



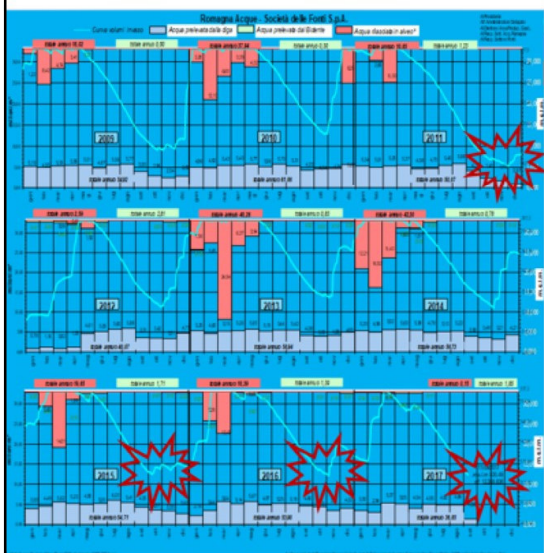
1



2

Ma anche sulla siccità! La diga di Ridracoli e l'approvvigionamento idrico della Romagna

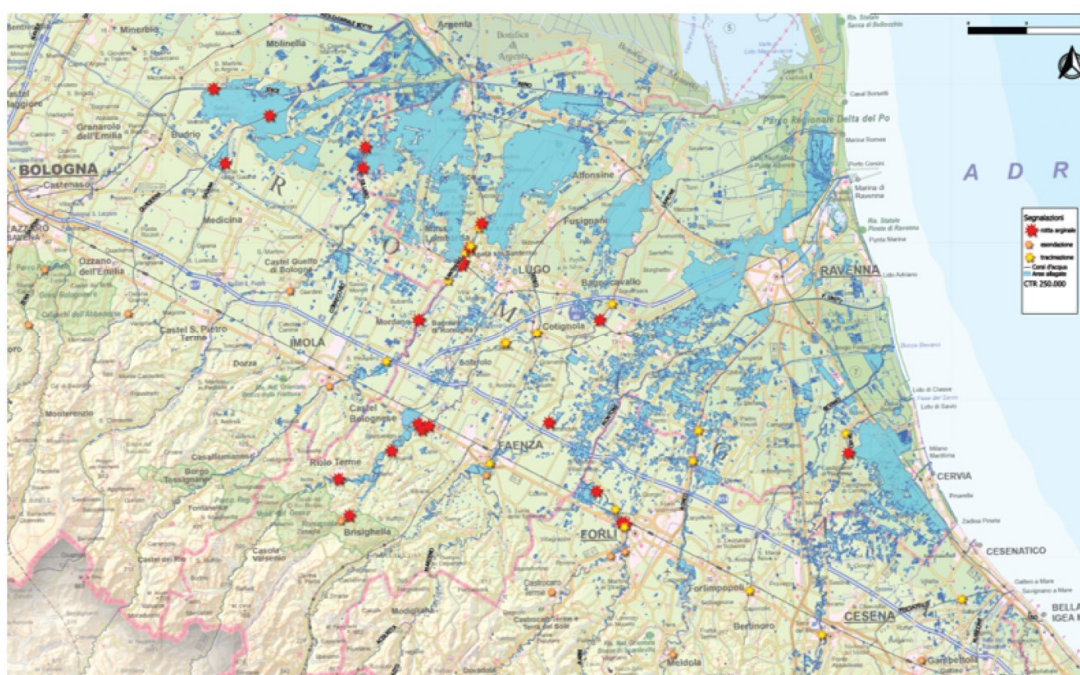
**Negli ultimi 10-15 anni,
ripetute situazioni di emergenza idrica**



Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

3

Il quadro degli eventi del maggio 2023 in Emilia-Romagna



**Stima del volume esondato: 360 Mmc
... come 12 dighe di Ridracoli**

Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

4

Il ruolo delle infrastrutture inadeguate



Ponte FFSS sul fiume Savio a Cesena
(molto vicino a stazione FFSS)



Ponte FFSS sul Savio a Cesena, maggio 2023

5

Inquadramento e caratterizzazione dell'evento meteorico del 16-17 maggio 2023

Rapporto della Commissione tecnico-scientifica

Scaricabile da:
<https://www.regione.emilia-romagna.it/alluvione>



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 Casagli nicola.casagli@unibo.it
Prof. Marco Marani marco.marani@unipi.it
Dott.ssa Paola Mercogliano paola.mercogliano@cmcc.it
Prof. Renzo Motta renzo.motta@unibo.it

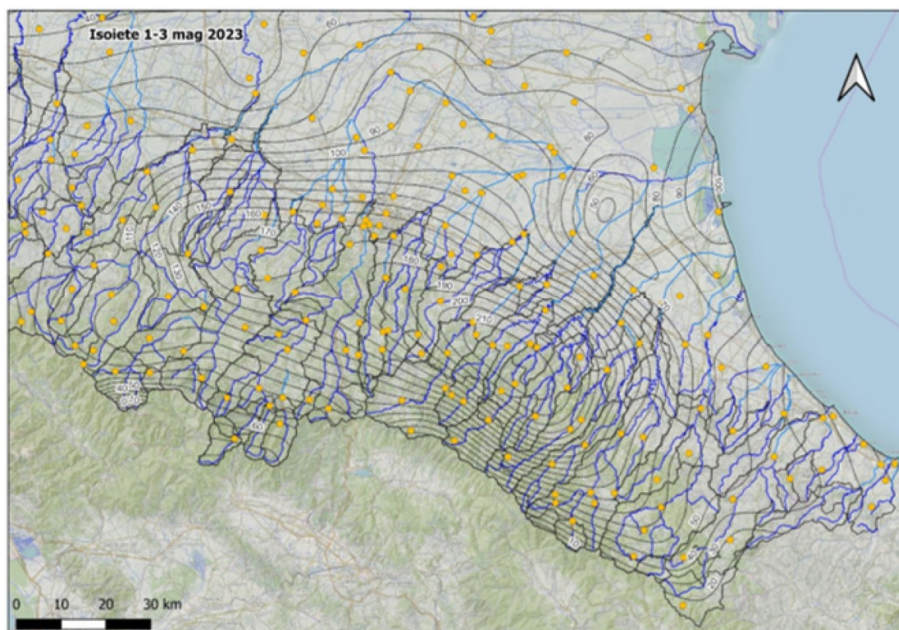
Bologna, 12 dicembre 2023

Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

6

Il quadro dell'evento meteorico maggio 2023

Primo evento: 1-3 maggio 2023

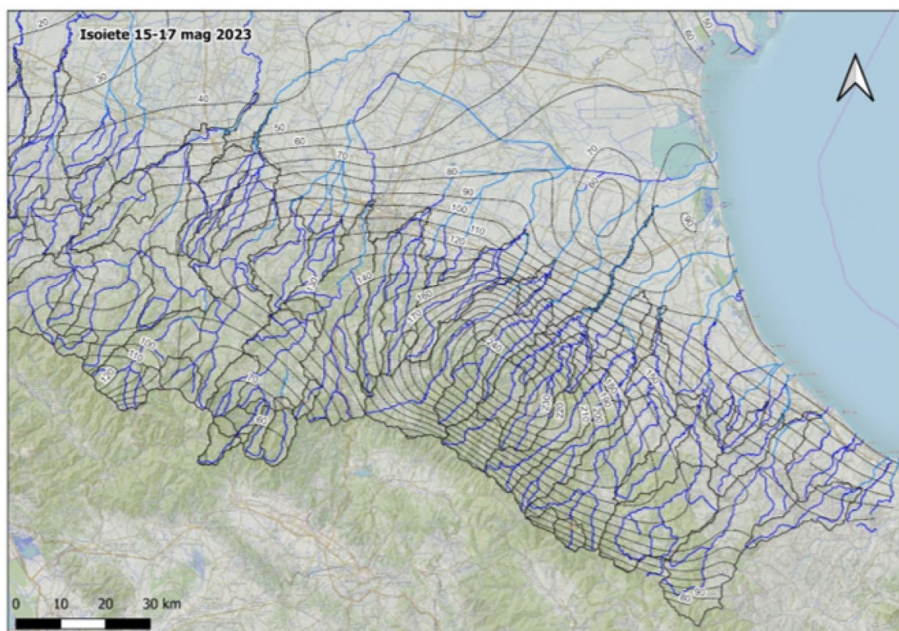


Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

7

Il quadro dell'evento meteorico maggio 2023

Secondo evento: 15-17 maggio 2023



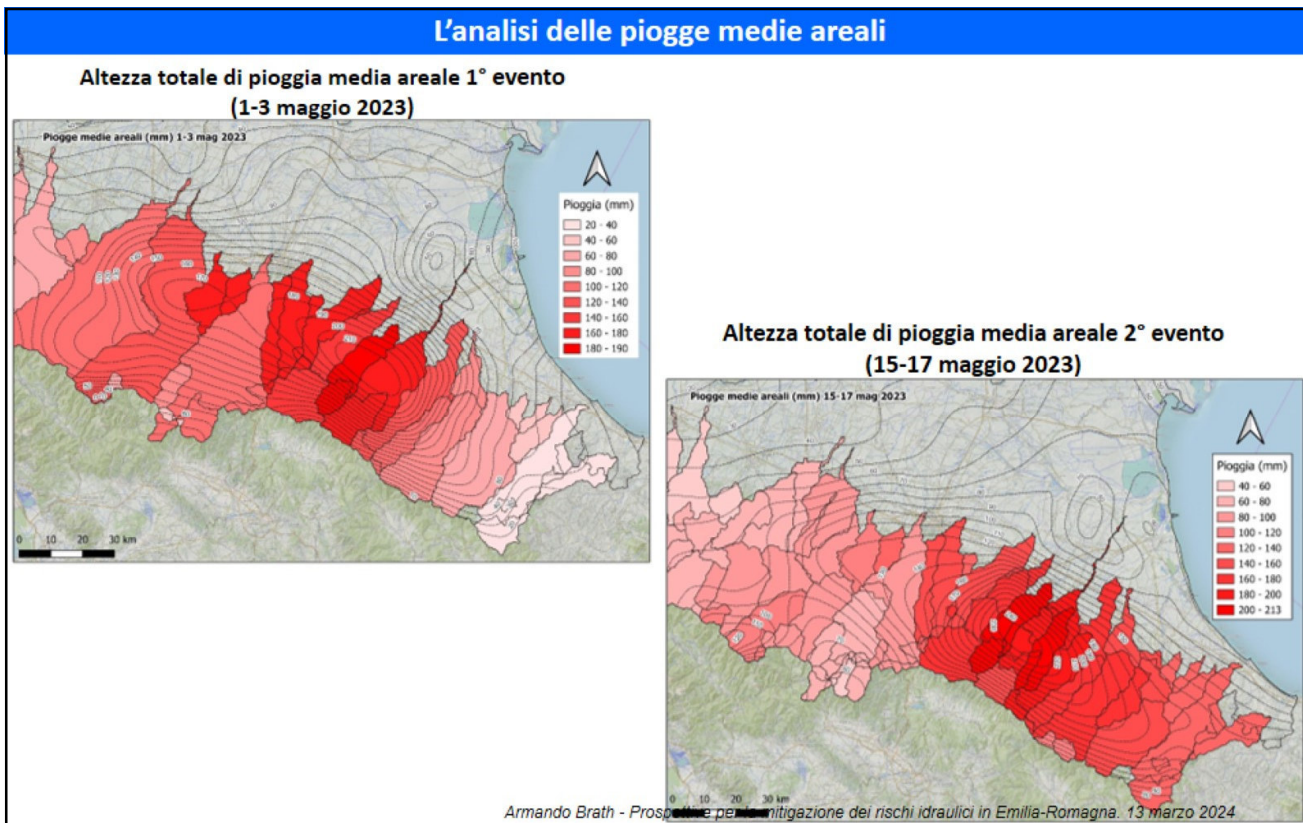
Si è trattato di un evento
(combinazione di eventi)
certamente eccezionale

Eccezionale certamente sì;
ma quanto?

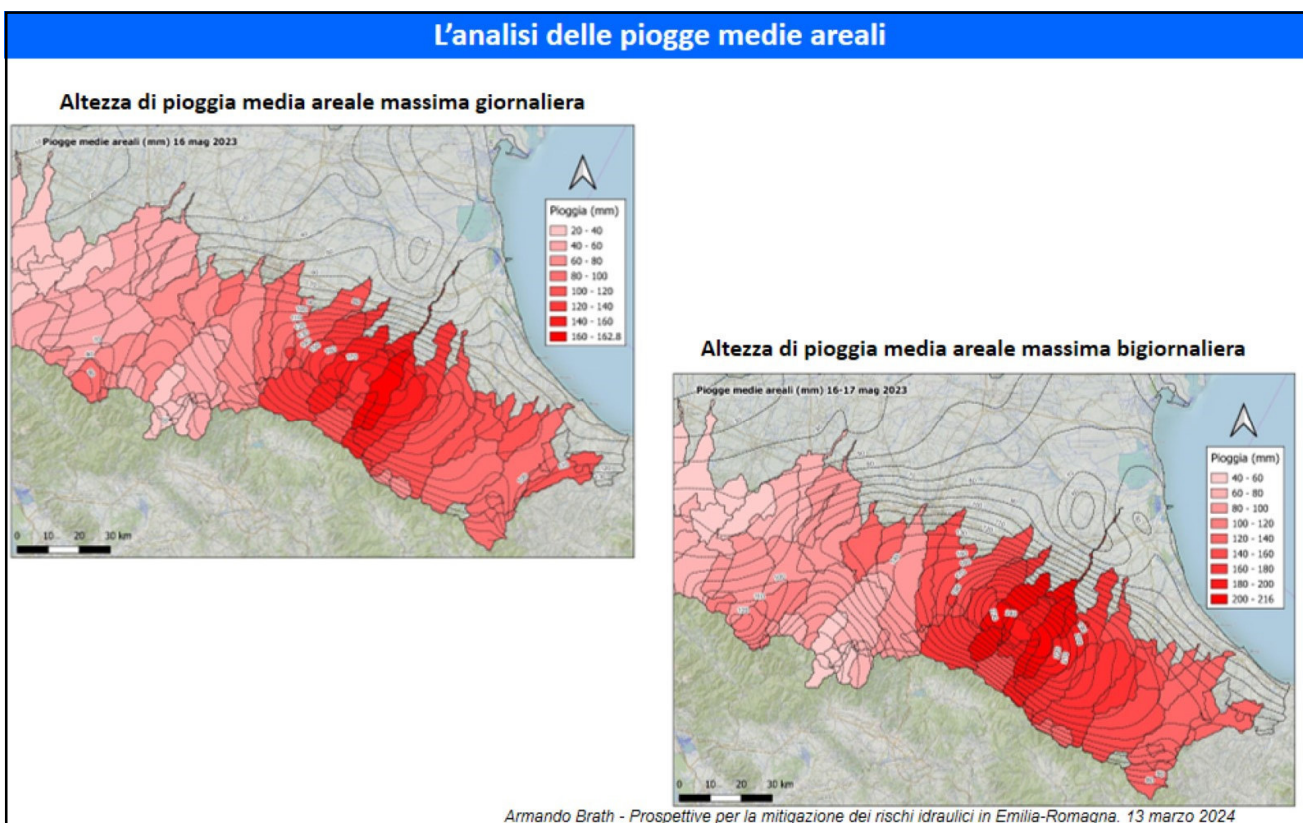
Il discusso ruolo dei
cambiamenti climatici

Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

8



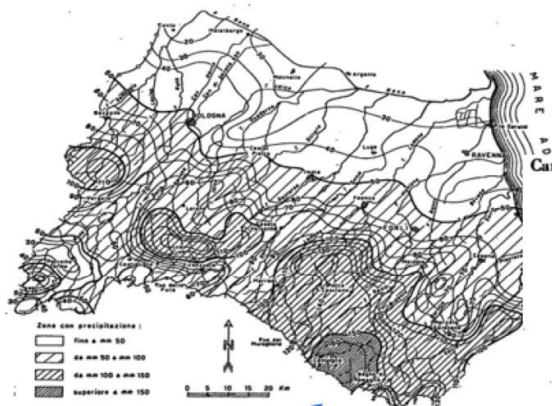
9



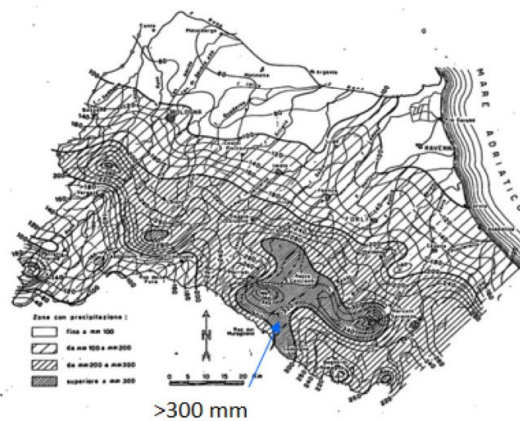
10

Evento eccezionale? Cosa ci dice la storia?

Carta delle precipitazioni registrate dalle ore 9 del 29 alle ore 9 del 30 maggio 1939



Carta delle precipitazioni registrate dalle ore 9 del 28 maggio alle ore 9 del 2 giugno 1939

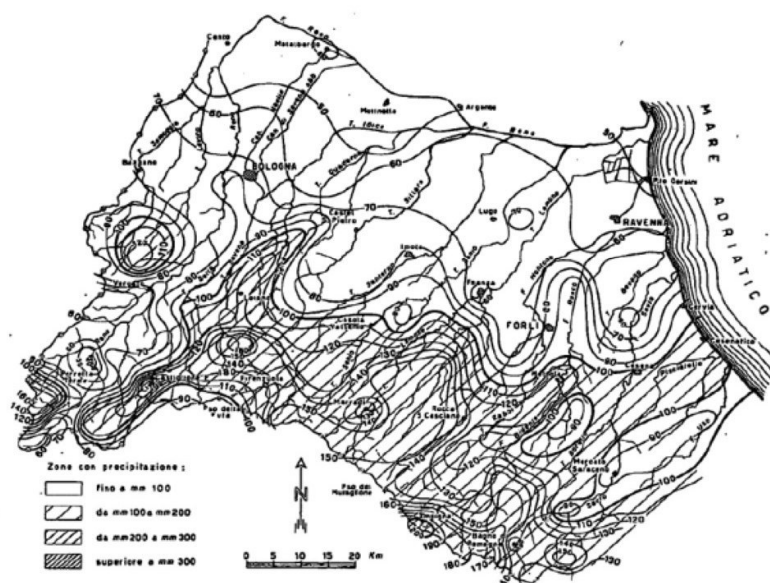


Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

11

Evento eccezionale? Cosa ci dice la storia?

Carta delle precipitazioni registrate dalle ore 9 del 12 alle ore 9 del 16 giugno 1939

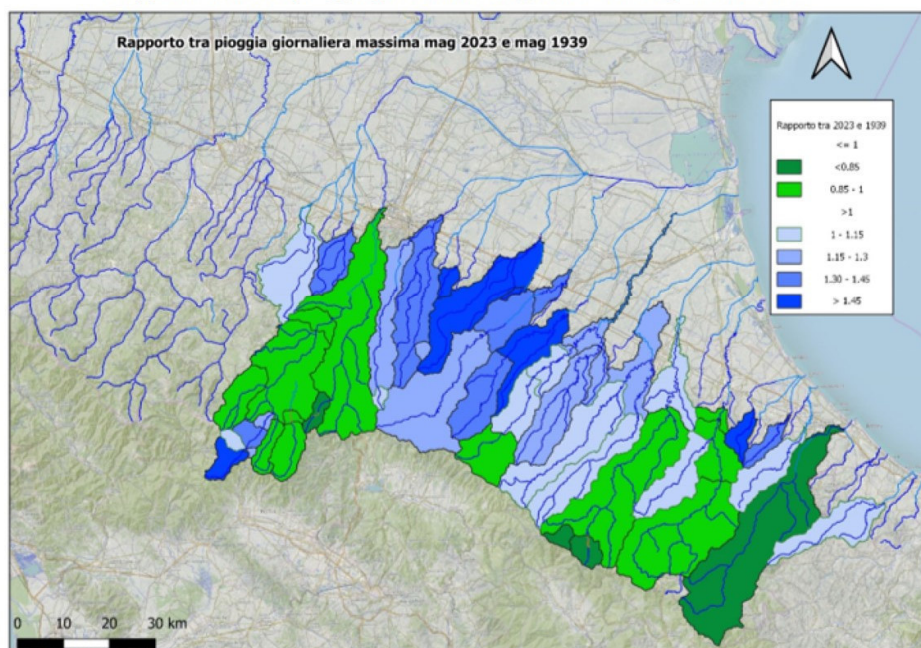


Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

12

Il confronto con l'evento del 1939

Rapporto tra max pioggia giornaliera mag2023 e max 1g evento 1939

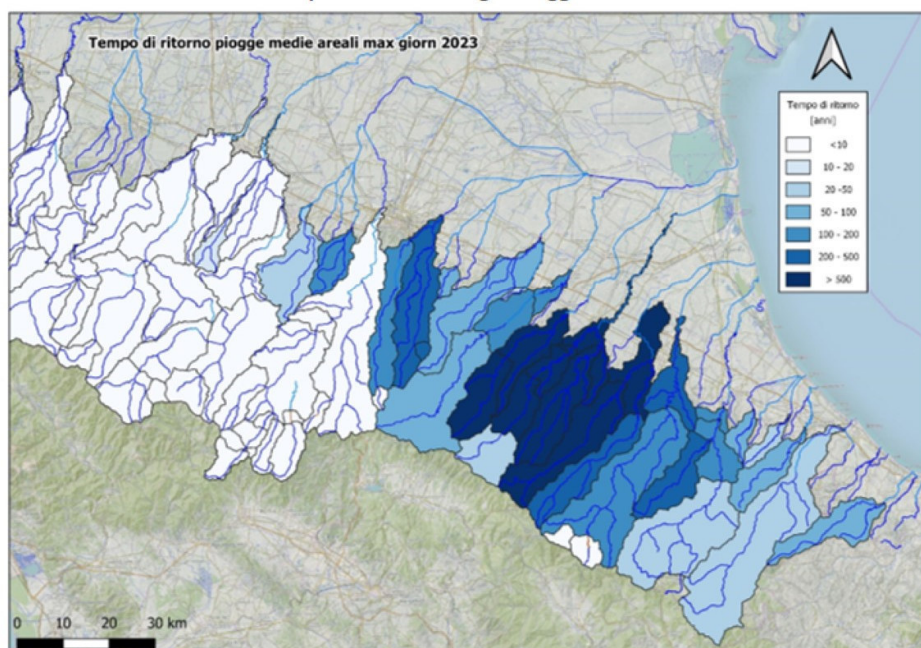


Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

13

Evento eccezionale? Cosa ci dice l'analisi statistica?

Tempo ritorno max Pgio maggio 2023

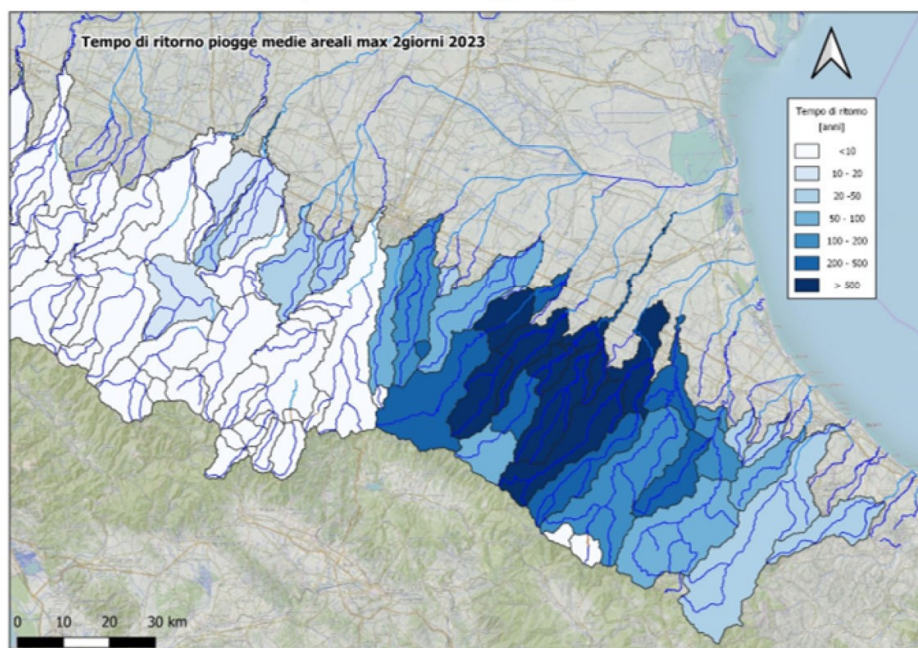


Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

14

Evento eccezionale? Cosa ci dice l'analisi statistica?

Tempo ritorno max P 2gg maggio 2023



Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

15

Evento eccezionale? Cosa ci dice l'analisi statistica?

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]	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 Cocolia	549.6	340	427

STIME T **PRIMA** DELL'EVENTO

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]	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 Cocolia	549.6	166	191

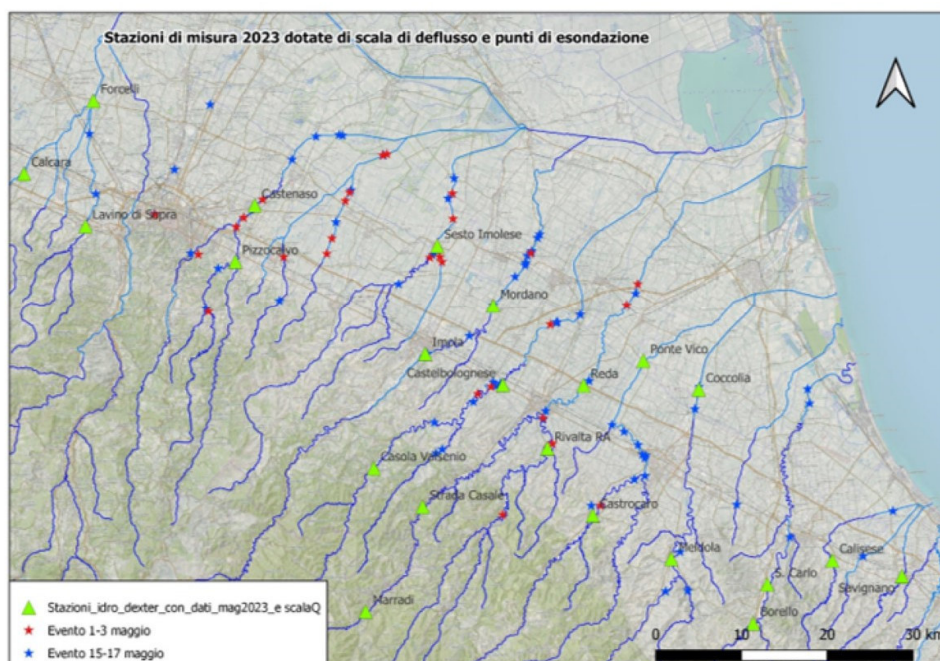
STIME T **DOPO** L'EVENTO

Il risultato delle analisi condotte utilizzando la pluviometria e l'idrometria disponibili sostiene comunque la percezione di un evento senza precedenti nella storia osservata. I tempi di ritorno del singolo evento meteorico del 16 maggio 2023, come era possibile definirli prima del realizzarsi dell'evento, risultano, alla scala giornaliera, superiori a 500 anni per i bacini ove le esondazioni sono state più significative.

Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

16

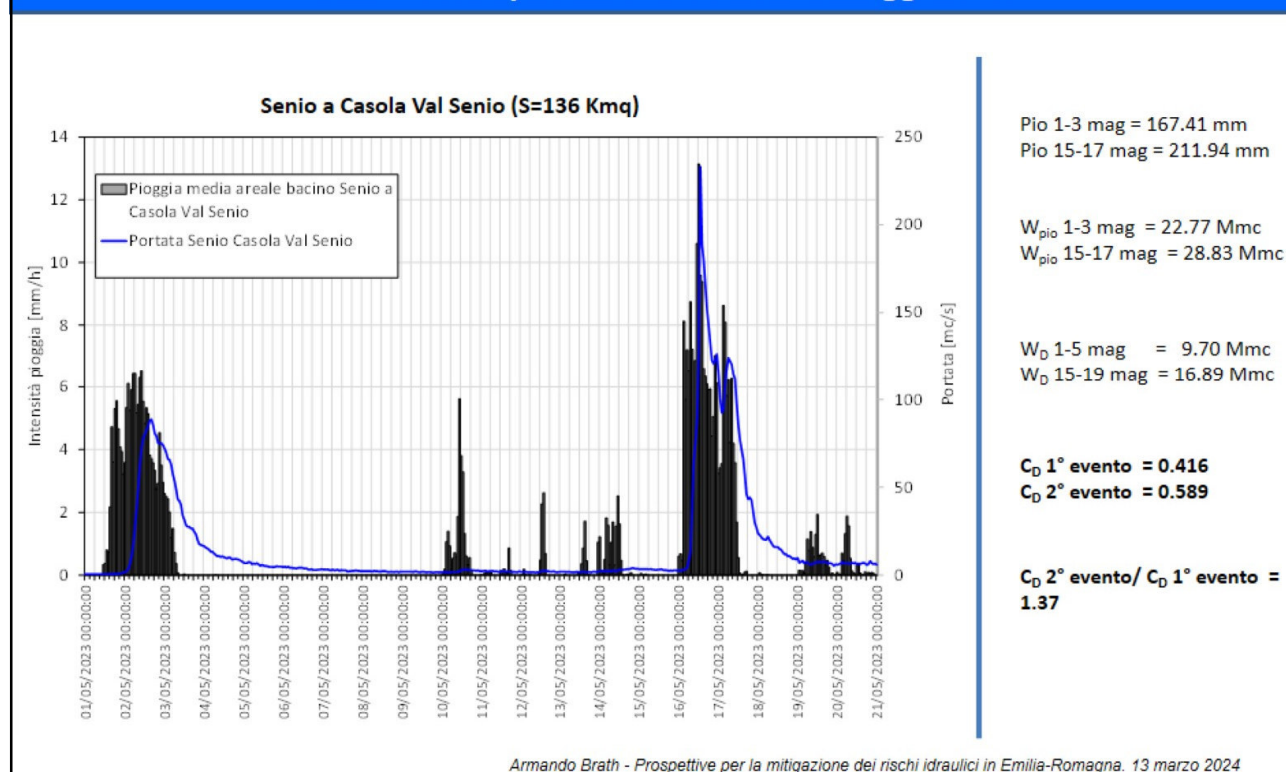
Analisi sulle portate dell'evento del maggio 2023



Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

17

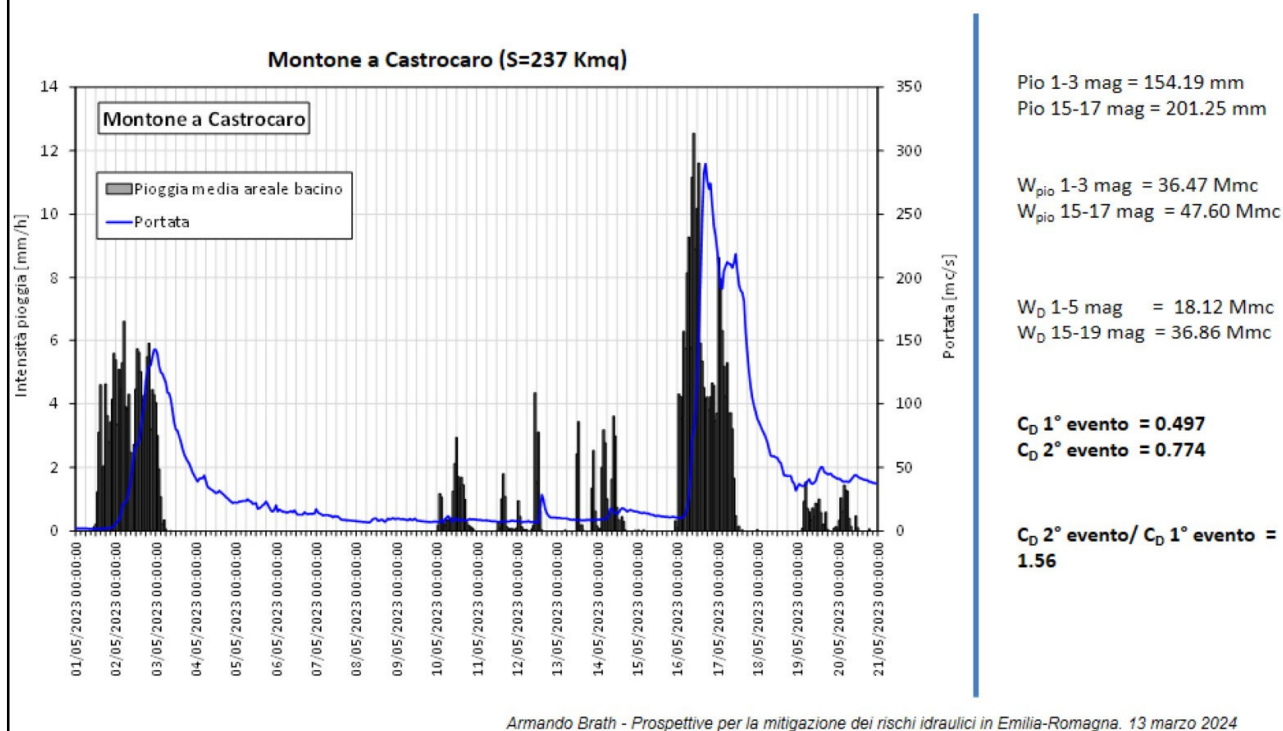
Analisi sulle portate dell'evento del maggio 2023



Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

18

Analisi sulle portate dell'evento del maggio 2023



19

Caratteristiche dei fenomeni alluvionali del maggio 2023

- Eccezionalità della sollecitazione meteorologica
- Ruolo dei cambiamenti climatici
- Notevole complessità del fenomeno di propagazione dell'allagamento:
 - Interazioni con il CER
 - Interazioni con la rete di bonifica
 - Interazioni con le reti meteoriche urbane
- Notevole complessità nella gestione operativa dell'evento

Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

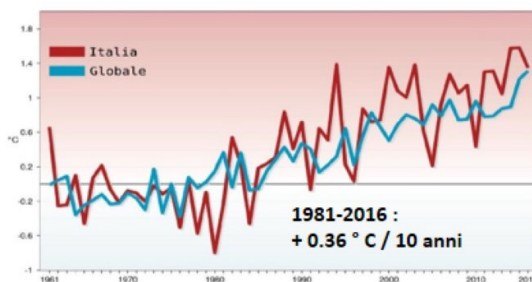
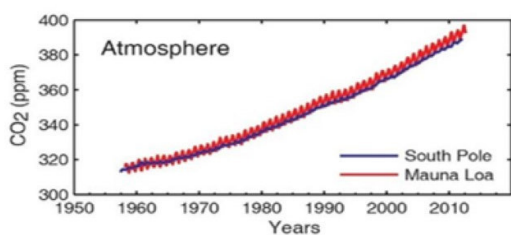
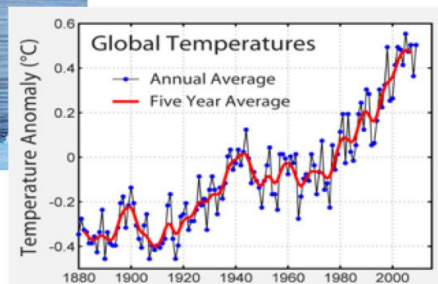
20

Il cambiamento climatico. Ci sono evidenze storiche molto chiare

Le cause del fenomeno



Le evidenze storiche



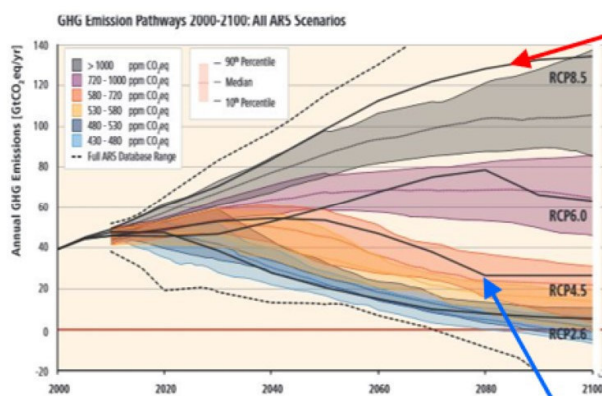
Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

21

Il cambiamento climatico: QUALI PREVISIONI DI EVOLUZIONE FUTURA ?

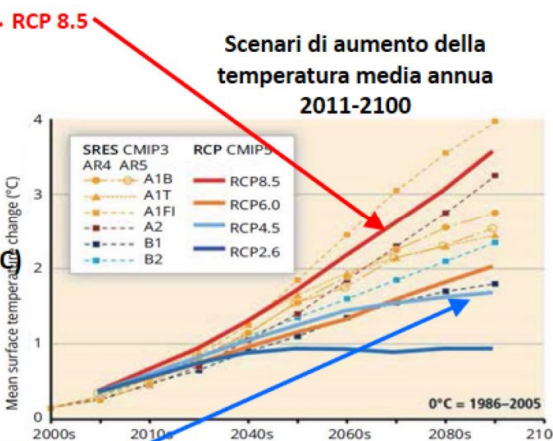
Il clima futuro ?

... dipenderà dagli scenari di emissione di Gas Serra (GHG)



Scenari di emissioni future di gas serra

RCP 4.5

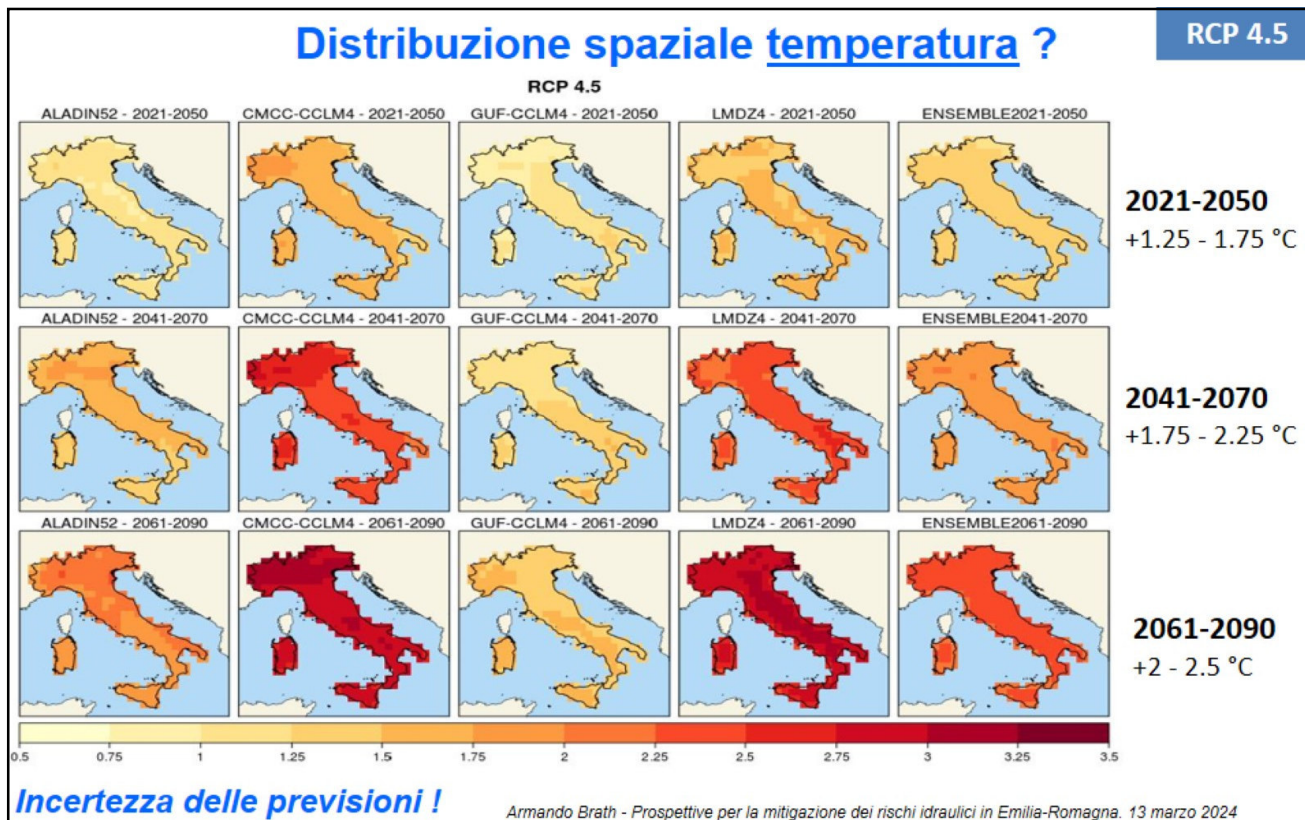


Scenari di aumento della temperatura media annua 2011-2100

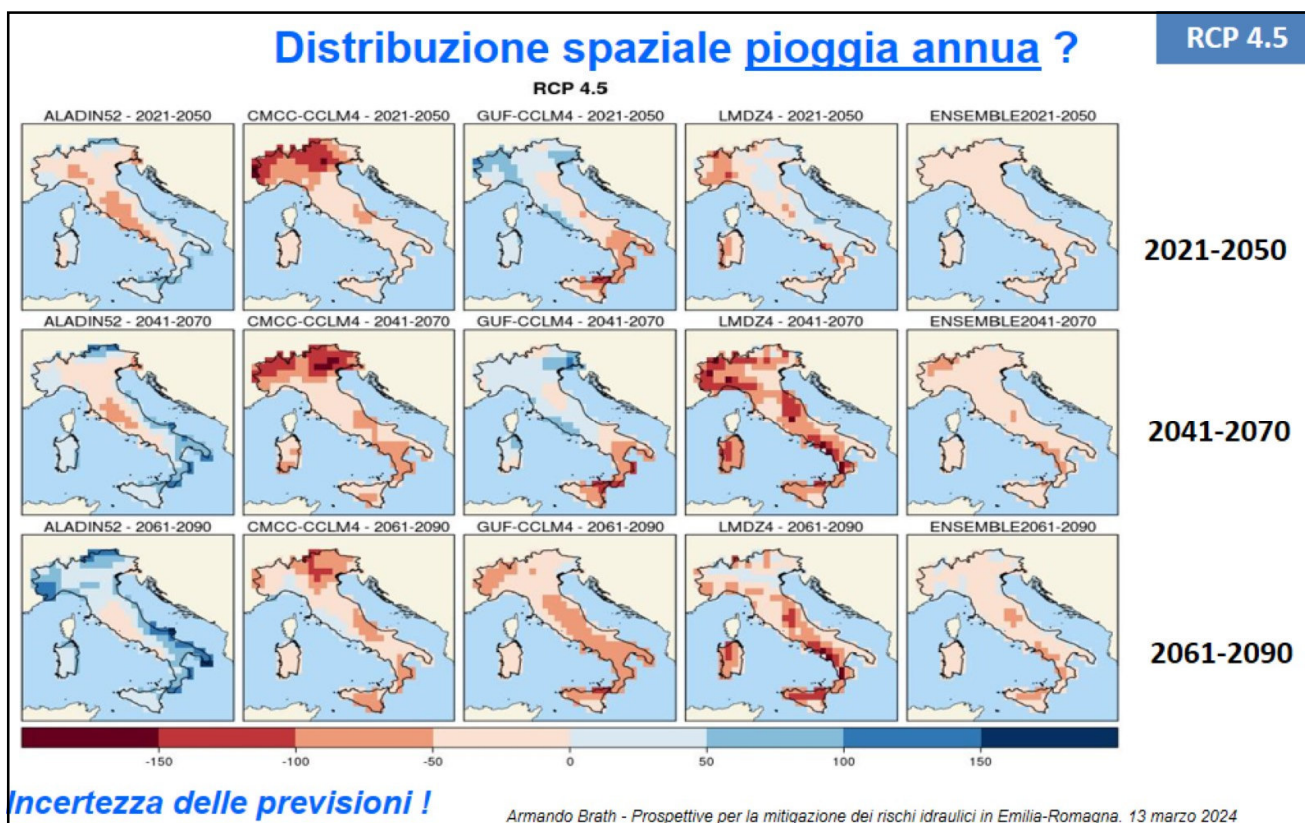
Incertezza delle previsioni !

Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

22

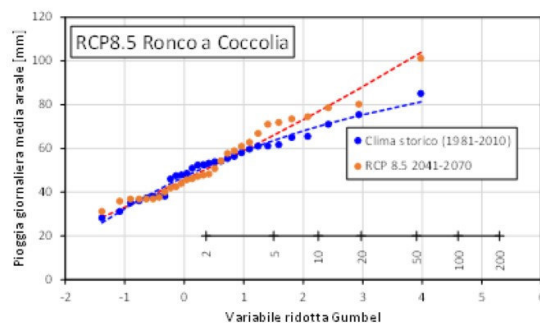
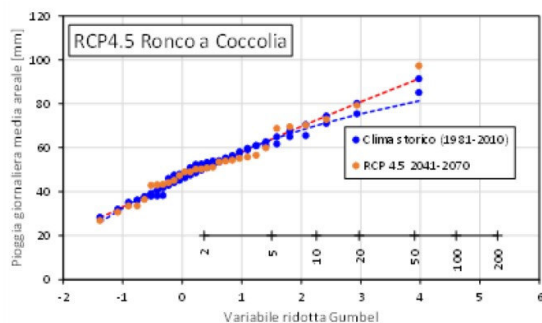


23



24

Analisi dei cambiamenti attesi nei valori estremi delle piogge giornaliere



Variazioni percentuali rispetto al clima attuale delle stime della pioggia giornaliera di assegnato tempo di ritorno del periodo 2041-2070 secondo le proiezioni dello scenario RCP4.5

T [anni]	Idice a Castenaso	Sillaro a Sesto Imolese	Santerno a Imola	Senio a Castel Bolognese	Lamone a Reda	Montone a Ponte Vico	Ronco a Cocolia
2	+5.5 %	+13.5 %	+8.9 %	+13.5 %	+1.2 %	-8.0 %	-2.6 %
5	+4.5 %	+14.6 %	+3.8 %	+13.8 %	+2.5 %	-5.4 %	+0.4 %
10	+4.3 %	+14.0 %	+1.0 %	+12.8 %	+2.8 %	-2.5 %	+3.5 %
20	+4.5 %	+12.9 %	-1.4 %	+11.2 %	+3.0 %	+0.8 %	+7.0 %
50	+5.0 %	+10.9 %	-4.3 %	+8.5 %	+2.9 %	+5.7 %	+12.0 %
100	+5.5 %	+9.0 %	-6.3 %	+6.1 %	+2.8 %	+9.8 %	+15.9 %
200	+6.2 %	+7.0 %	-8.2 %	+3.5 %	+2.6 %	+14.1 %	+20.0 %

Variazioni percentuali rispetto al clima attuale delle stime della pioggia giornaliera di assegnato tempo di ritorno del periodo 2041-2070 secondo le proiezioni dello scenario RCP8.5

T [anni]	Idice a Castenaso	Sillaro a Sesto Imolese	Santerno a Imola	Senio a Castel Bolognese	Lamone a Reda	Montone a Ponte Vico	Ronco a Cocolia
2	+9.9 %	+11.6 %	+20.9 %	+14.1 %	+2.4 %	-7.1 %	-2.2 %
5	+0.3 %	+4.4 %	+15.3 %	+8.3 %	-3.2 %	-5.4 %	+3.8 %
10	-5.7 %	-0.8 %	+10.6 %	+5.3 %	-6.3 %	-3.2 %	+9.8 %
20	-11.2 %	-5.9 %	-5.7 %	+3.0 %	-9.0 %	-0.8 %	+16.7 %
50	-18.0 %	-12.5 %	-0.7 %	+0.5 %	-12.1 %	+2.9 %	+26.9 %
100	-22.8 %	-17.3 %	-5.6 %	-1.2 %	-14.4 %	+5.8 %	+35.5 %
200	-27.3 %	-22.0 %	-10.4 %	-2.6 %	-16.5 %	+8.9 %	+44.7 %

Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

25

Caratteristiche dei fenomeni alluvionali del maggio 2023

- Eccezionalità della sollecitazione meteorologica
- Ruolo dei cambiamenti climatici
- Notevole complessità del fenomeno di propagazione dell'allagamento:
 - Interazioni con il **CER**
 - Interazioni con la **rete di bonifica**
 - Interazioni con le **reti meteoriche urbane**
- Notevole complessità nella gestione operativa dell'evento

Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

26

Un'alluvione complessa. Il ruolo della rete di bonifica

Il ruolo della rete di bonifica

In nero la rete di bonifica

Gli scariolanti

Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

27

Un'alluvione complessa... Il ruolo del Canale Emiliano Romagnolo (CER)

Cosa è il CER

COMPRESORIO E OPERE DEL SISTEMA DEL CANALE EMILIANO ROMAGNOLO

ASSOCIATI AGRICOLI

- 1. Canale di S. Agostino
- 2. Canale di S. Agostino - Canale di S. Agostino
- 3. Canale di S. Agostino - Canale di S. Agostino
- 4. Canale di S. Agostino - Canale di S. Agostino

ASSOCIATI ESTERNE

- 5. Canale di S. Agostino - Canale di S. Agostino
- 6. Canale di S. Agostino - Canale di S. Agostino
- 7. Canale di S. Agostino - Canale di S. Agostino
- 8. Canale di S. Agostino - Canale di S. Agostino

LEGENDA

APPARTO DI BOLLIVAMENTO

PIUVORE DI REGOLAZIONE

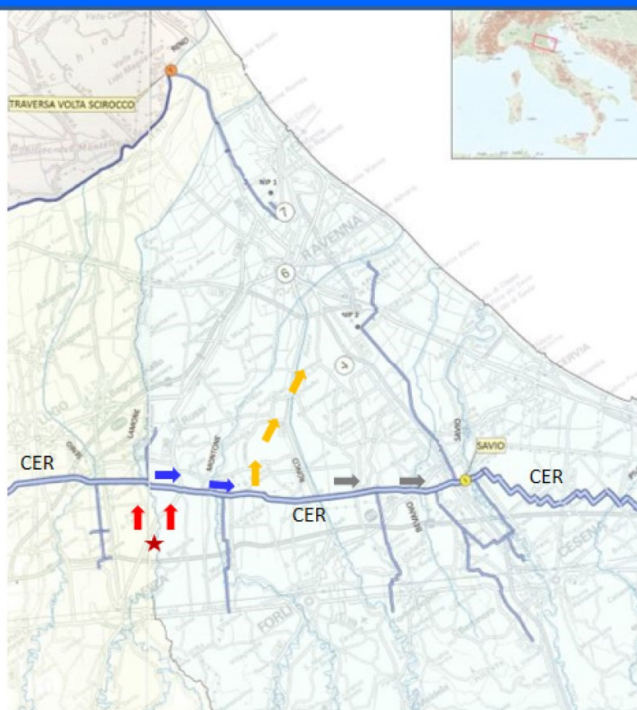
Simboli apposite

DISTANZE PROGRESSIVE (KM DA S. AGOSTINO EST)

Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

28

Che ruolo ha avuto il CER ?



Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

29

Causa: evento meteo sicuramente eccezionale! Ma anche varie concause

Corsi d'acqua trasformati nell'arco di decenni e secoli in stretti corridoi fluviali con spazi di divagazione e laminazione molto ristretti. Officiosità $Q(T)$ con $T=30-50$ anni

Forte crescita dell'antropizzazione del territorio negli ultimi 60-70 anni

Consumo di suolo. Aumento aree impermeabili

Utilizzazione intensiva del terreno agrario

Progressiva sparizione o diminuzione della rete minuta di scolo

Difficoltà nella manutenzione della vegetazione fluviale

Diminuzione del presidio idraulico del territorio montano

Progressivo rialzo degli argini con notevole pensilità

Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

30

Causa: evento meteo sicuramente eccezionale! Ma anche varie concause

Corsi d'acqua trasformati nell'arco di decenni e secoli in stretti corridoi fluviali con spazi di divagazione e laminazione molto ristretti. Officiosità Q(T) con T=30-50 anni

Forte crescita dell'antropizzazione del territorio negli ultimi 60-70 anni

Consumo di suolo. Aumento aree impermeabili

Utilizzazione intensiva del terreno agrario

Progressiva sparizione o diminuzione della rete minuta di scolo

Difficoltà nella manutenzione della vegetazione fluviale (SIC, ZPS, corridoi ecologici o corridoi fluviali?)

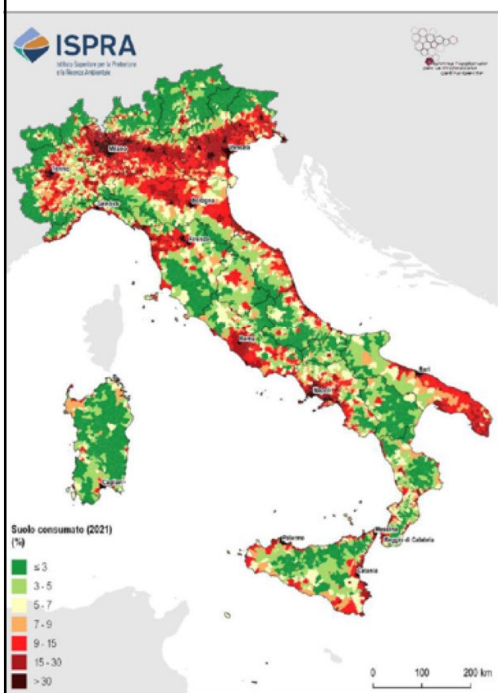
Diminuzione del presidio idraulico del territorio montano

Progressivo rialzo degli argini con notevole pensilità

Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

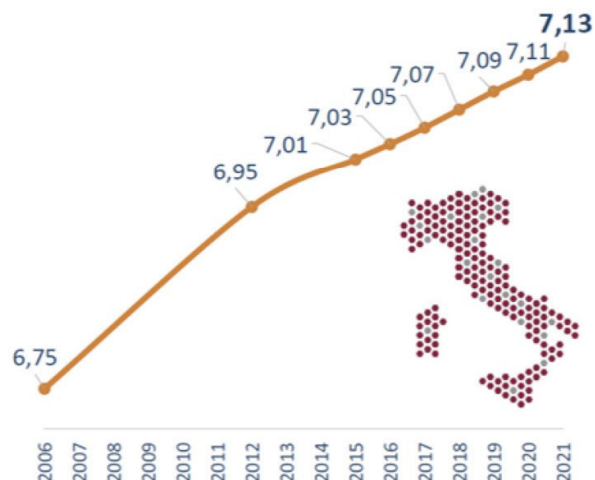
31

Concause: consumo di suolo



A livello europeo la percentuale del consumo di suolo è pari al 4,3% (Eurostat, 2016), poco più della metà di quella italiana

Soilo consumato (2006-2021) in percentuale a livello nazionale



Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

32

Concause

Corsi d'acqua trasformati nell'arco di decenni e secoli in stretti corridoi fluviali con spazi di divagazione e laminazione molto ristretti. Officiosità Q(T) con T=30-50 anni

Forte crescita dell'antropizzazione del territorio negli ultimi 60-70 anni

Consumo di suolo. Aumento aree impermeabili

Utilizzazione intensiva del terreno agrario

Progressiva sparizione o diminuzione della rete minuta di scolo

Difficoltà nella manutenzione della vegetazione fluviale (SIC, ZPS, corridoi ecologici o corridoi fluviali?)

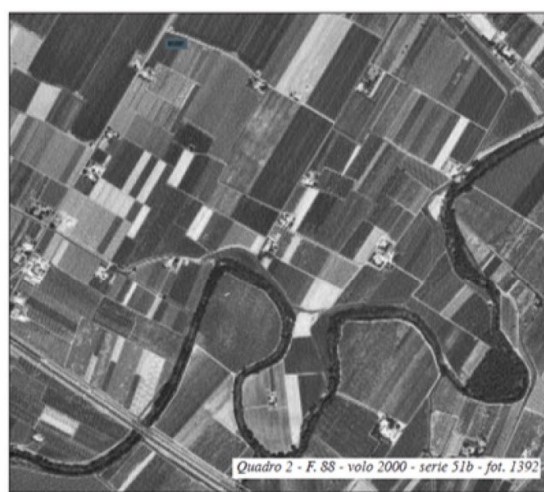
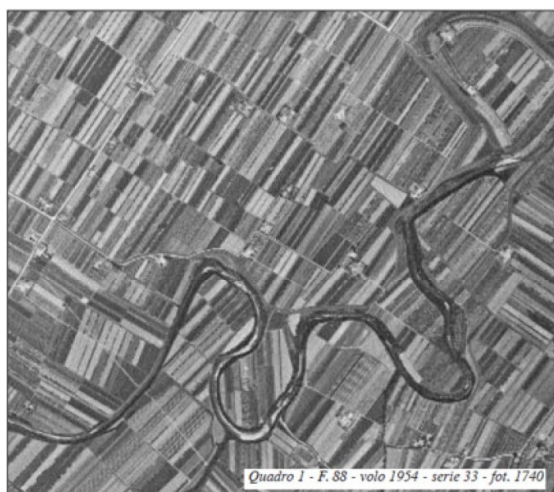
Diminuzione del presidio idraulico del territorio montano

Progressivo rialzo degli argini con notevole pensilità

Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

33

Concause: riduzione della rete minuta di scolo



150 m³/ha su 1000 kmq → 15 Mmc

Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

34

Concause

Corsi d'acqua trasformati nell'arco di decenni e secoli in stretti corridoi fluviali con spazi di divagazione e laminazione molto ristretti. Officiosità $Q(T)$ con $T=30-50$ anni

Forte crescita dell'antropizzazione del territorio negli ultimi 60-70 anni

Consumo di suolo. Aumento aree impermeabili

Utilizzazione intensiva del terreno agrario

Progressiva sparizione o diminuzione della rete minuta di scolo

Difficoltà nella manutenzione della vegetazione fluviale (SIC, ZPS, corridoi ecologici o corridoi fluviali?)

Diminuzione del presidio idraulico del territorio montano

Progressivo rialzo degli argini con notevole pensilità

Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

35

Concause: manutenzione vegetazione negli alvei fluviali



".. il ruolo della **vegetazione ripariale** quale fattore causale degli effetti al suolo dell'evento **sembra essere stato eccessivamente enfatizzato** nel dibattito pubblico che ha fatto seguito all'evento."

"Predisporre appositi **piani di gestione della vegetazione ripariale** che indirizzino, su solide basi tecnico-scientifiche, la manutenzione degli alvei fluviali. I piani dovranno valutare, caso per caso, i **migliori punti di equilibrio tra gli aspetti idraulici e tutti gli altri servizi ecosistemici svolti da questa fascia di vegetazione**, mediante **modellazioni matematiche specifiche riferite ai diversi possibili assetti vegetazionali** e definendo, in base alle risultanze di queste ultime, opportuni **protocolli di gestione della vegetazione ripariale.**"

Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

36

Concause

Corsi d'acqua trasformati nell'arco di decenni e secoli in stretti corridoi fluviali con spazi di divagazione e laminazione molto ristretti. Officiosità Q(T) con T=30-50 anni

Evoluzione dell'antropizzazione del territorio negli ultimi 50-60 anni

Consumo di suolo. Aumento aree impermeabili

Utilizzazione intensiva del terreno agrario

Progressiva sparizione o diminuzione della rete minuta di scolo

Difficoltà nella manutenzione della vegetazione fluviale

Diminuzione del presidio idraulico del territorio montano

Progressivo rialzo degli argini con notevole pensilità

Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

37

Concause: diminuzione del presidio idraulico del territorio montano

Ruolo della copertura forestale negli eventi eccezionali



Popolamenti intensamente utilizzati ed abbandonati (in particolare popolamenti cedui) possono dare origine a dissesti localizzati che favoriscono il dissesto.



Nel corso degli ultimi decenni è aumentata la quota di detriti legnosi trasportati a valle dalle ondate di piena. La maggior parte di questi detriti non proviene dai boschi ripari ma dalle foreste situate nel bacino di origine

La **copertura forestale** regionale dal 18,7% del 1936 al 28,4% del 2014.

La **minore manutenzione della rete idraulica minore** e dei terrazzamenti costruiti nei secoli dall'uomo quali muretti a secco contribuisce ad aumentare dissesti locali.

38

Concause

Corsi d'acqua trasformati nell'arco di decenni e secoli in stretti corridoi fluviali con spazi di divagazione e laminazione molto ristretti. Officiosità Q(T) con T=30-50 anni

Evoluzione dell'antropizzazione del territorio negli ultimi 50-60 anni

Consumo di suolo. Aumento aree impermeabili

Utilizzazione intensiva del terreno agrario

Progressiva sparizione o diminuzione della rete minuta di scolo

Difficoltà nella manutenzione della vegetazione fluviale

Diminuzione del presidio idraulico del territorio montano

Progressivo rialzo degli argini con notevole pensilità

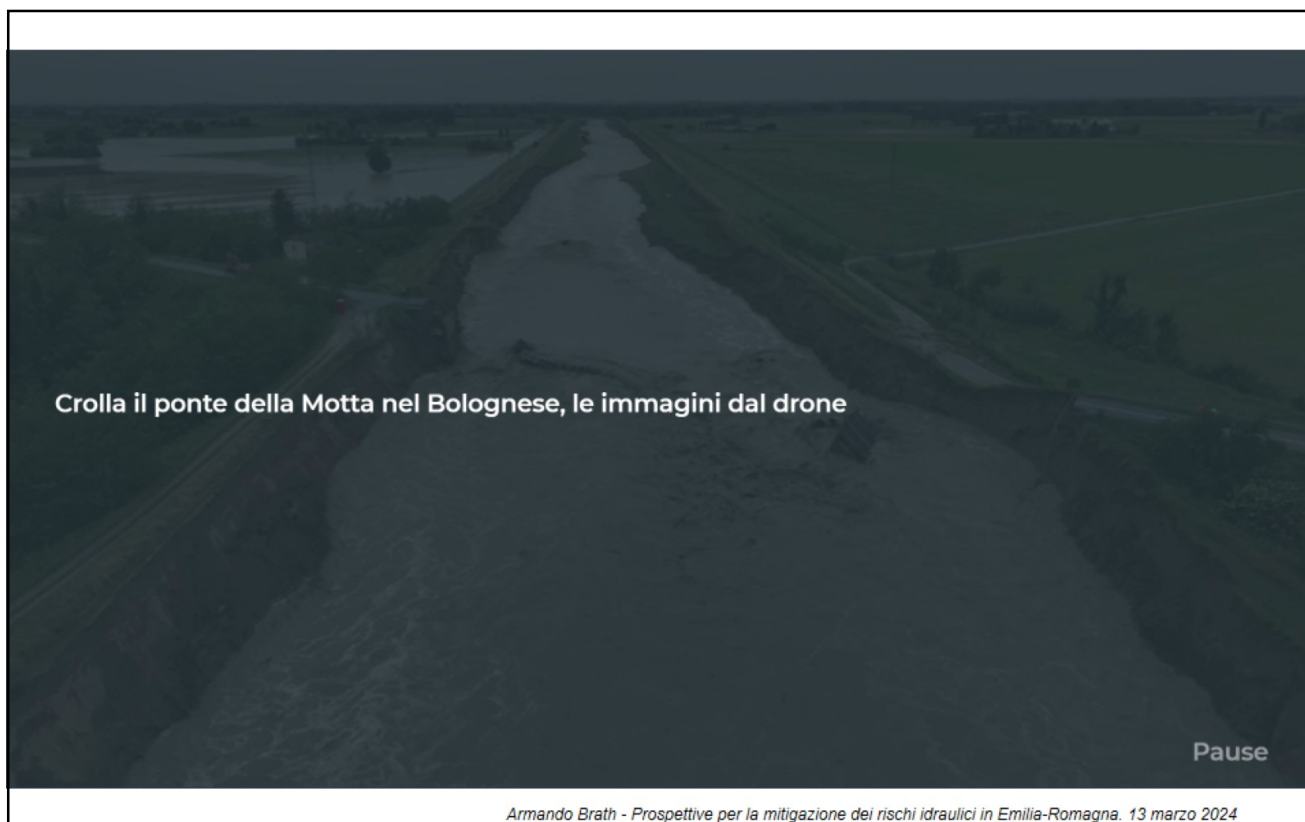
Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

39



Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

40



41

COSA FARE ?

Occorre un ripensamento generale della strategia difensiva per definire un MIX ben studiato di interventi

Aumentare le aree di laminazione delle piene realizzando **invasi montani (a scopo multiplo)** e **casce di espansione vallive**

Analizzare **le interconnessioni** con la rete di scolo di bonifica e la rete fognaria per risoluzione criticità

Studiare attentamente gli scenari di esondazione nell'assetto della rete, con le **loro interconnessioni** (Cer, rete di bonifica, reti di drenaggio urbano).

Definire protocolli più stringenti e tecnicamente solidi per la manutenzione della vegetazione fluviale.

Curare ancora di più l'educazione della popolazione al rischio di alluvione.

Nella pianificare e progettare gli interventi, superare la visione odierna che prevede di garantire un livello omogeneo di protezione al territorio (200 anni), lavorando invece sulla minimizzazione del rischio residuo con analisi costi-benefici.

Approntare scenari di esondazione controllata per proteggere le aree maggiormente vulnerabili.

Potenziare gli argini per renderli inerodibili e capaci di sopportare la tracimazione in punti prestabiliti.

Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

42

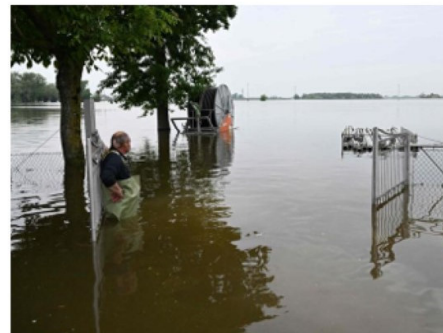
Allagamenti controllati. Il caso della CAB Ravenna

Alluvioni, la coop che ha allagato i suoi terreni per salvare Ravenna: «Ci siamo sacrificati per la comunità» – I video

22 MAGGIO 2023 - 10:45

di Antonio Di

Giulio De Marchi (1952):
Si dovrebbe considerare "... l'intero territorio come una entità unica e solida, da proteggere con il minimo danno complessivo ..."



Alluvione, la coop fa defluire l'acqua nei campi per salvare Ravenna

L'intervento chiesto dalla prefettura al presidente di Cab Terra Galavotti: "Il bene della comunità prima di tutto"

Circa 200 ha di terreno allagati dal canale Magni

43

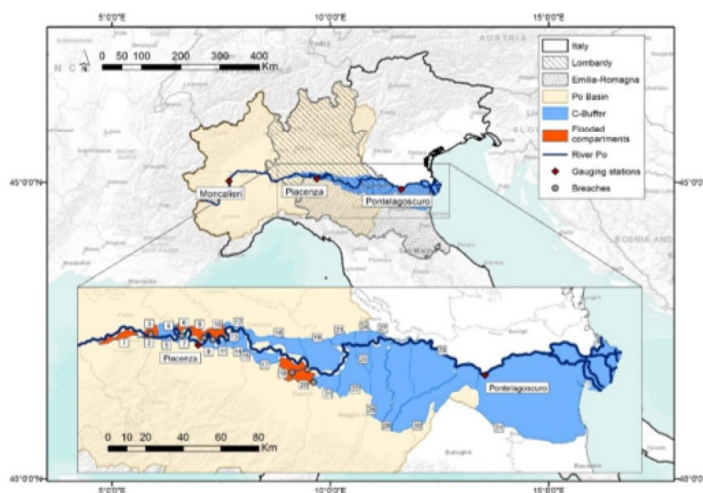
Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

43

Allagamenti controllati? Il caso di studio del Po

Giulio De Marchi (1952):
"La tattica difensiva tradizionale non considera l'evento eccezionale, quello che supera, decisamente, le previsioni..."

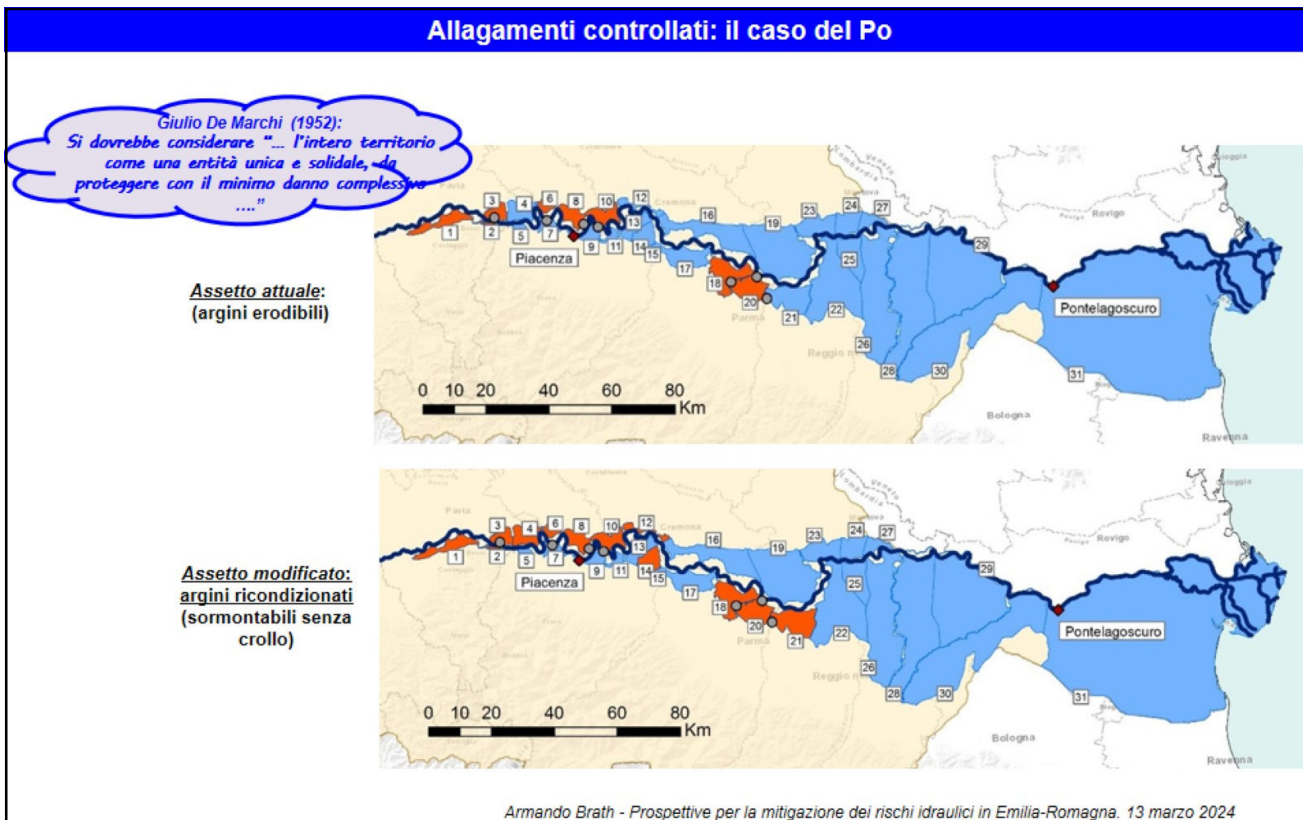
**Evento 500-ennale
 Situazione attuale: argini erodibili**



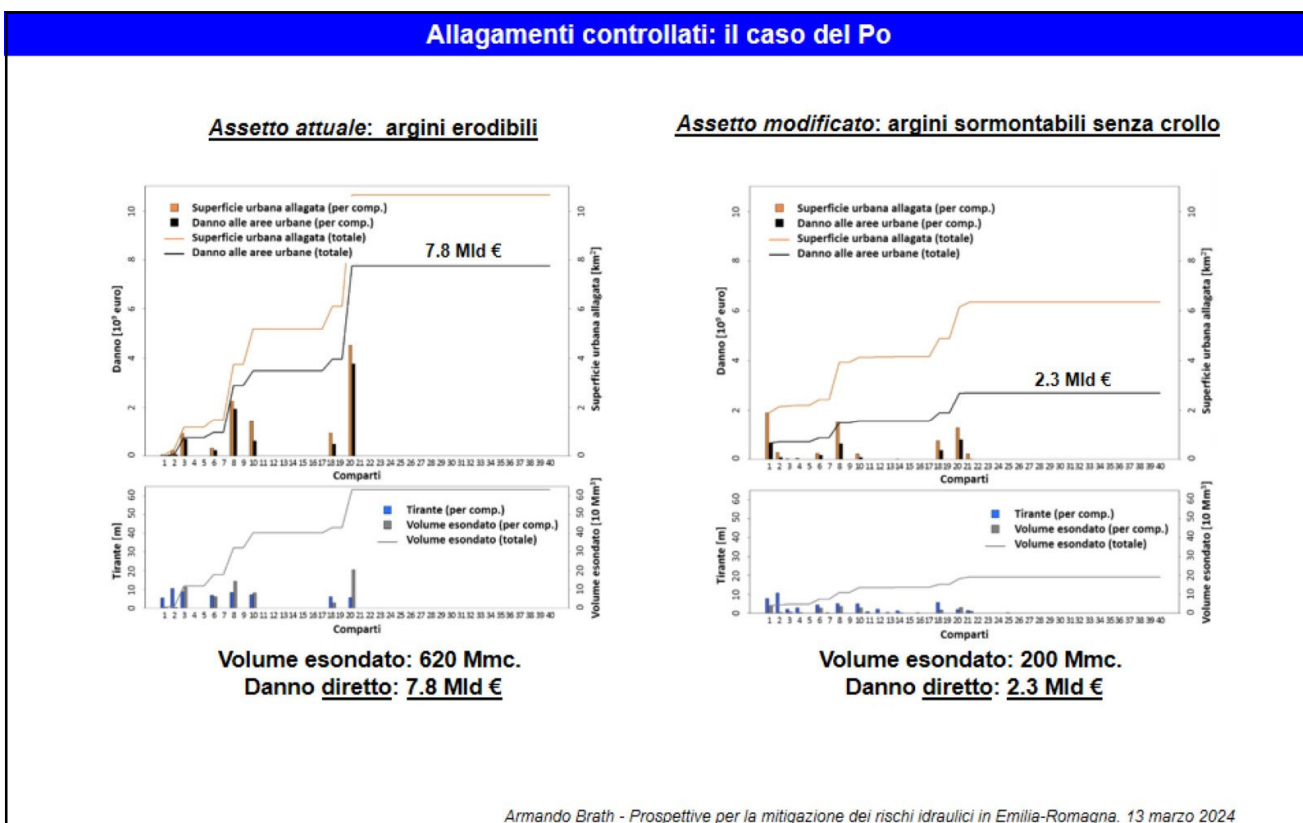
44

Armando Brath - Prospettive per la mitigazione dei rischi idraulici in Emilia-Romagna. 13 marzo 2024

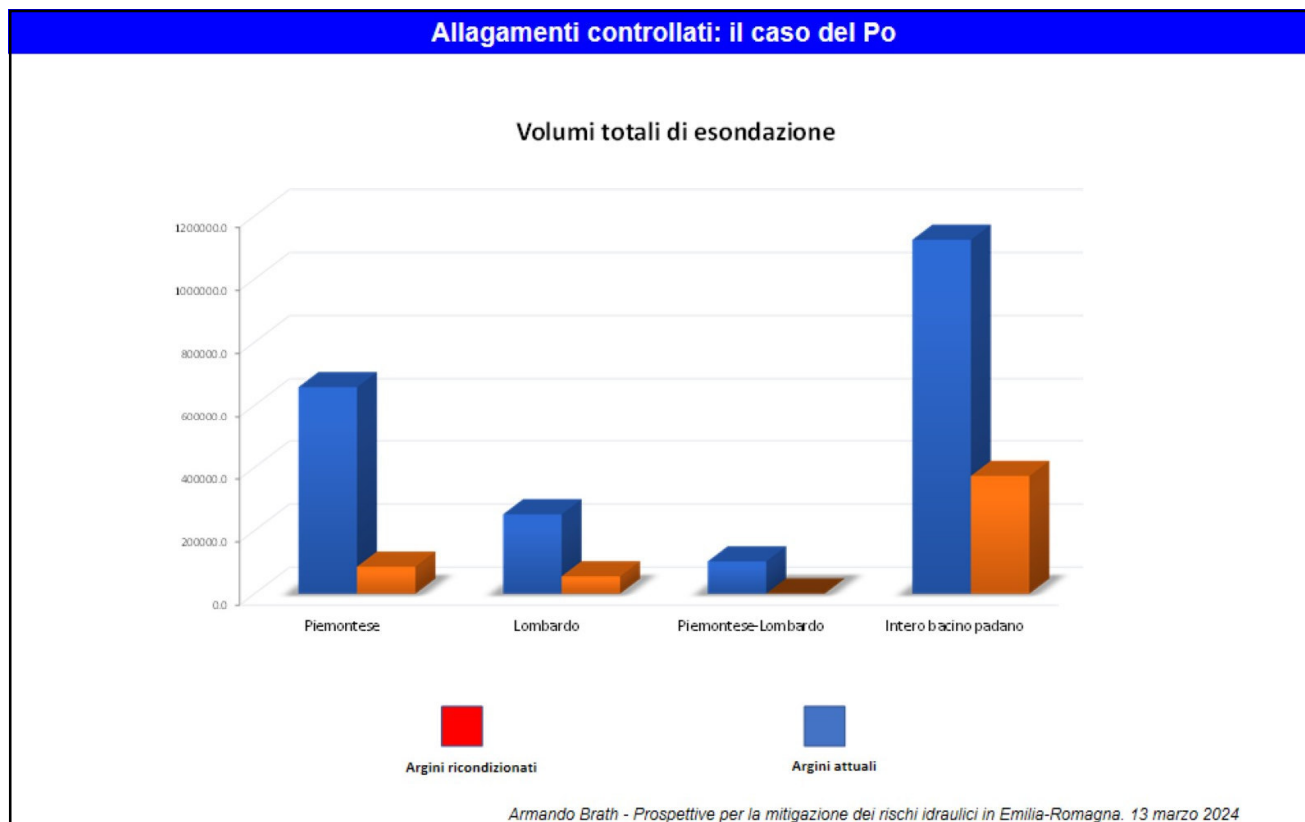
44



45



46



47

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.**

Occorrerà un radicale cambiamento di vedute...

Ma in Emilia-Romagna ci sono tutte le condizioni per approntare **una risposta efficace e fortemente innovativa a queste sfide, che costituisca anche un modello di risposta a scala nazionale.**

L'urgenza di intervenire nella ricostruzione non deve però 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.

Grazie per l'attenzione.
armando.brath@unibo.it

48