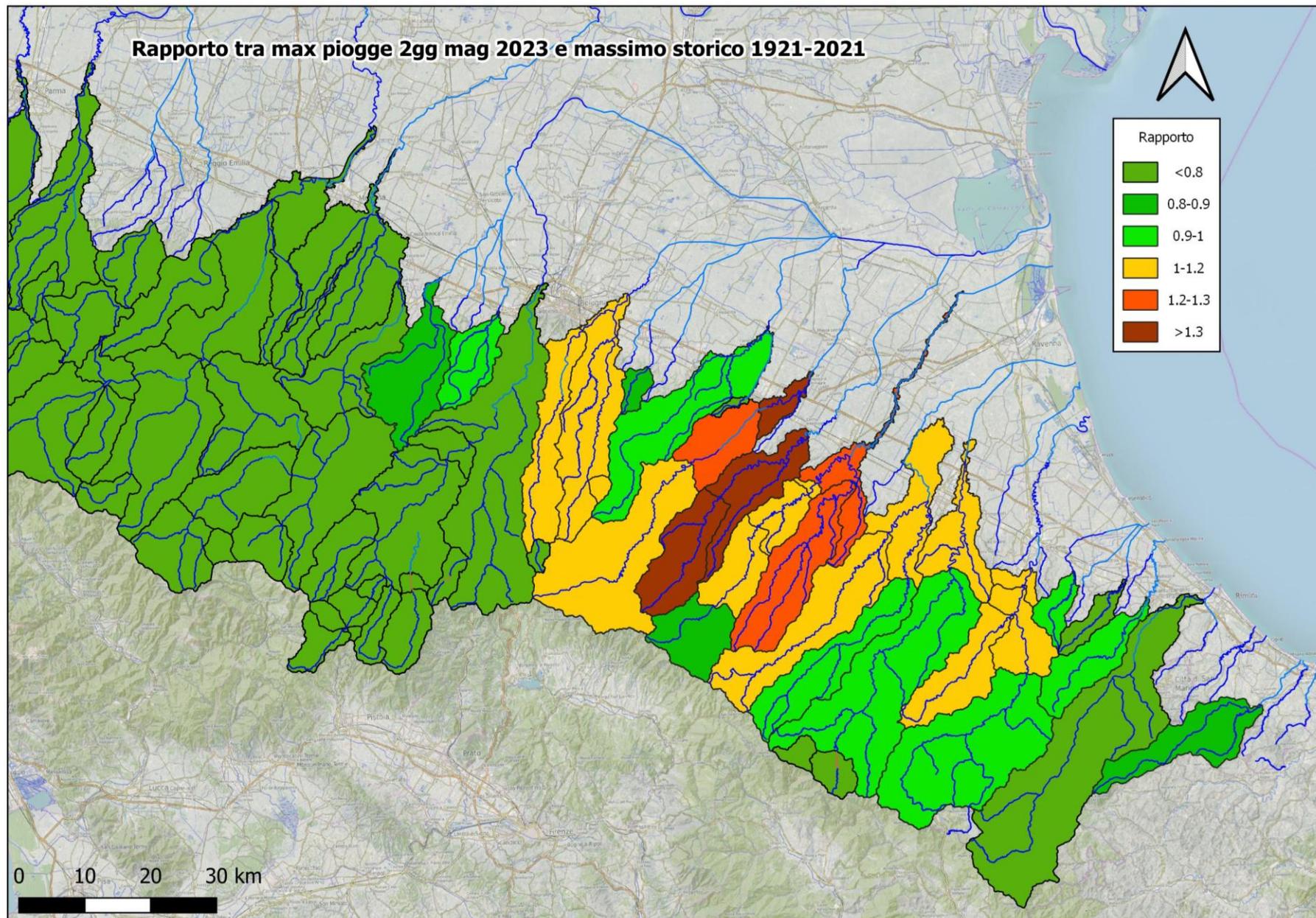
6.2	LE CURVE IDF	118
7	CAMBIAMENTI ATTESI DELLE FORZANTI IDROLOGICHE NEGLI SCENARI CLIMATICI FUTURI	123
7.1	ANALISI DEI CAMBIAMENTI ATTESI NEI VALORI ESTREMI DELLE PIOGGE GIORNALIERE	123
7.2	L'ANALISI STATISTICA DEI CAMBIAMENTI ATTESI NEI VALORI ESTREMI DELLE PIOGGE DI BREVE DURATA	127
7.3	ANALISI DEI CAMBIAMENTI ATTESI NELLE CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA	135
8	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	139
8.1	SINTESI DELLE PRINCIPALI RISULTANZE DELLO STUDIO	139
8.2	RACCOMANDAZIONI SULLE MISURE DI RIDUZIONE DEL RISCHIO	140
8.2.1	<i>Interventi non strutturali</i>	141
8.2.2	<i>Interventi strutturali</i>	142
9	RINGRAZIAMENTI	145
10	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	146

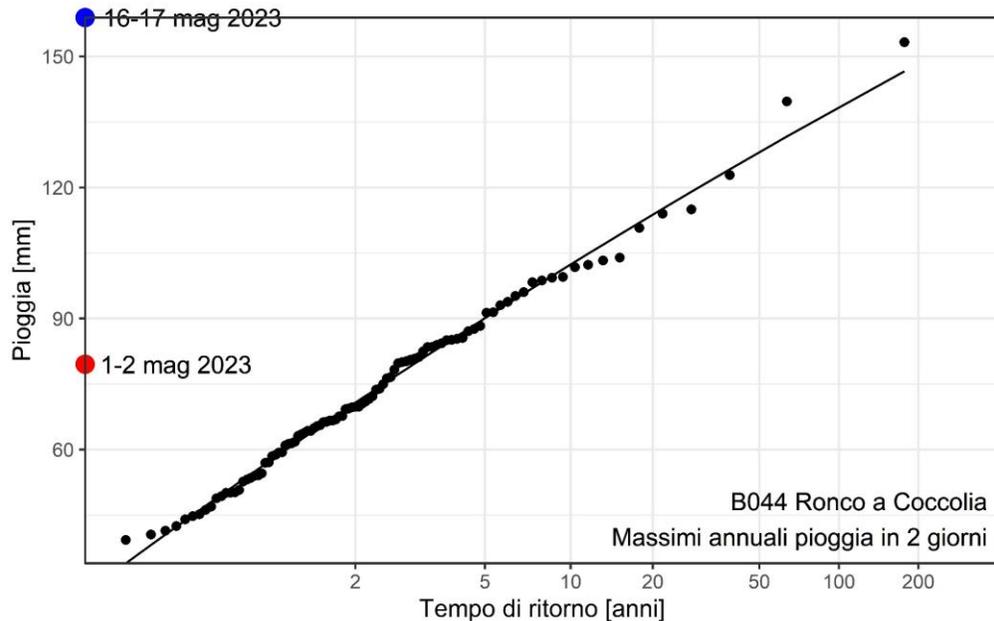
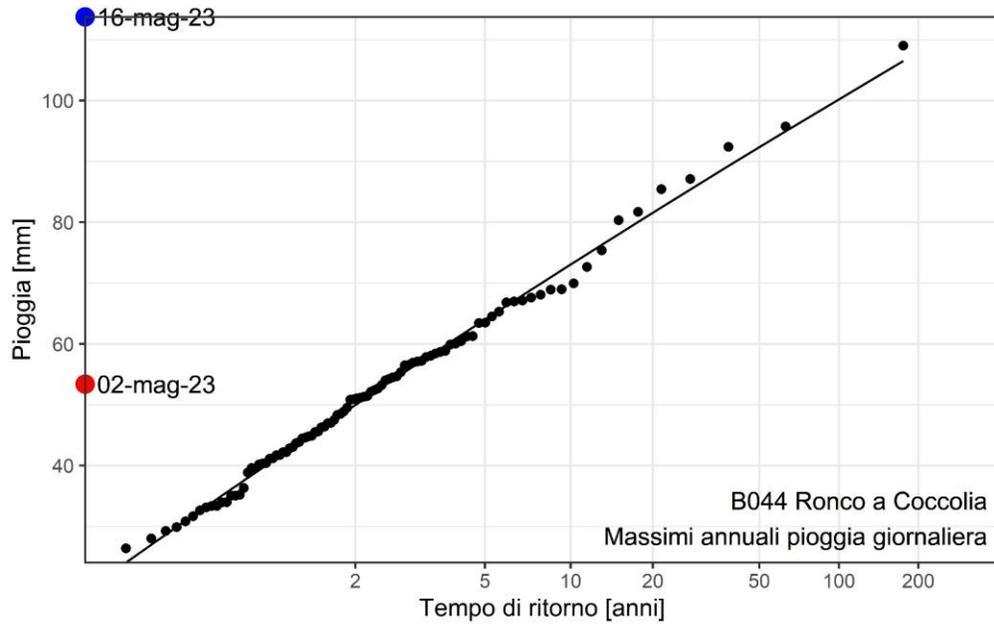
Sintesi confronto maggio 2023 – massimo storico precedente (pioggia massima giornaliera e bigiornaliera)

Rapporto tra max pioggia giornaliera 2023 e max Pgor storica (1921-2021)



Rapporto tra max P 2gg mag 2023 e P 2gg max storica (1921-2021)





Stime del tempo di ritorno dei valori massimi giornalieri e in 2 giorni consecutivi delle altezze di pioggia medie areali dell'evento del maggio 2023				
Codice	Nome	Area (Kmq)	T Pio1g [anni]	T Pio 2gg [anni]
B005	Idice (Reno) a Castenaso	393.1	334	102
B098	Sillaro a Sesto Imolese	247.3	78	65
B058	Santerno a Imola	416.2	151	515
B028	Senio (Reno) a Castel Bolognese	262.5	>> 500	>>500
B083	Lamone a Reda	520.2	>> 500	>>500
B080	Montone a Ponte Vico	543.4	>> 500	>>500
B044	Ronco a Coccolia	549.6	340	427

Stime del tempo di ritorno dei valori massimi giornalieri e in 2 giorni consecutivi delle altezze di pioggia medie areali dell'evento del maggio 2023.

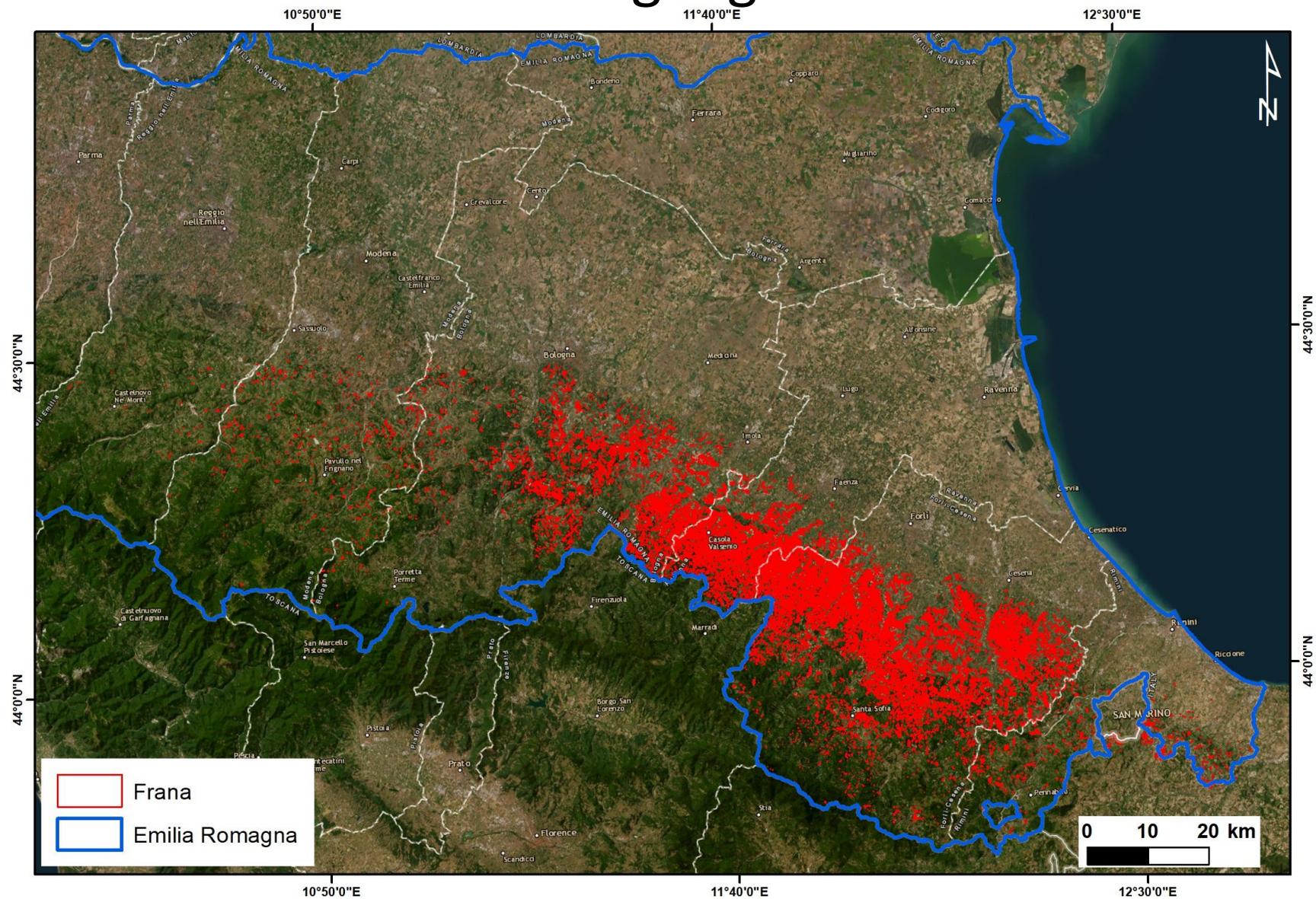
Codice	Nome	Area (Kmq)	T Pio1g [anni]	T Pio 2gg [anni]
B005	Idice (Reno) a Castenaso	393.1	334	102
B098	Sillaro a Sesto Imolese	247.3	78	65
B058	Santerno a Imola	416.2	151	515
B028	Senio (Reno) a Castel Bolognese	262.5	>> 500	>>500
B083	Lamone a Reda	520.2	>> 500	>>500
B080	Montone a Ponte Vico	543.4	>> 500	>>500
B044	Ronco a Coccolia	549.6	340	427

Stime del tempo di ritorno dei valori massimi giornalieri e in 2 giorni consecutivi delle altezze di pioggia medie areali dell'evento del maggio 2023.

Considerando il 2023

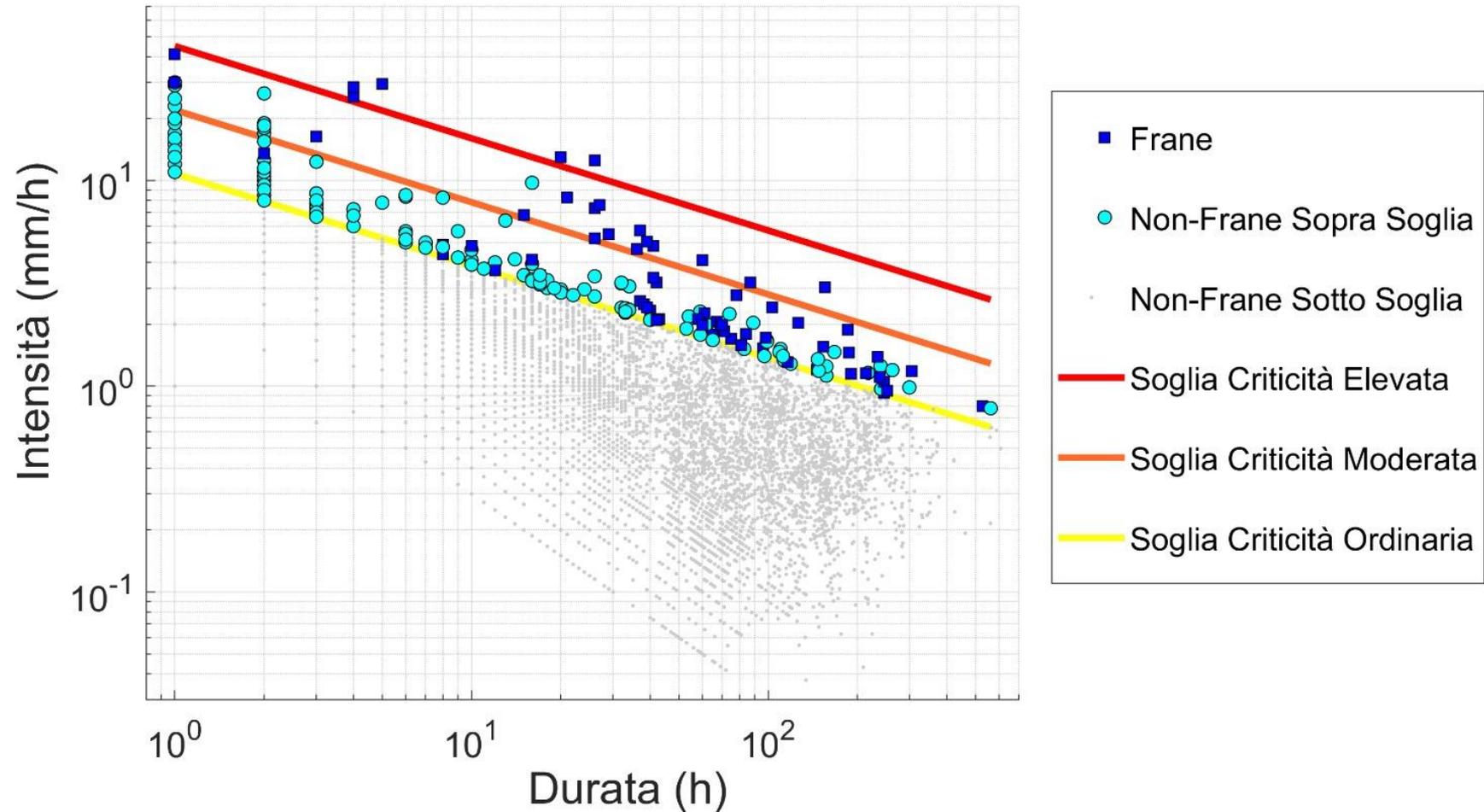
Codice	Nome	Area (Kmq)	T Pio1g [anni]	T Pio 2gg [anni]
B005	Idice (Reno) a Castenaso	393.1	166	75
B098	Sillaro a Sesto Imolese	247.3	61	54
B058	Santerno a Imola	416.2	100	215
B028	Senio (Reno) a Castel Bolognese	262.5	368	406
B083	Lamone a Reda	520.2	395	339
B080	Montone a Ponte Vico	543.4	413	302
B044	Ronco a Coccolia	549.6	166	191

Distribuzione geografica frane



Confronto eventi pluviometrici e soglie d'innescamento

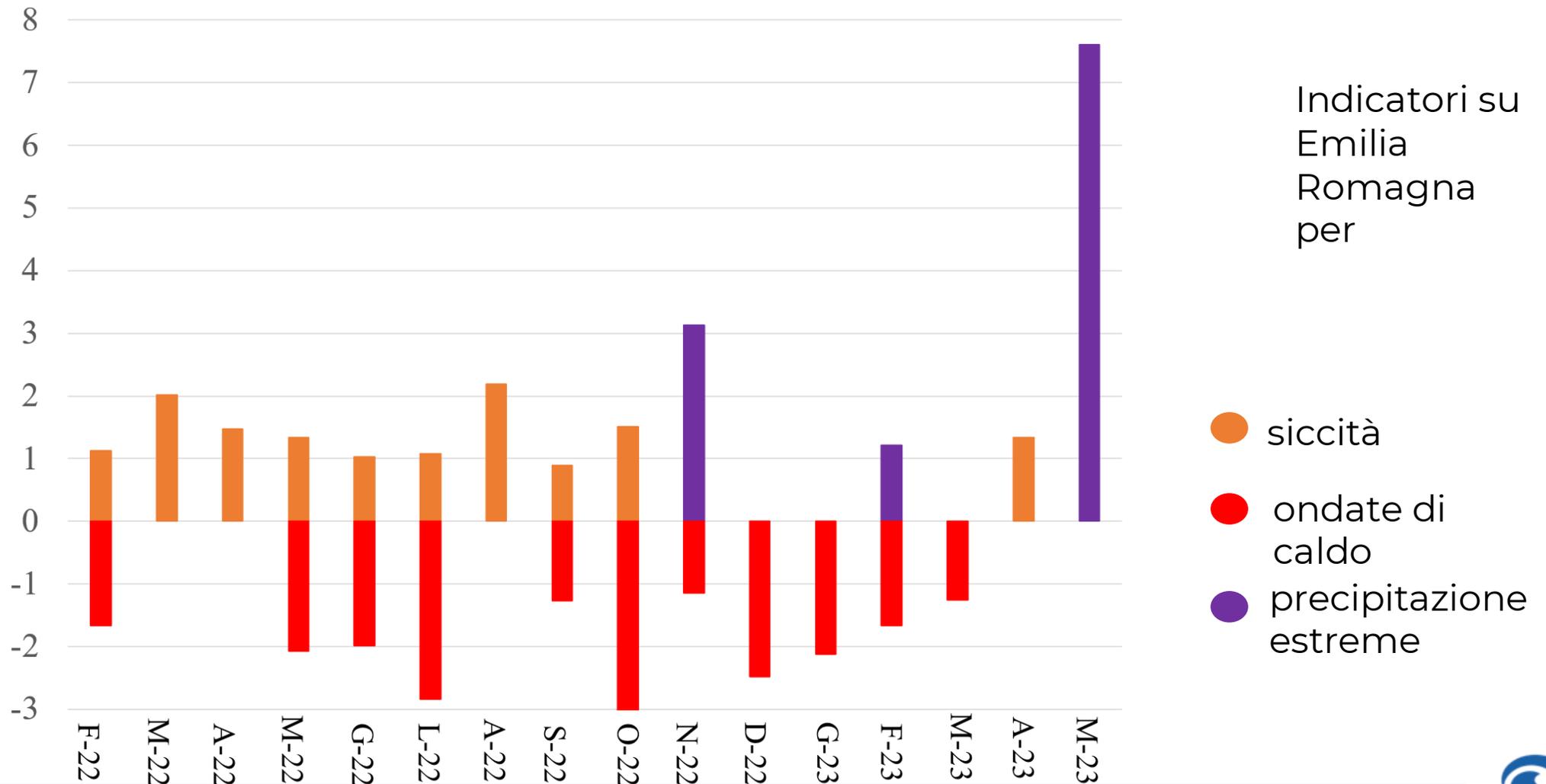
Soglie pluviometriche per ciascuna area di allertamento



Casi Studio: caratterizzare quanto è accaduto



Altalena idrologica



Raccomandazioni sulle misure di riduzione del rischio (6 di 6)

In conclusione

Le raccomandazioni propongono **strategie di carattere generale**, che **dovranno però trovare declinazione specifica e connotazione per ogni singolo corso d'acqua e bacino**, tenendo conto delle sue specificità idrologiche e territoriali.

Vista la complessità del percorso attuativo prospettato e gli elementi di novità rispetto al passato che esso presenta, **pare superfluo raccomandare che esso sia accompagnato da un costante supporto tecnico-scientifico**.

In conclusione, **l'evento** che ha colpito la Regione Emilia-Romagna nel maggio 2023 ha avuto caratteristiche di intensità e vastità territoriale tali da **potere potenzialmente rappresentare uno spartiacque tra passato e futuro** nel settore della difesa idraulica e idrogeologica del territorio, **a livello nazionale**.

L'evento ha chiaramente mostrato come **oggi non sia più proponibile una ricostruzione che preveda** la semplice **riproposizione di modelli di intervento** per la difesa idraulica e idrogeologica del territorio **tipici del passato**.

L'urgenza di intervenire nella ricostruzione non deve comunque pregiudicare lo sviluppo dei percorsi di approfondimento tecnico-scientifico necessari all'implementazione di modelli di intervento adeguati all'altezza delle sfide che debbono essere affrontate.

In Emilia-Romagna ci sono tutte le condizioni per approntare **una risposta efficace e fortemente innovativa a queste sfide**.



Paola Mercogliano
Fondazione CMCC

www.cmcc.it

Grazie per l'attenzione



Con il patrocinio del



Comune
di Cesena

Con il sostegno di



Con il supporto di



cerace'
PLAYBACK THEATRE

Storie in *piena*

Improvvisamente l'alluvione

domenica
19 Maggio
ore 18

Teatro
Parrocchia
di San Rocco
Cesena

www.cerace.it