



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Il rischio alluvioni in un mondo che cambia

Progetto europeo H2020 SYSTEM-RISK

18 aprile, Liceo Sant'Alberto Magno
Bologna

Attilio Castellarin

Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica,
Ambientale e dei Materiali
DICAM

Argomenti Trattati

- I Danni da Alluvione, Evidenze Sperimentali a Scala:
 - Globale
 - Europea
 - Italiana
- Rischio Alluvionale
 - Definizione
 - Quantificazione
- Il rischio Alluvionale sta Cambiando?
 - Impatto delle variazioni climatiche
 - Impatto delle alterazioni antropiche





Alluvione

Allagamento temporaneo di aree normalmente non allagate dovuto a straripamento di corsi d'acqua, all'accumulo di grandi quantità d'acqua per le forti piogge o a seguito di un significativo innalzamento del livello del mare





Alluvione

Allagamento temporaneo di aree normalmente non allagate dovuto a straripamento di corsi d'acqua, all'accumulo di grandi quantità d'acqua per le forti piogge o a seguito di un significativo innalzamento del livello del mare

Sitografia di interesse:

https://it.wikipedia.org/wiki/Lista_di_alluvioni_e_inondazioni_in_Italia

<http://www.floodbook.it>

Floodbook: Mappiamo le alluvioni in Italia raccogliendo segnalazioni dai cittadini



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

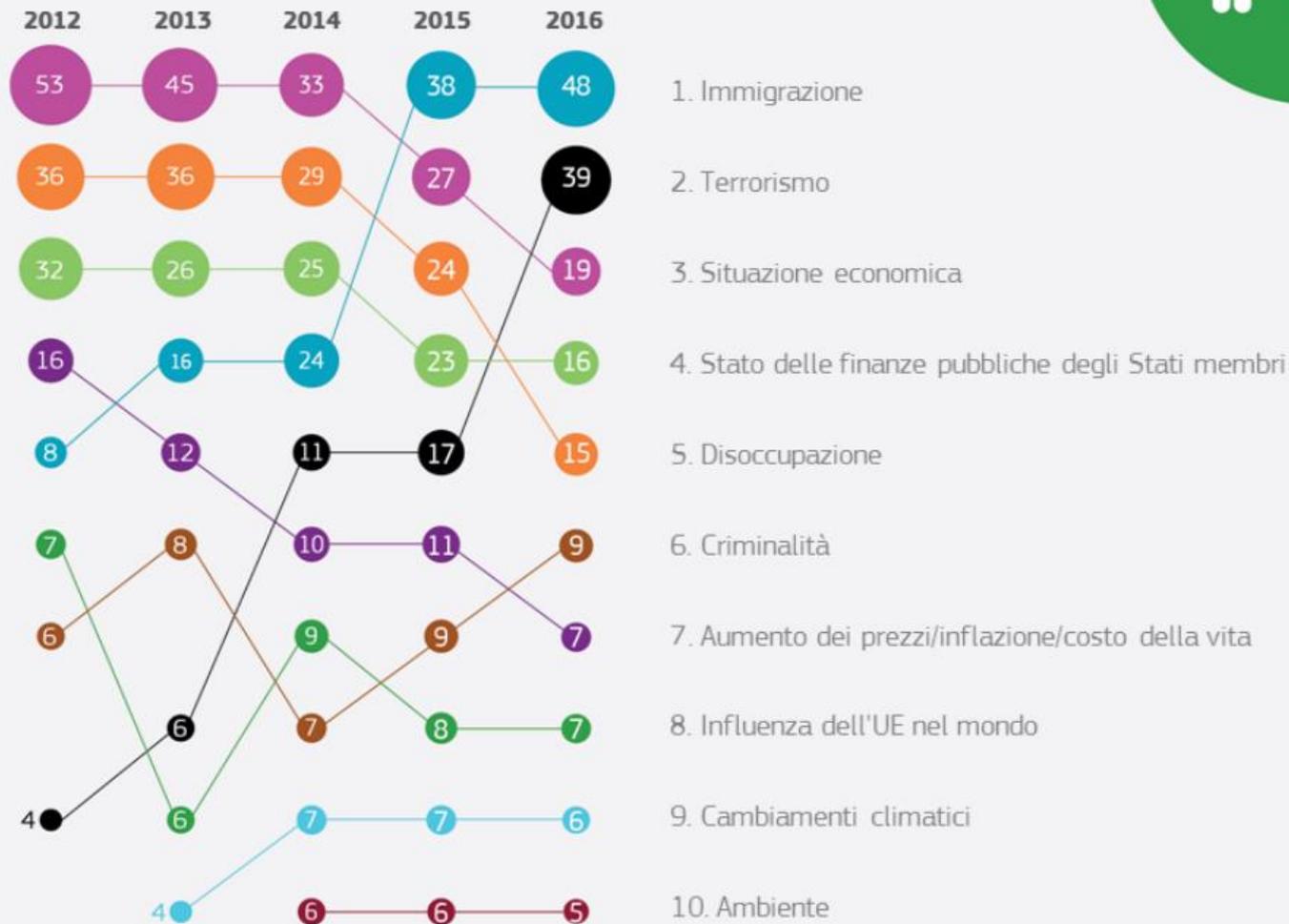
Preoccupazioni dei cittadini EU

DOCUMENTO DI RIFLESSIONE SUL FUTURO DELLA DIFESA EUROPEA

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52017DC0315>



Che cosa ci preoccupa di più?



DANNI DA ALLUVIONE

Macrodati a scala mondiale, europea ed italiana



EM-DAT Database internazionale dei disastri naturali



					
Geophysical	Hydrological	Meteorological	Climatological	Biological	Extra-terrestrial
Earthquake Mass Movement (dry) Volcanic activity	Flood Landslide Wave action	Storm Extreme temperature Fog	Drought Glacial lake outburst Wildfire	Animal accident Epidemic Insect infestation	Impact Space weather

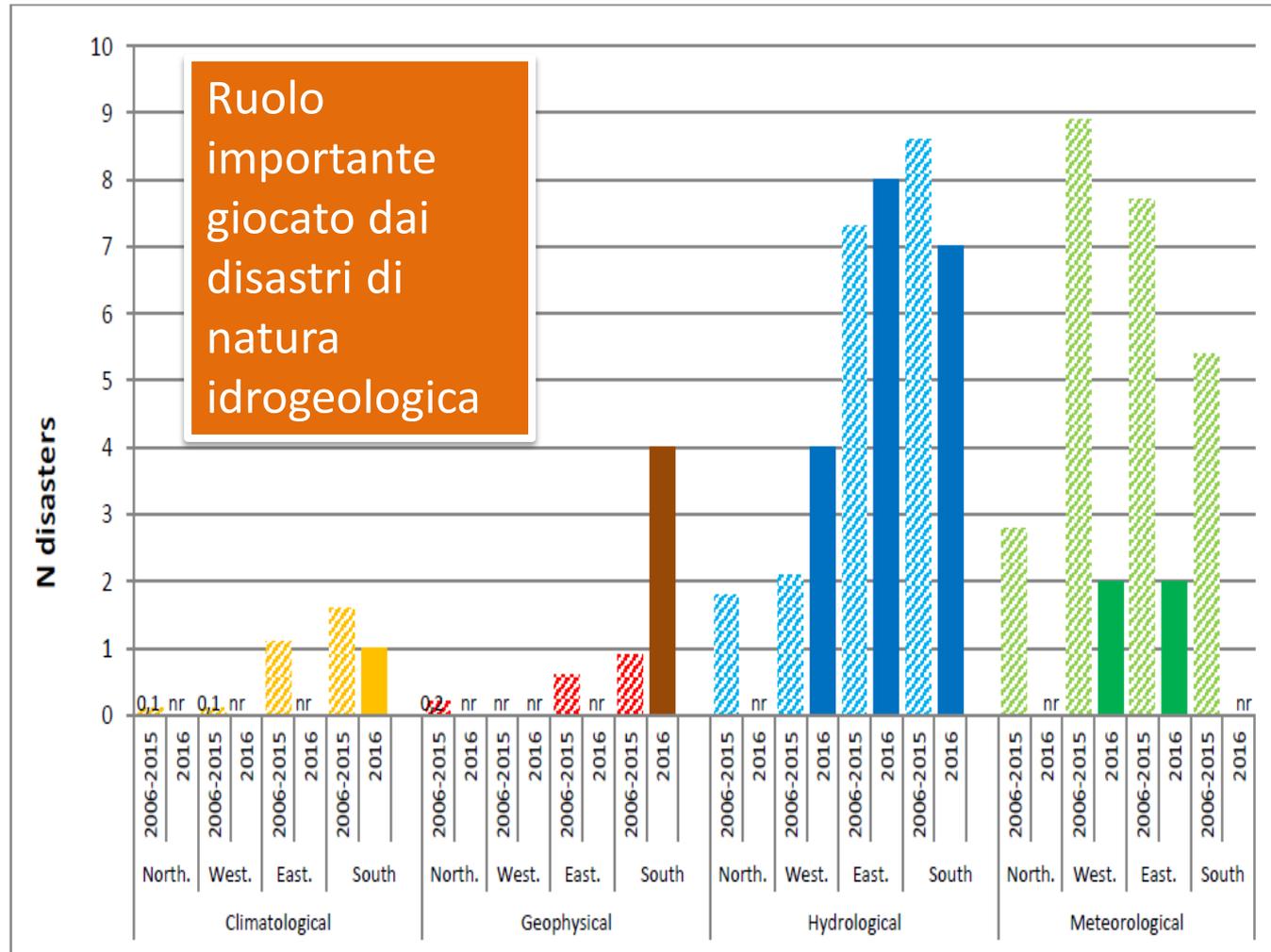
<http://www.emdat.be/>



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Disastri naturali: Europa

Figure 19 - Disaster occurrence by type. Mean 2006-2015 vs 2016

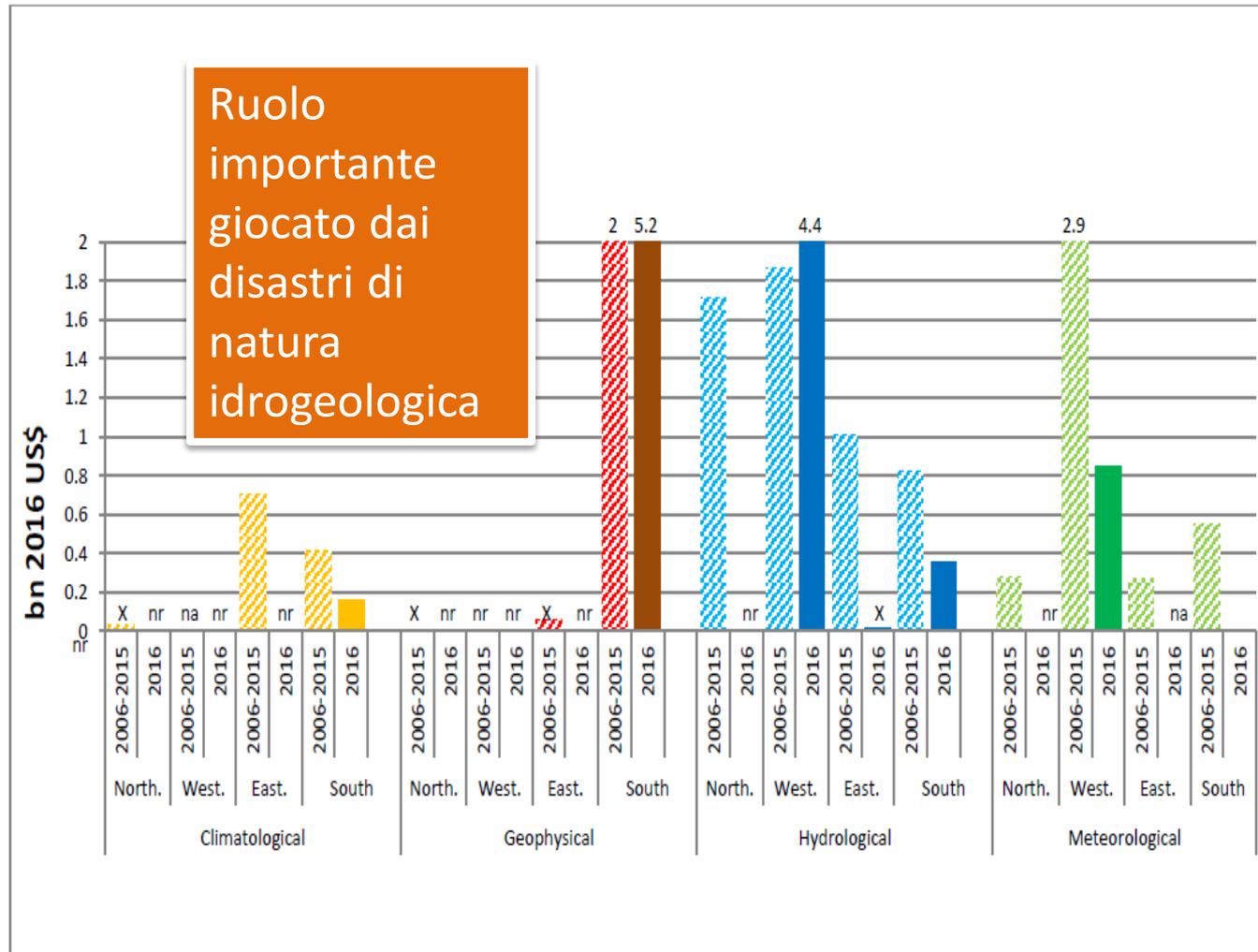


nr: no disaster reported



Danni da Disastri Naturali: Europa

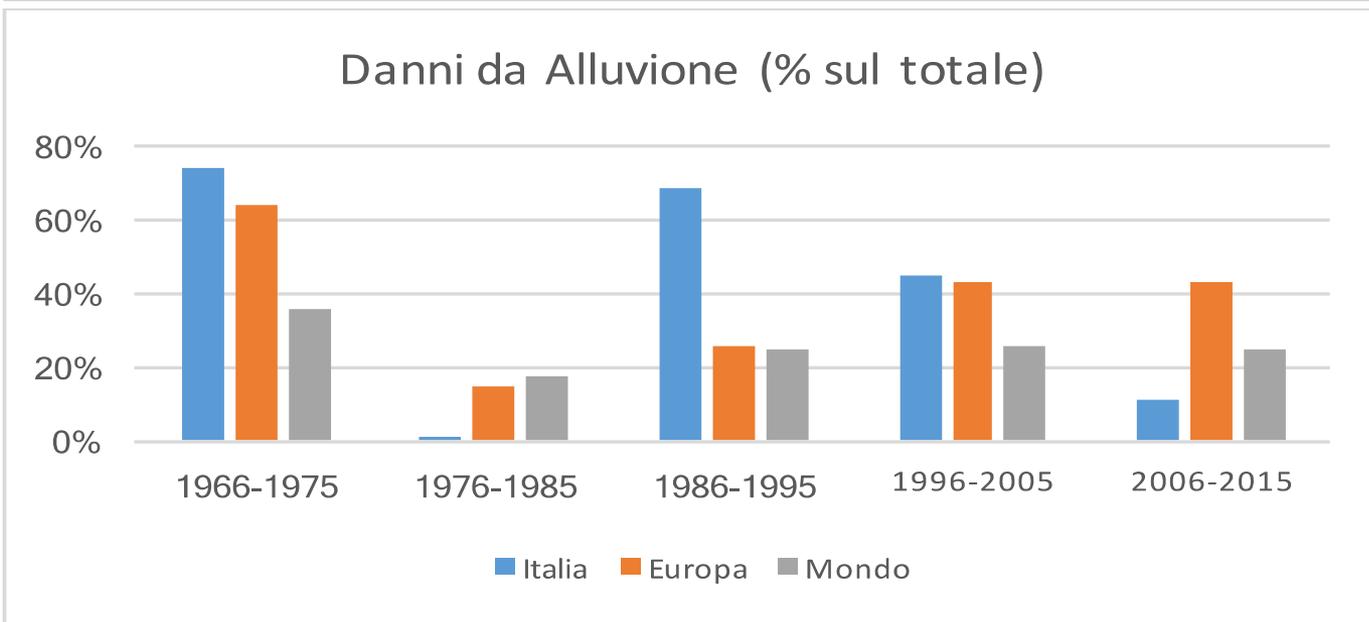
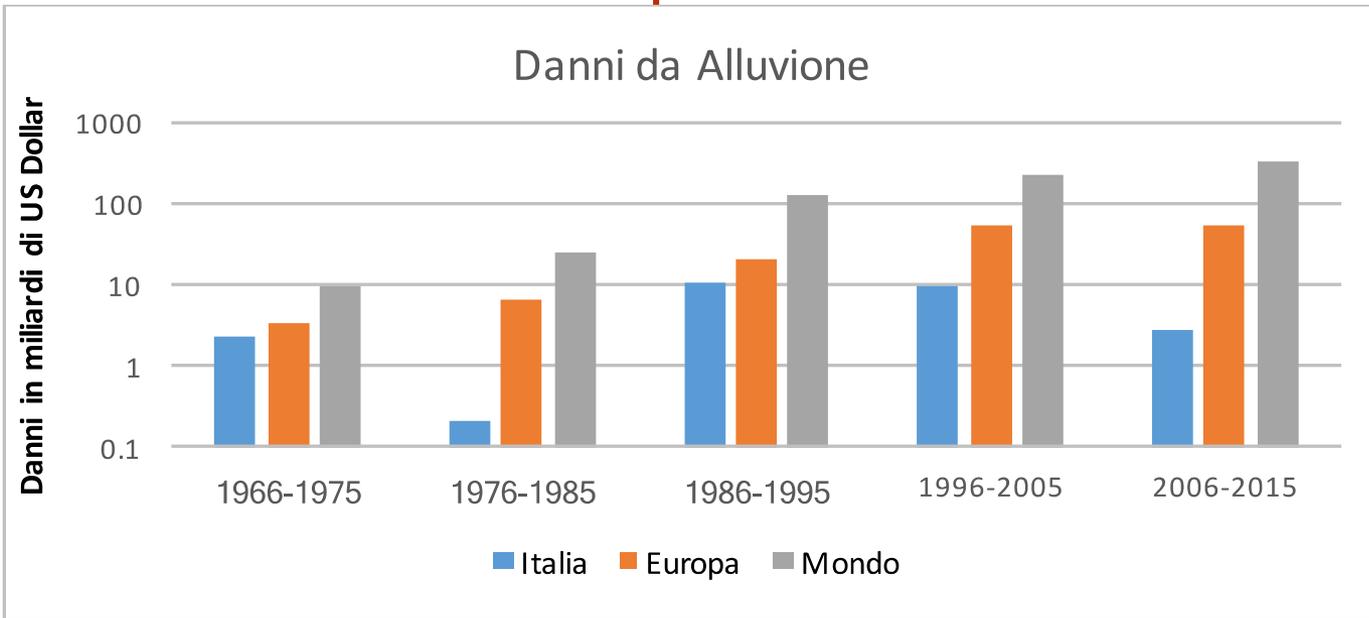
Figure 22 – Damages reported (US\$ bn) by disaster type. Mean 2006-2015 vs 2016.



X: < 0,06; na: not available; nr: no disaster reported



I Danni da Rischio Idraulico in: Italia - Europa - Mondo



Esempi di alluvioni da fiume

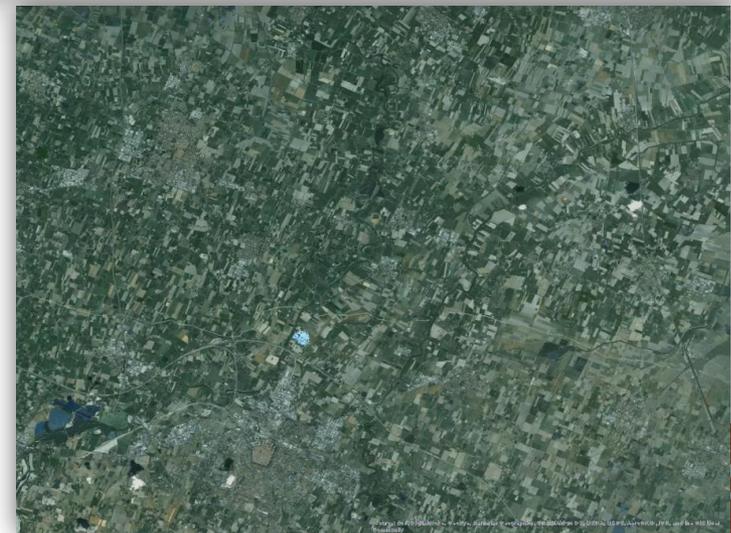
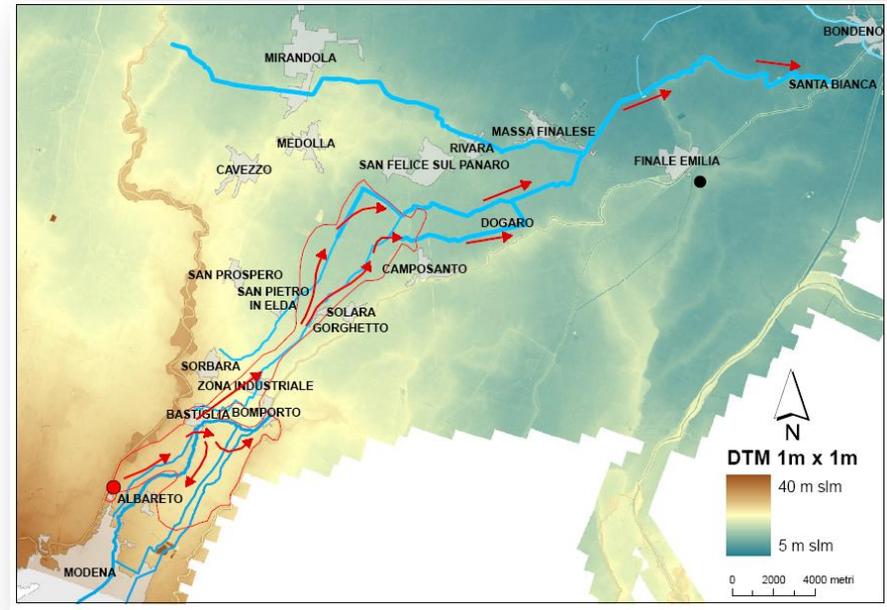
Rotta arginale sul Fiume Secchia
19 gennaio 2014



Rotta arginale sul fiume Secchia

19 gennaio 2014

- **Data e ora:**
19 gennaio 2014, 06:30
- **Posizione della breccia:**
S. Matteo (Modena, Italy)
- **Volume totale fuoriuscito (stima):**
 $36.3 \div 38.7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- **Danni totali stimati:**
~500 milioni di €
- **Area allagata:**
52 km² (principalmente comprendenti i comuni di Bastiglia, Bomporto e la parte settentrionale del comune di Modena, rimasti allagati per più di 48 ore)
- **Dimensione massima raggiunta dalla breccia:**
80 metri di larghezza; profondità fino al piano campagna in circa 9 ore dall'inizio dell'evento

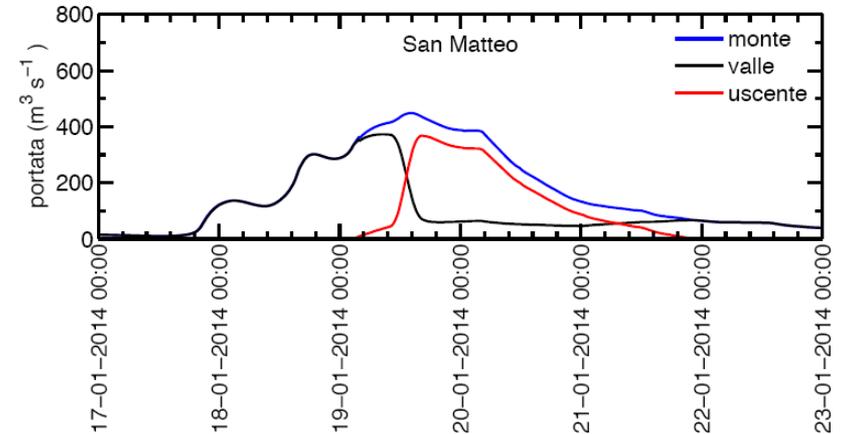


Rotta arginale sul fiume Secchia

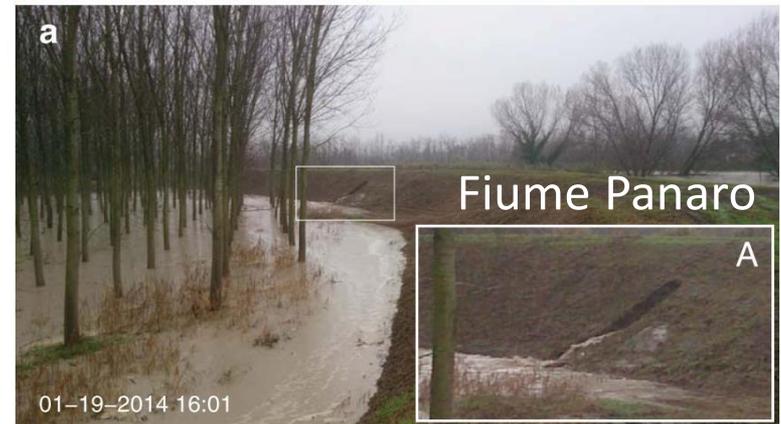
19 gennaio 2014

- **Data e ora:**
19 gennaio 2014, 06:30
- **Posizione della breccia:**
S. Matteo (Modena, Italy)
- **Volume totale fuoriuscito (stima):**
 $36.3 \div 38.7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- **Danni totali stimati:**
~500 milioni di €
- **Area allagata:**
52 km² (principalmente comprendenti i comuni di Bastiglia, Bomporto e la parte settentrionale del comune di Modena, rimasti allagati per più di 48 ore)
- **Dimensione massima raggiunta dalla breccia:**
80 metri di larghezza; profondità fino al piano campagna in circa 9 ore dall'inizio dell'evento

Idrogrammi a monte, a valle della breccia arginale e in uscita dalla stessa



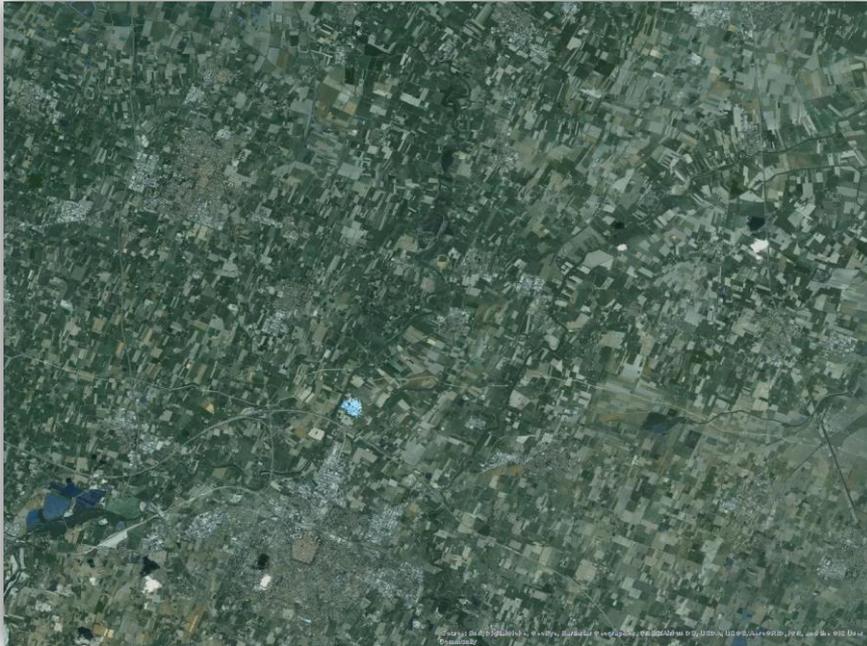
- **Presunta causa del collasso:** No sormonto ma presenza di tane di animali (T_r della piena: 5 anni)



Rotta arginale sul fiume Secchia

19 gennaio 2014

Modello Bidimensionale (2D)



Esempi di allagamenti da nubifragi

Allagamenti in ambito urbano da precipitazioni di particolare intensità



Flash-flood urbani

Flash Floods urbani

... alcuni casi recenti



Eventi di pioggia particolarmente intensi e localizzati sono molto critici e possono dar vita a *flash floods* (*alluvioni lampo*) o ad allagamenti delle aree residenziali



Livorno, 9-10 settembre 2017

UDINETODAY Sezioni Cronaca

Cronaca / Lignano Sabbiadoro / Corso degli Alisei
Maltempo in Friuli, Lignano F
sott'acqua

Forti disagi nella località balneare friulana. All'opera i Vig

U redazione 11 SETTEMBRE 2017 09:41



Lignano (Udine)



Altezza di pioggia
120 mm in 4 ore

RISCHIO ALLUVIONALE

Definizione e quantificazione



Definizione del Rischio

**Cos'è il Rischio
Alluvionale?**



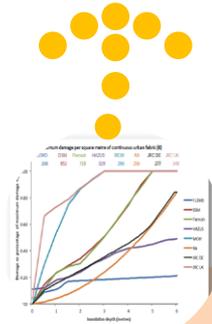
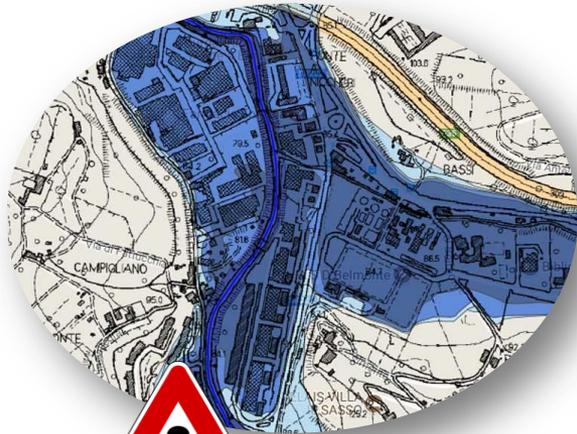
=

Rischio alluvionale: può essere definito come il prodotto della probabilità che avvenga un'alluvione per il danno che ne conseguirebbe



Equazione del Rischio

$$R = H \cdot E \cdot V$$



VULNERABILITÀ
(*V Vulnerability*)



ESPOSIZIONE
(*E Exposure*)

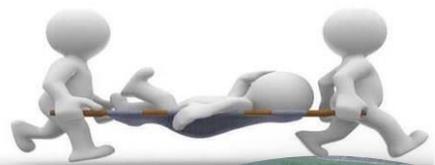


PERICOLOSITÀ
(*H Hazard*)

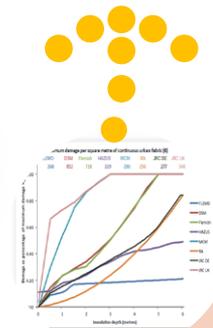
Probabilità di accadimento di un evento di piena in una area specifica in un dato periodo di tempo



Equazione del Rischio



$$R = H \cdot E \cdot V$$

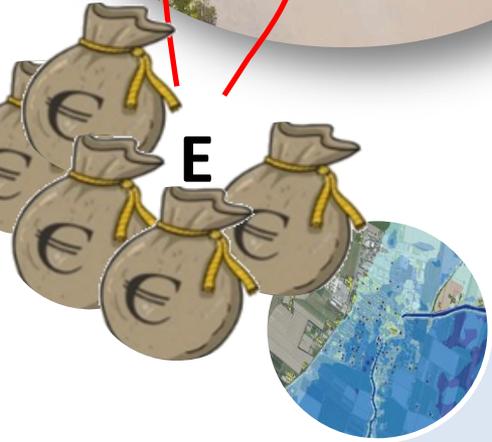


VULNERABILITÀ
(V *Vulnerability*)



ESPOSIZIONE
(E *Exposure*)

Persone, edifici, infrastrutture e beni esposti al pericolo di allagamento



PERICOLOSITÀ
(H *Hazard*)

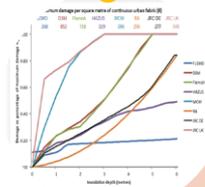
Probabilità di accadimento di un evento di piena in una area specifica in un dato periodo di tempo

Equazione del Rischio

$$R = H \cdot E \cdot V$$



PERICOLOSITÀ
(H Hazard)



ESPOSIZIONE
(E Exposure)

VULNERABILITÀ
(V Vulnerability)

Suscettibilità al danneggiamento degli elementi esposti

Persone, edifici, infrastrutture e beni esposti al pericolo di allagamento

Probabilità di accadimento di un evento di piena in una area specifica in un dato periodo di tempo

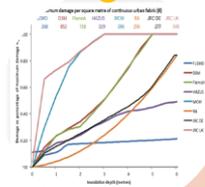


Equazione del Rischio

$$R = H \cdot E \cdot V$$

R = **H** · **E** · **V**

D Danno economico



VULNERABILITÀ
(*V Vulnerability*)

Suscettibilità al danneggiamento degli elementi esposti

ESPOSIZIONE
(*E Exposure*)

Persone, edifici, infrastrutture e beni esposti al pericolo di allagamento

PERICOLOSITÀ
(*H Hazard*)

Probabilità di accadimento di un evento di piena in una area specifica in un dato periodo di tempo



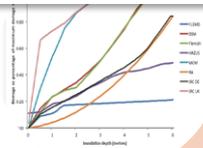
Equazione del Rischio

$$R = H \cdot E \cdot V$$

Danno economico atteso in caso di evento alluvionale in una data area



PERICOLOSITÀ
(H Hazard)



VULNERABILITÀ
(V Vulnerability)

Suscettibilità al danneggiamento degli elementi esposti

ESPOSIZIONE
(E Exposure)

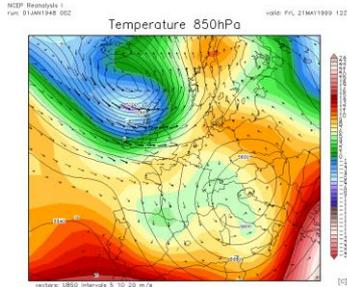
Persone, edifici, infrastrutture e beni esposti al pericolo di allagamento

Probabilità di accadimento di un evento di piena in una area specifica in un dato periodo di tempo

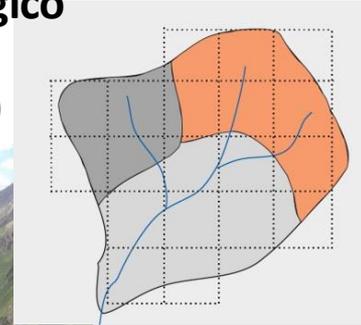


Catena del Rischio

1A) Modello climatico (valutazione delle forzanti climatiche)



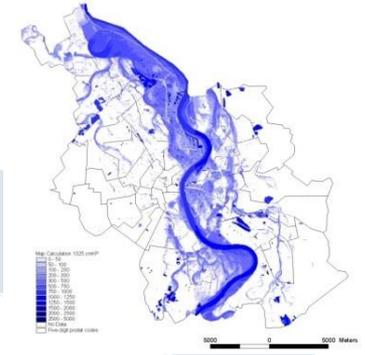
1B) Modello Idrologico (valutazione delle forzanti idrologiche)



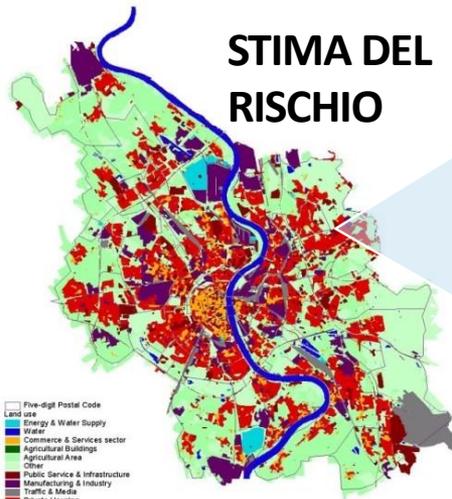
Oppure:

1) Analisi di frequenza delle portate al colmo di piena (valutazione delle forzanti idrologiche, $A < 1000 \text{ km}^2$)

2) Modello Idraulico (valutazione delle forzanti idrauliche)



STIMA DEL RISCHIO



3) Modello di danno (valutazione di vulnerabilità ed esposizione)



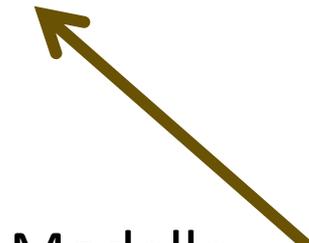
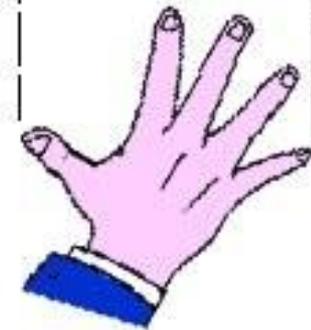
Valutazione del Rischio

$$R = H \cdot E \cdot V$$

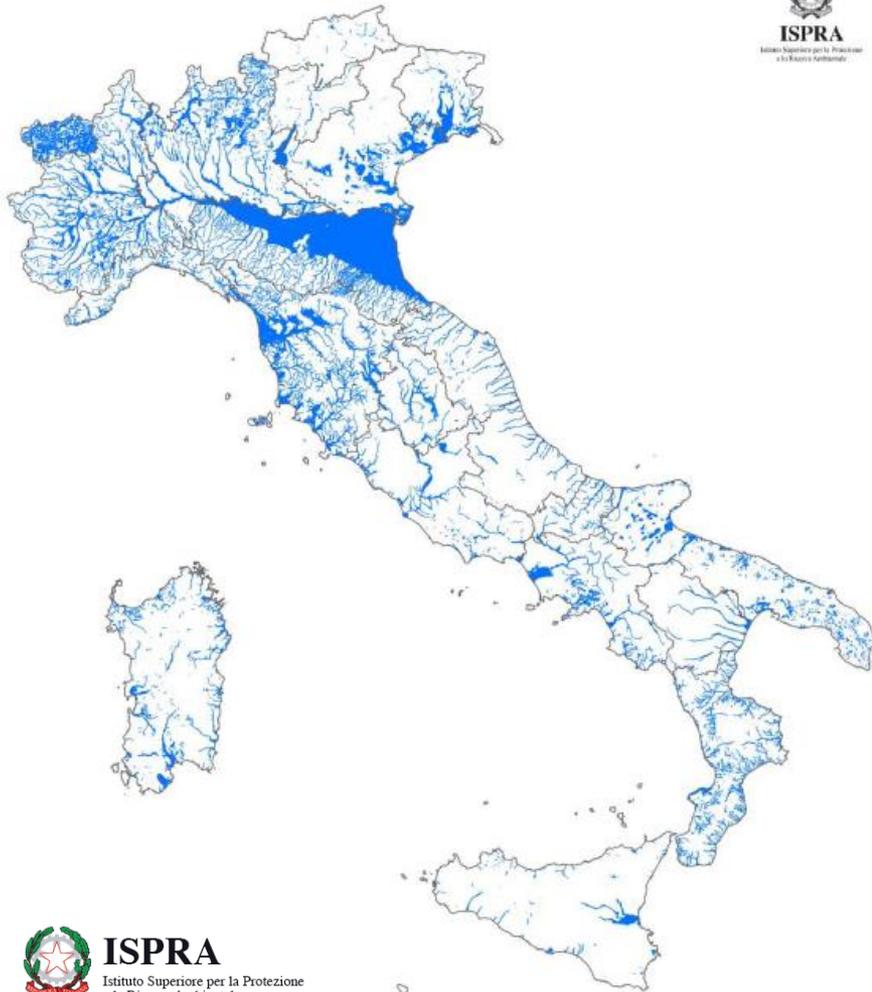
Modello
Idraulico



Modello
di danno



Il Rischio Idraulico in Italia



**Aree a pericolosità idraulica media P2
tempo di ritorno fra 100 e 200 anni**

■ Aree a pericolosità idraulica media P2

0 25 50 100
km

ISPRA, 2015

Gli esiti della Flood Directive (2007/60 CE), recepita in Italia dal D.lgs 49/2010 (v. anche capitolo sulla normativa)

Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio.

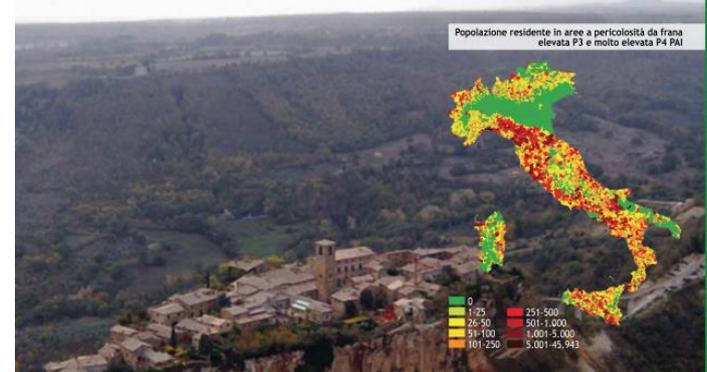
[Rapporto 2015. ISPRA, Rapporti 233/2015](#)



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

**Dissesto idrogeologico in Italia:
pericolosità e indicatori
di rischio**

Rapporto 2015



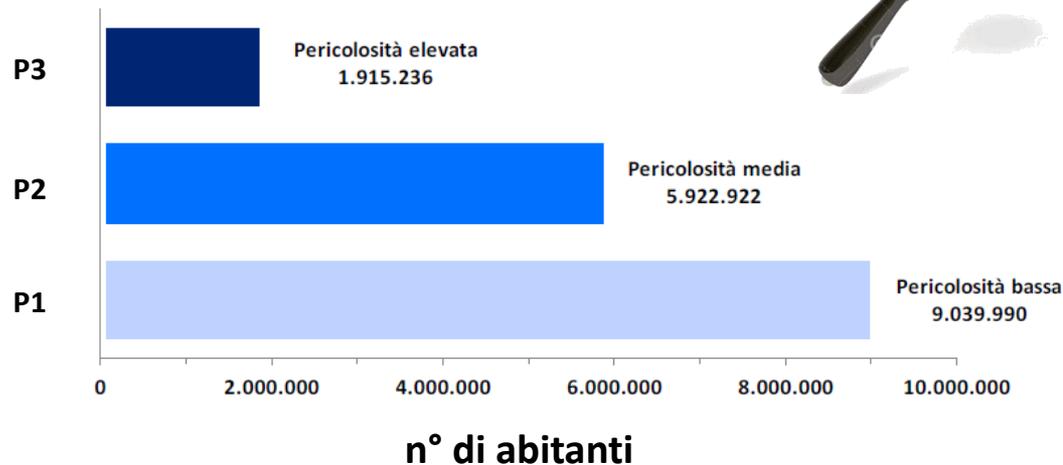
RAPPORTI

Il Rischio Idraulico in Italia

Il Rischio Idraulico in Italia



81% dei comuni è interessato da aree ad alta criticità idrogeologica



Aree a pericolosità idraulica (D.Lgs. 49/2010)

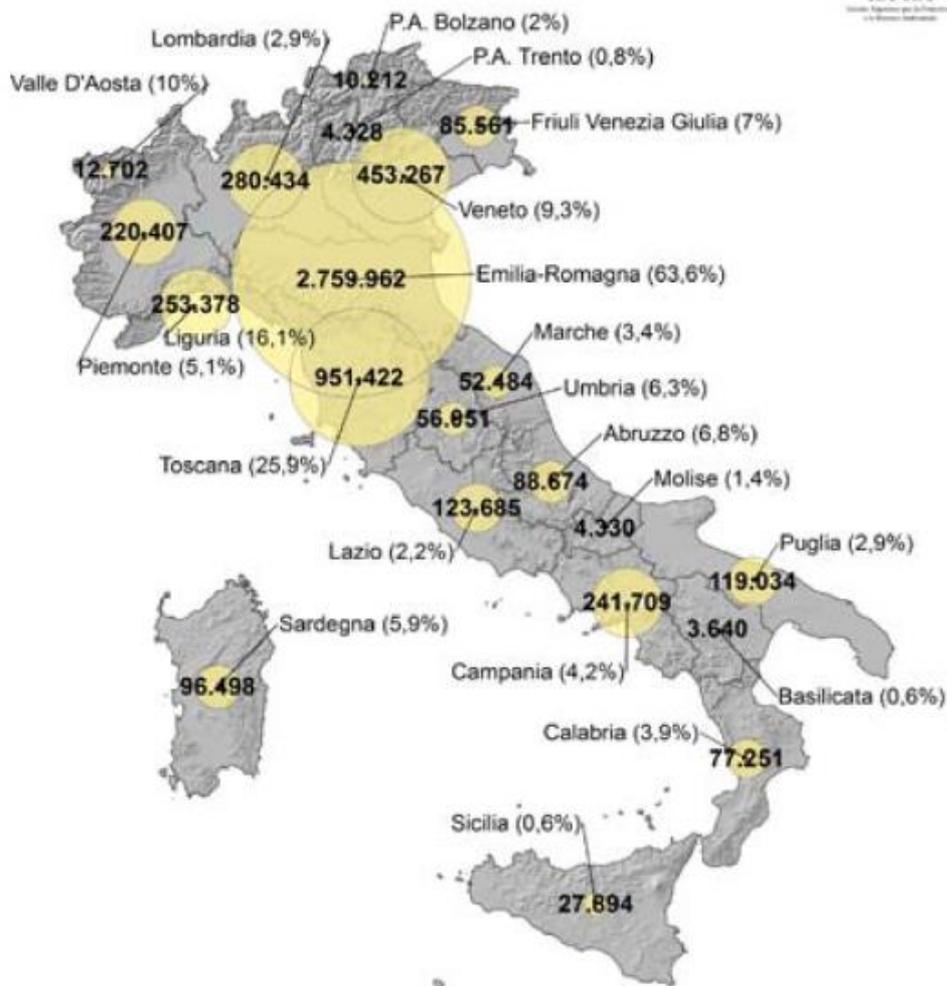
	<i>km²</i>	<i>% su territorio nazionale</i>
Scenario pericolosità Elevata P3	12.218,1	4,0%
Scenario pericolosità Media P2	24.410,8	8,1%
Scenario pericolosità Bassa P1	32.150,4	10,6%

Alluvioni frequenti – Tempo Ritorno (TR) 20-50 anni

Alluvioni poco frequenti – TR fra 100 e 200 anni

Scenari estremi – TR > 200 anni

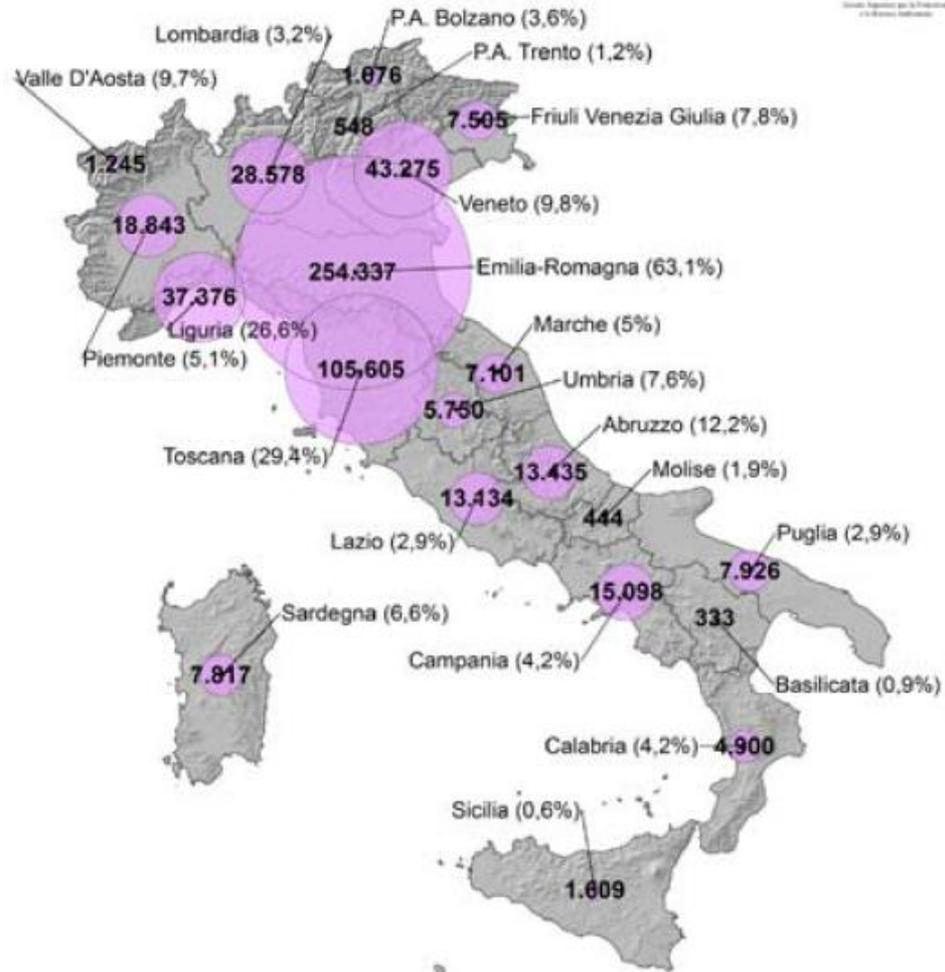




Popolazione a rischio alluvioni residente in aree a pericolosità media P2 (n. ab.)

3.640 Popolazione a rischio (n. ab.)

(0,6%) Percentuale rispetto al totale regionale della popolazione residente

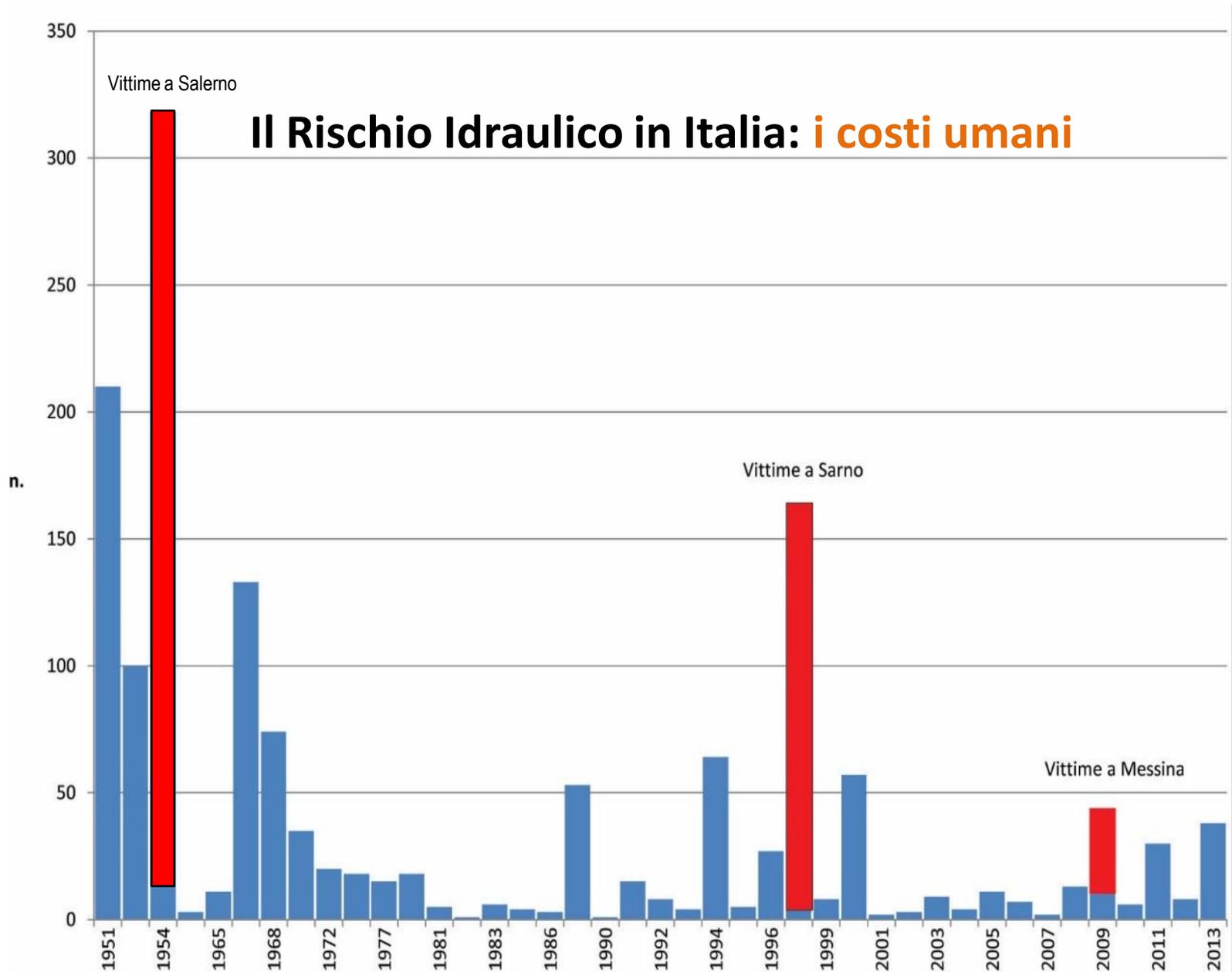


Unità locali di imprese a rischio alluvioni in aree a pericolosità idraulica media P2

4.900 Unità locali di imprese a rischio (n.)

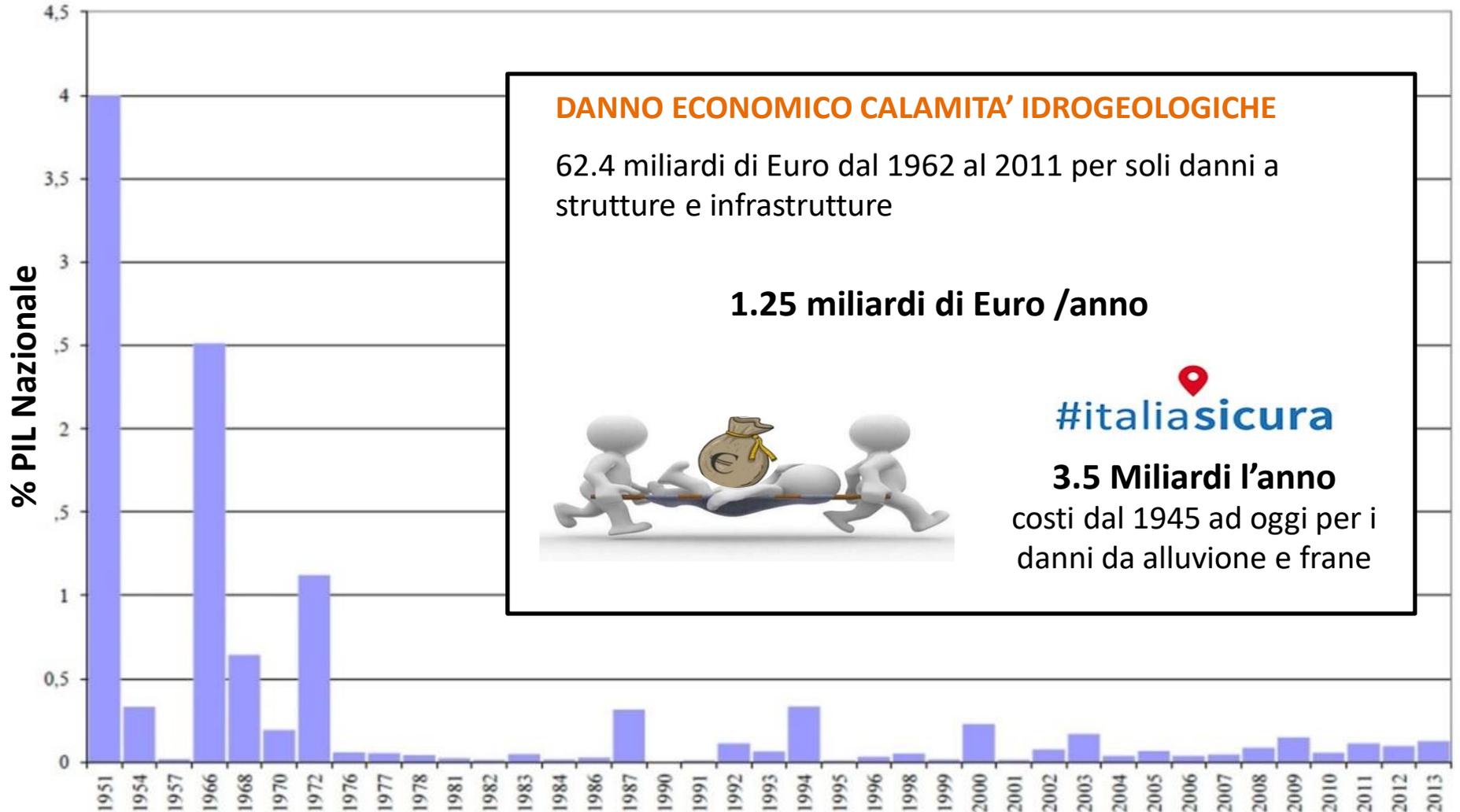
(4,2%) Percentuale rispetto al totale regionale delle Unità locali di imprese

Il Rischio Idraulico in Italia



Il Rischio Idraulico in Italia

Il Rischio Idraulico in Italia: i danni economici



DANNO ECONOMICO CALAMITA' IDROGEOLOGICHE

62.4 miliardi di Euro dal 1962 al 2011 per soli danni a strutture e infrastrutture

1.25 miliardi di Euro /anno



#italiasicura

3.5 Miliardi l'anno

costi dal 1945 ad oggi per i danni da alluvione e frane

Mappatura del Rischio in Emilia-Romagna



La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (D.Lgs. 49 del 2010)

Prodotti fruibili: MAPPATURA DELLA PERICOLOSITA'

Le mappe della pericolosità e degli elementi esposti e del rischio di alluvioni sono consultabili e scaricabili dal Geoportale Nazionale.



The image shows a screenshot of the Geoportale Nazionale website. The top navigation bar includes 'Home', 'INSPIRE', 'Direttive', 'Servizi', 'Progetti', and 'Agenda'. The main content area features a map of Italy with a flood hazard overlay. A sidebar on the left titled 'Tematismi (TOC)' lists various thematic layers, with 'Alluvioni' checked. The map shows different levels of flood risk across the Italian peninsula. To the right, there is a detailed satellite view of a city with a river, overlaid with the 'GEOPORTALE NAZIONALE' logo and the text 'Punto di accesso nazionale all'informazione ambientale e territoriale'.

<http://geoviewer.isprambiente.it>
(a cura di ISPRA, Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale)

MAPPATURA DELLA PERICOLOSITÀ (D.Lgs. 49/2010)

- alluvioni rare di estrema intensità: tempo di ritorno fino a **500 anni**;
- alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno fra **100 e 200 anni**;
- alluvioni frequenti: tempo di ritorno fra **20 e 50 anni**.

La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (D.Lgs. 49 del 2010) *Prodotti fruibili: MAPPATURA DELLA PERICOLOSITA'*

Esistono anche mappe di pericolosità a scala regionale consultabili e scaricabili dai geoportali regionali. Esempio per l'Emilia-Romagna:

ER Ambiente
Regione Emilia-Romagna
Cerca
solo nella sezione corrente
Giovedì 21.09.2017 11:23
Primo Piano Entra in Regione

Difesa del suolo, servizi tecnici e autorità di bacino

ER Ambiente | Difesa del suolo, servizi tecnici e autorità di bacino > Sezioni > Piano di gestione del rischio alluvioni

Mappe pericolosità e rischio di alluvioni

fase 2: Mappe della pericolosità e del rischio di alluvione (art. 6 Direttiva 2007/60/CE e D.Lgs. 49/2010) - Le Mappe della pericolosità, degli elementi esposti e del rischio di alluvioni sono state approvate dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali il 23 dicembre 2013 e successivamente pubblicate.

Le Mappe sono elaborati entrati a far parte dei Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni approvati dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali il 3 marzo 2016.

Le Mappe della pericolosità, degli elementi esposti e del rischio di alluvioni relative al territorio della Regione Emilia-Romagna possono essere consultate nelle seguenti modalità:

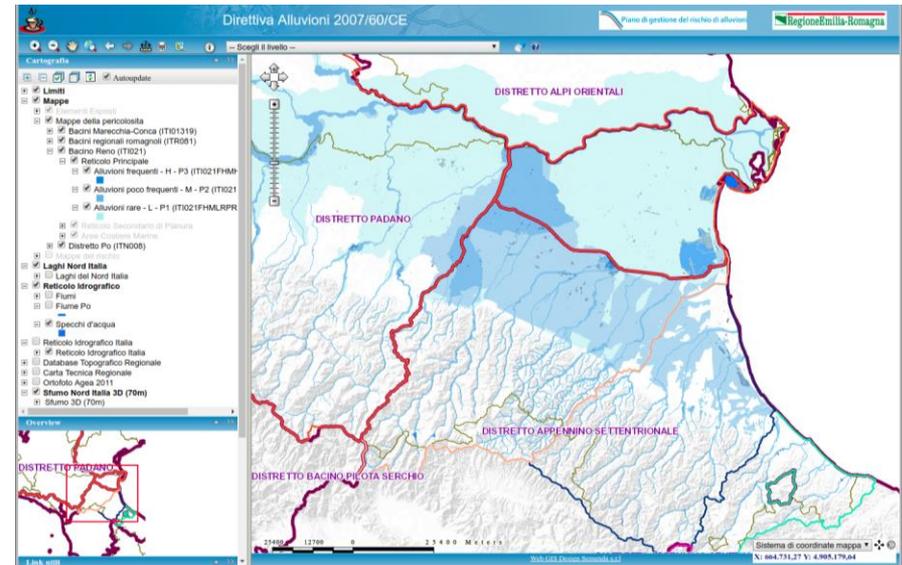
- cartografia interattiva con Moka Web Gis
- visualizza e scarica le tavole in formato .pdf
- scarica i file in formato vettoriale .shp su taglio comunale

Per specifiche richieste contattare
direttivaAlluvioni@regione.emilia-romagna.it

In evidenza
Piano di Gestione Rischio Alluvioni Direttiva 2007/60/CE

Chi siamo
Servizio difesa del suolo, della costa e bonifica
Servizi Tecnici di Bacino
Autorità di Bacino

Temi



Portale Web-GIS: http://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaWeb92/apps/DAW_339/mapviewer.jsf
per la visualizzazione e la consultazione delle mappe ai sensi della Direttiva 2007/60/CE (D.Lgs. 49/2010), a cura del Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica della regione ER.

MAPPATURA DELLA PERICOLOSITÀ (D.Lgs. 49/2010)

- alluvioni rare di estrema intensità: tempo di ritorno fino a **500 anni**;
- alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno fra **100 e 200 anni**;
- alluvioni frequenti: tempo di ritorno fra **20 e 50 anni**.

La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (D.Lgs. 49 del 2010)

Portale tematico Regione Emilia-Romagna



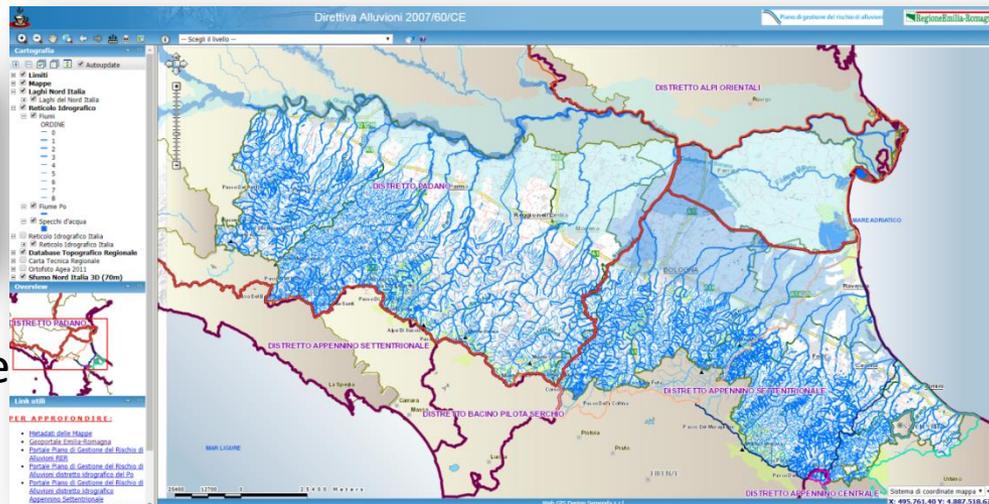
Portale Web-GIS

Mapa interattiva

cartografia interattiva con Moka Web Gis
visualizza e scarica le tavole in formato .pdf
scarica i file in formato vettoriale .shp su taglio comunale



Opzioni di consultazione



<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/suolo-bacino/sezioni/piano-di-gestione-del-rischio-alluvioni/mappe-peric-rischio-all>



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (D.Lgs. 49 del 2010)

Portale tematico Regione Emilia-Romagna



cartografia interattiva con Moka Web Gis

visualizza e scarica le tavole in formato .pdf

scarica i file in formato vettoriale .shp su taglio comunale



Opzioni di consultazione

Tavole di dettaglio Indice per Comune

INDICE per COMUNE delle Mappe della pericolosità, degli elementi esposti e del rischio di alluvioni per la predisposizione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni

- > PROVINCIA DI PIACENZA
- > PROVINCIA DI PARMA
- > PROVINCIA DI REGGIO NELL'EMILIA
- > PROVINCIA DI MODENA
- > PROVINCIA DI BOLOGNA
- > PROVINCIA DI FERRARA
- > PROVINCIA DI RAVENNA
- > PROVINCIA DI FORLÌ-CESENA
- > PROVINCIA DI RIMINI



PROVINCIA DI PIACENZA	Mappe Pericolosità ed Elementi esposti - Reticolo Principale e Secondario Collinare Montano (RP_RSCM) - Reticolo Secondario Pianura (RSP) - Ambito Costiero Marino (ACM)	Mappe del Rischio - Reticolo Principale e Secondario Collinare Montano (RP_RSCM) - Reticolo Secondario Pianura (RSP) - Ambito Costiero Marino (ACM)
AGAZZANO	RP_RSCM: 161SE 161SO 179NE 179NO RSP: 161SE 161SO 179NE 179NO	RP_RSCM: 161SE 161SO 179NE 179NO RSP: 161SE 161SO 179NE 179NO
ALSENO	RP_RSCM: 180NE 180SE 181NO 181SO RSP: 180NE 180SE 181NO 181SO	RP_RSCM: 180NE 180SE 181NO 181SO RSP: 180NE 180SE 181NO 181SO
BESENZONE	RP_RSCM: 162SE 163SO 180NE 181NO RSP: 162SE 163SO 180NE 181NO	RP_RSCM: 162SE 163SO 180NE 181NO RSP: 162SE 163SO 180NE 181NO
BETTOLA	RP_RSCM: 179SE 180SO 197NE 197NO 198NO	RP_RSCM: 179SE 180SO 197NE 197NO 198NO
BOBBIO	RP_RSCM: 178SE 179SO 196NE 197NO	RP_RSCM: 178SE 179SO 196NE 197NO
BORGONOVO VAL TIDONE	RP_RSCM: 161SE 161SO 179NO RSP: 161SE 161SO 179NO	RP_RSCM: 161SE 161SO 179NO RSP: 161SE 161SO 179NO



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (D.Lgs. 49 del 2010)

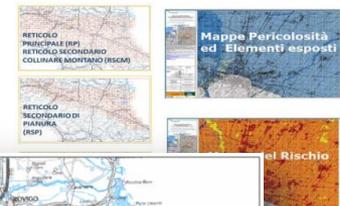
Portale tematico Regione Emilia-Romagna



Tavole di dettaglio Indice per Comune

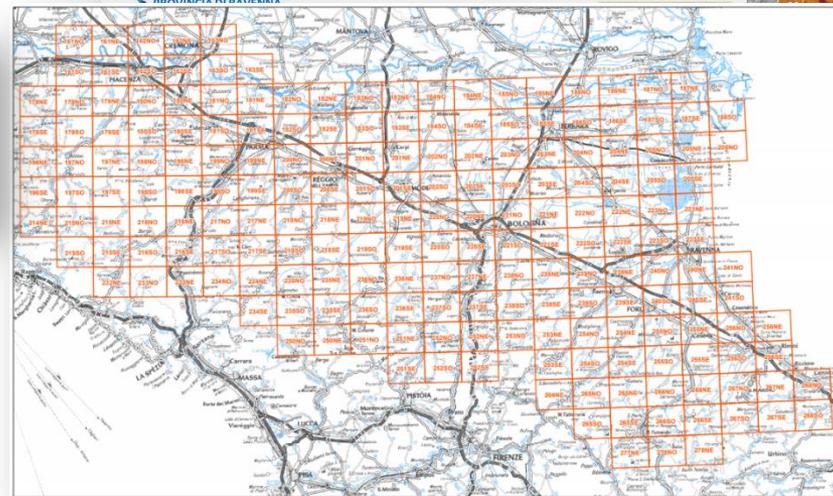
INDICE per COMUNE delle Mappe della pericolosità, degli elementi esposti e del rischio di alluvioni per la predisposizione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni

- PROVINCIA DI PIACENZA
- PROVINCIA DI PARMA
- PROVINCIA DI REGGIO NELL'EMILIA
- PROVINCIA DI MODENA
- PROVINCIA DI BOLOGNA
- PROVINCIA DI FERRARA
- PROVINCIA DI RAVENNA



cartografia interattiva con Moka Web Gis
visualizza e scarica le tavole in formato .pdf
scarica i file in formato vettoriale .shp su taglio comunale

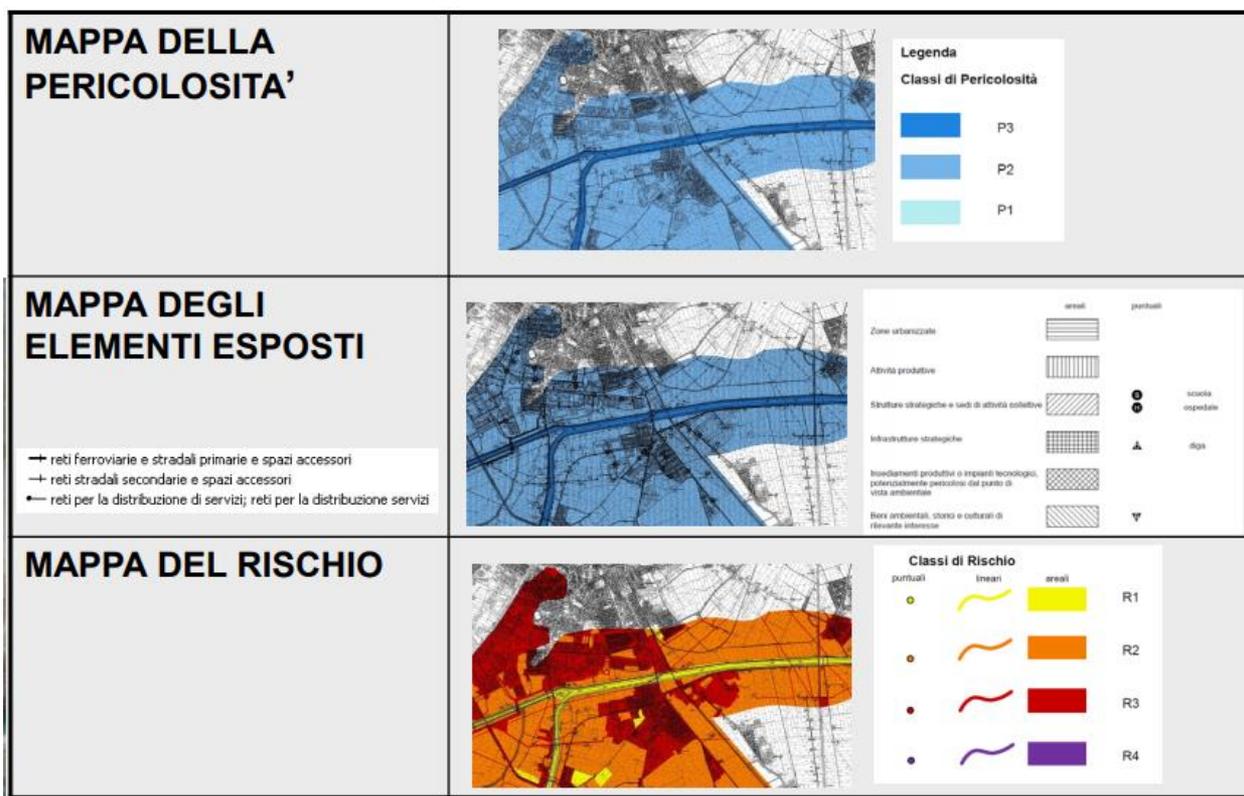
Indice per
Foglio



La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (D.Lgs. 49 del 2010)

Portale tematico Regione Emilia-Romagna

Informazioni disponibili



La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (D.Lgs. 49 del 2010)

Portale tematico Regione Emilia-Romagna

Piano di gestione del rischio di alluvioni

Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni
Mappa della pericolosità e degli elementi particolarmente esposti
(art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010)

Area di studio: territorio rurale principale e accentrato
Del consorzio nella sezione del Consorzio Intercomunale dell'area di bacino dell'Arno dal 23/12/2013 (previsto Approvato Settembrile)

220SE - BOLOGNA SUD-OVEST

Scala 1:25,000



Legenda

Simbolo	Descrizione
[Area in blu scuro]	Area a rischio di alluvione
[Area in blu medio]	Area a rischio di alluvione moderato
[Area in blu chiaro]	Area a rischio di alluvione lieve
[Area in verde]	Area a rischio di alluvione molto lieve
[Area in giallo]	Area a rischio di alluvione molto moderata
[Area in rosso]	Area a rischio di alluvione molto alta
[Area in grigio]	Area non a rischio di alluvione

Elementi Esposti

Simbolo	Descrizione
[Linea con trattini]	reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori
[Linea con punti]	reti stradali secondarie e spazi accessori
[Linea con asterisco]	reti per la distribuzione di servizi; reti per la distribuzione servizi



MAPPA DELLA
PERICOLOSITA'

MAPPA DEGLI
ELEMENTI ESPOSTI

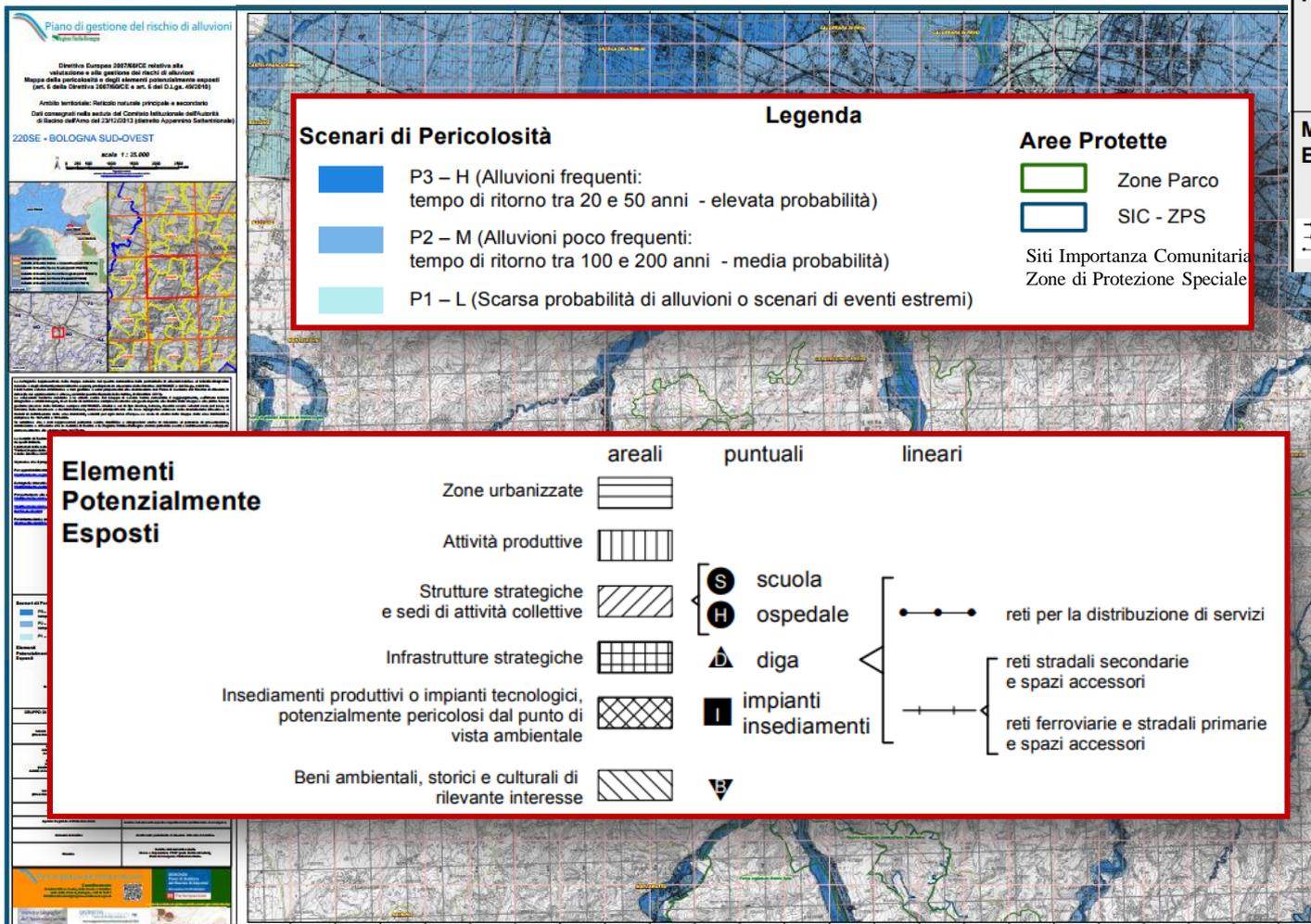
- reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori
- - - reti stradali secondarie e spazi accessori
- * * * reti per la distribuzione di servizi; reti per la distribuzione servizi



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (D.Lgs. 49 del 2010)

Portale tematico Regione Emilia-Romagna



MAPPA DELLA PERICOLOSITA'

MAPPA DEGLI ELEMENTI ESPOSTI

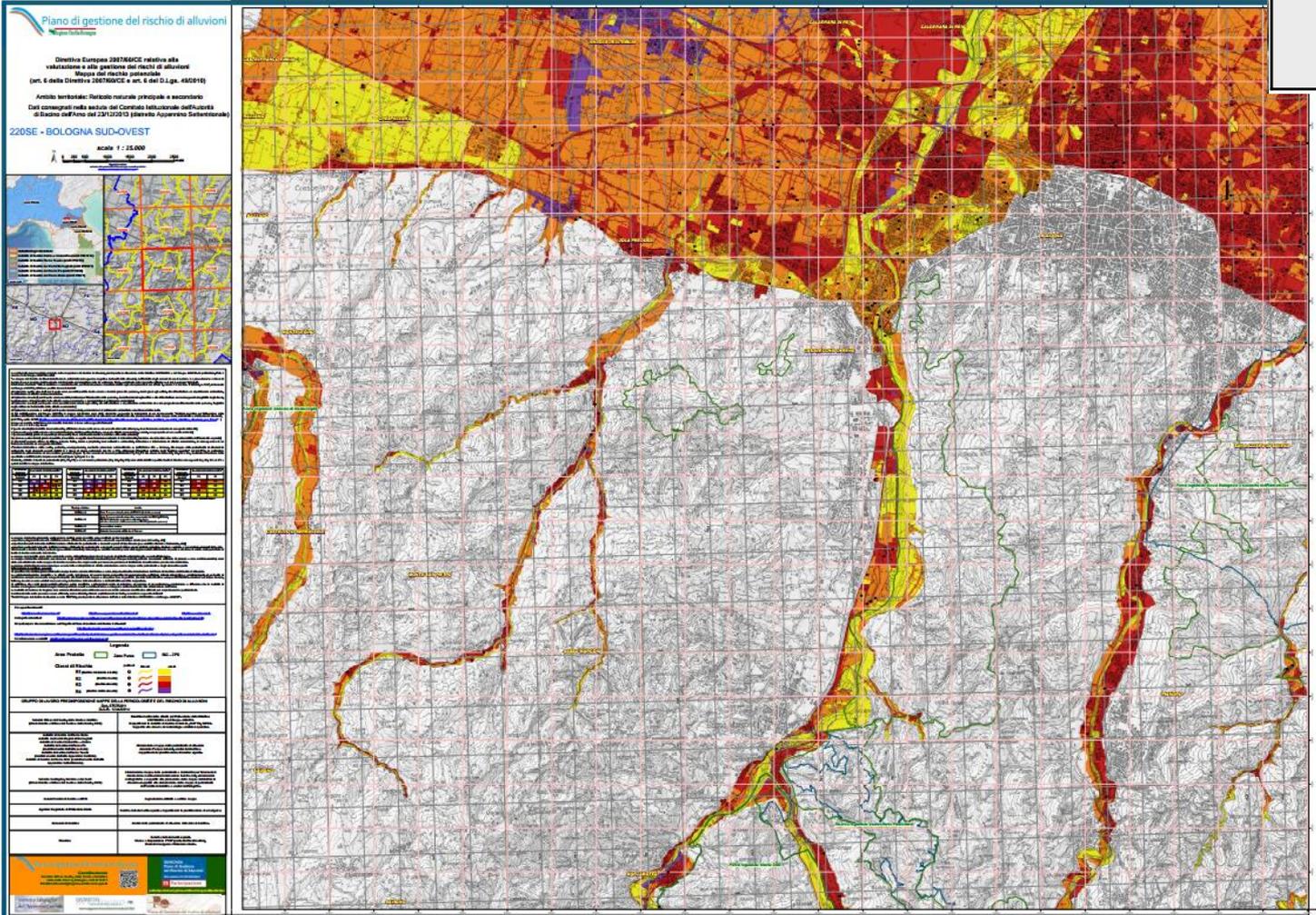


ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (D.Lgs. 49 del 2010)

Portale tematico Regione Emilia-Romagna

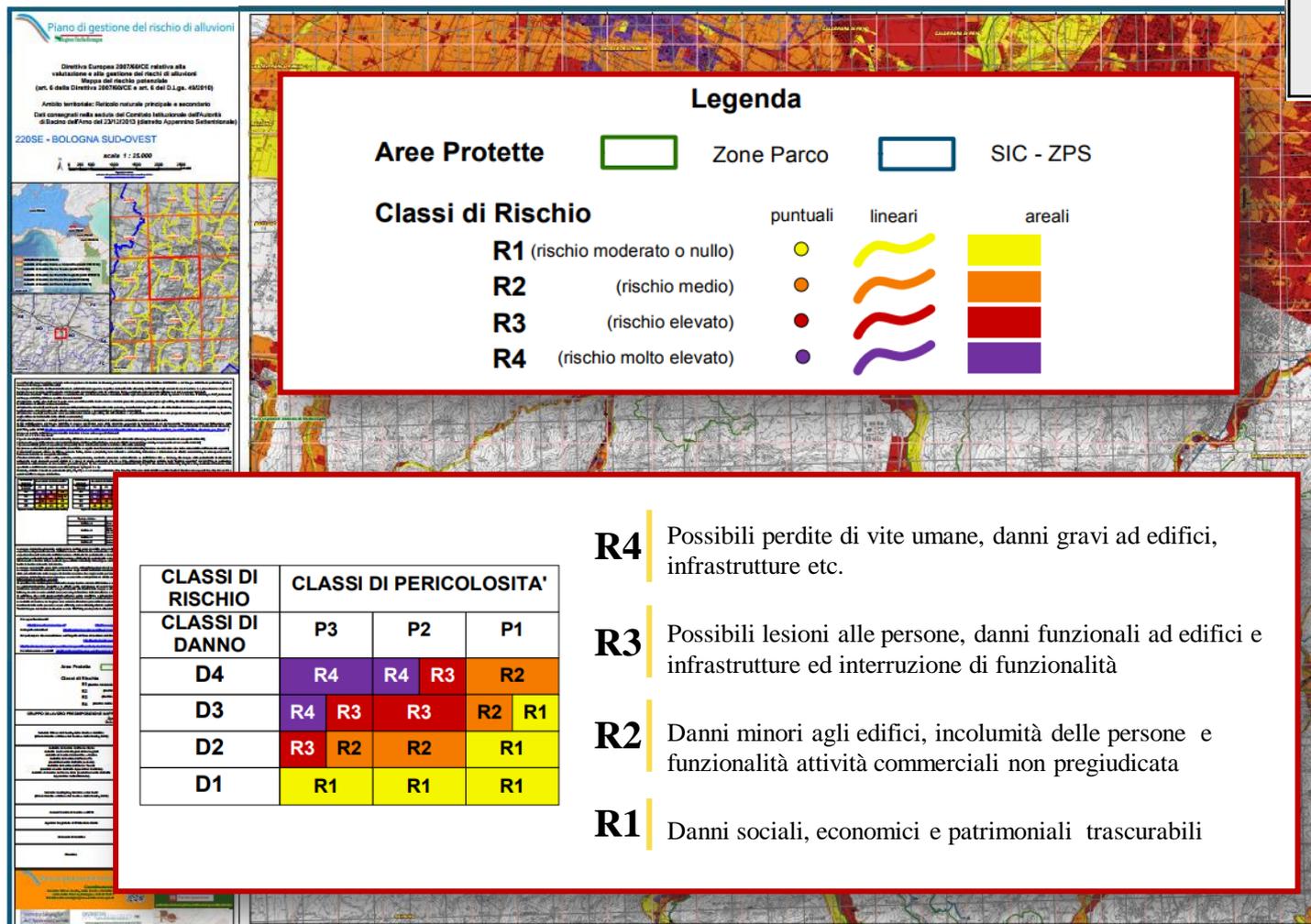
MAPPA DEL RISCHIO



La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (D.Lgs. 49 del 2010)

Portale tematico Regione Emilia-Romagna

MAPPA DEL RISCHIO



Dinamiche del rischio alluvionale

Il rischio alluvionale sta cambiando?
Se sì, quali sono le cause principali?



Equazione del Rischio

$$R = H \cdot E \cdot V$$

Componente
naturale

Componente
antropica



Componente naturale: Il clima sta cambiando? Se sì, perché?

Principali interrogativi al riguardo di cambiamenti climatici:

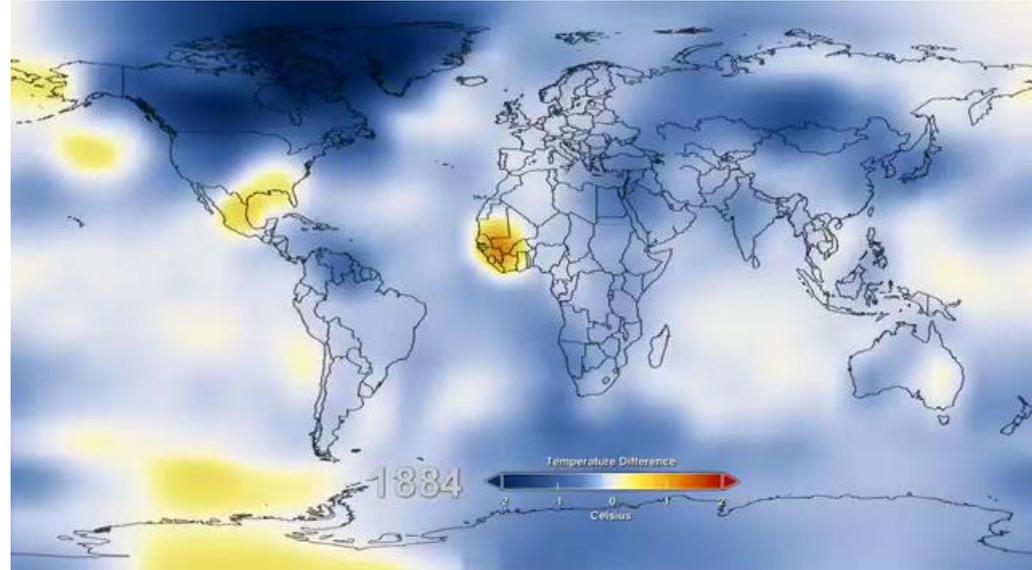
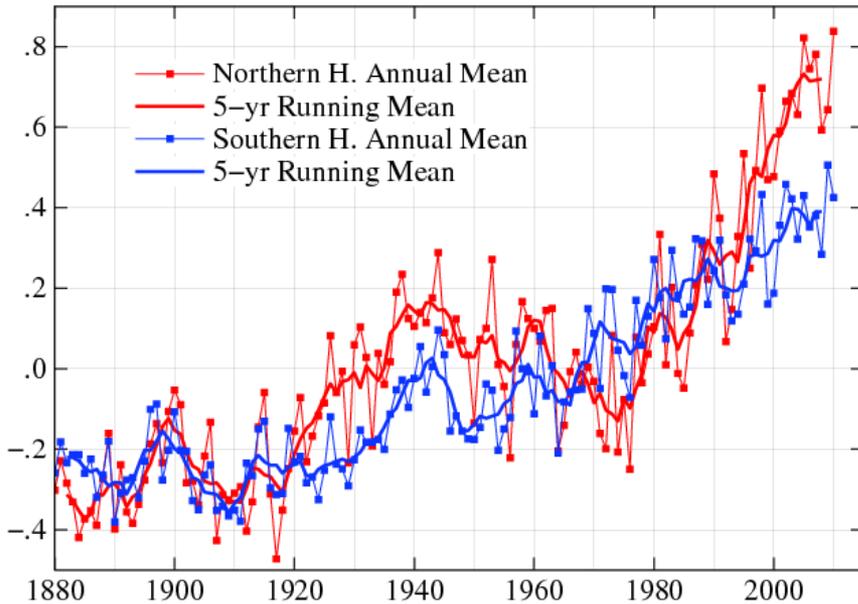
- Il clima sta cambiando? La risposta è tutt'altro che chiara.
- Ammesso che il clima stia effettivamente cambiando, quali sono le ragioni che hanno indotto il cambiamento? Anche in questo caso, la risposta è tutt'altro che chiara.

Rispondere non è facile. Le osservazioni climatiche regolari sono iniziate solo “recentemente” (non più di 300 anni or sono) e le strumentazioni si sono notevolmente evolute in quest'arco temporale.



Variabilità delle temperature a scala globale

Hemispheric Temperature Change



NASA, Goddard Institute for Space Studies http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/

Una recente ricerca ha dimostrato che in numerose stazioni di rilevamento euro asiatiche il trend di crescita della temperatura nel periodo 1881-1980 è statisticamente significativo solo in pochissimi casi, perlopiù localizzati in Scandinavia ed Islanda (Franzke, GRL, 2012)

La comunità scientifica è divisa fra “scettici” ed “ortodossi”.

Esempio eclatante: il “climategate”

(http://en.wikipedia.org/wiki/Climatic_Research_Unit_email_controversy)



Attendibilità dei trend

Danubio@Vienna – Massimi annuali di portata media giornaliera (73 anni)

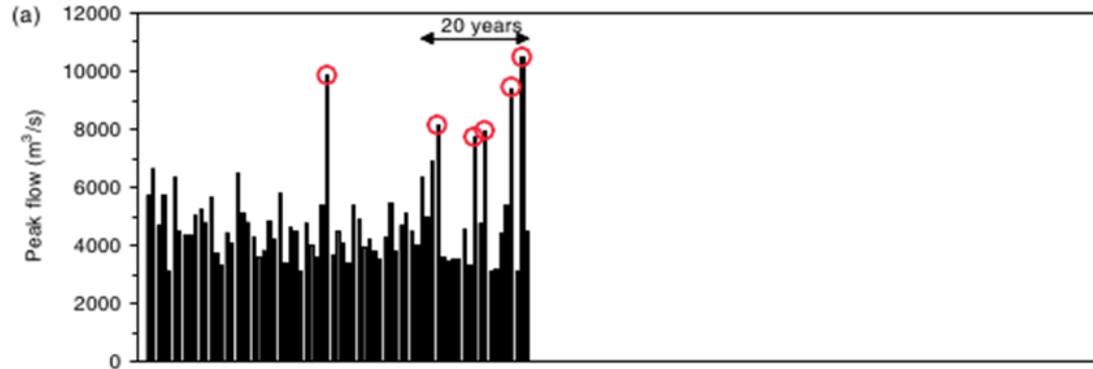


Figure 2. (a) Annual maximum floods of the Danube at Vienna for 73 years (100 000 km² catchment area). Five of the six largest floods have occurred in the last two decades. (b) Entire record 1828–2008. Redrawn from Blöschl and Merz (2008)



Attendibilità dei trend

Danubio@Vienna – Massimi annuali di portata media giornaliera

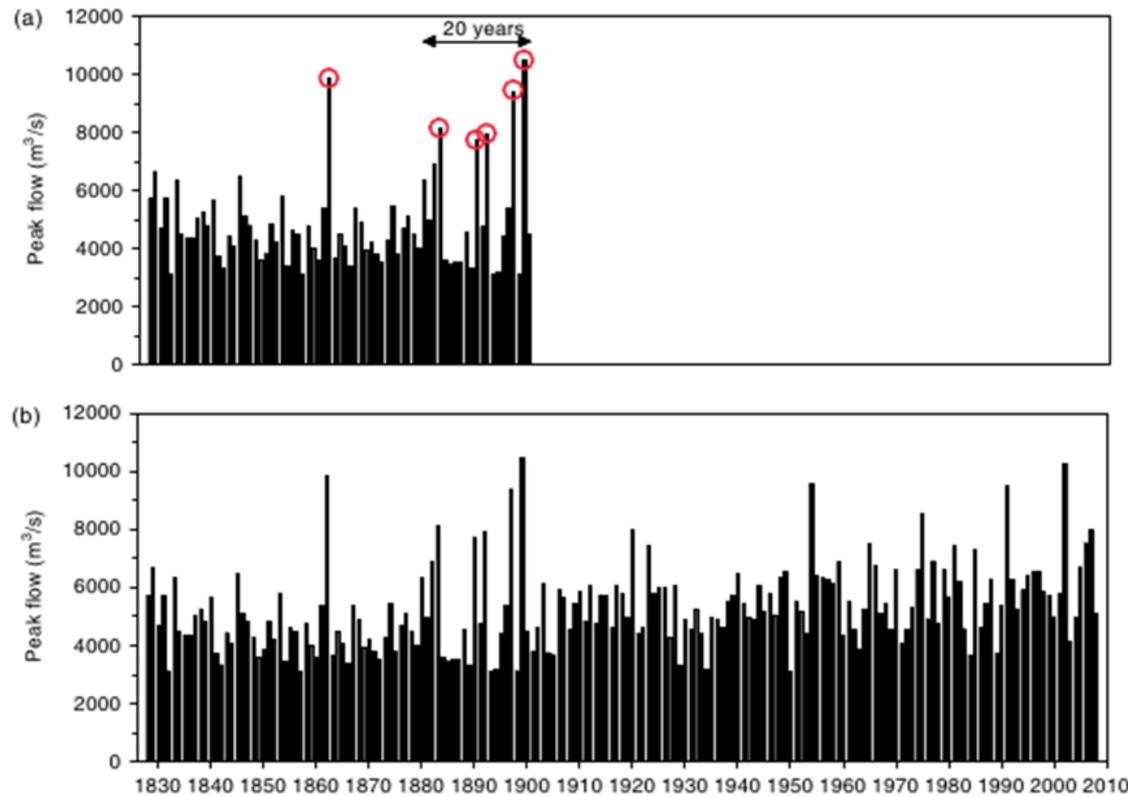
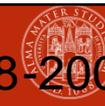


Figure 2. (a) Annual maximum floods of the Danube at Vienna for 73 years (100 000 km² catchment area). Five of the six largest floods have occurred in the last two decades. (b) Entire record 1828–2008. Redrawn from Blöschl and Merz (2008)



Le precipitazioni stanno cambiando?

What about trends or abrupt changes in frequency or intensity?

We selected the longest 10 series having a *continuous* observation period of *at least 20 years* of data

Significant results for Mann-Kendall test $d = 1 \text{ h}$

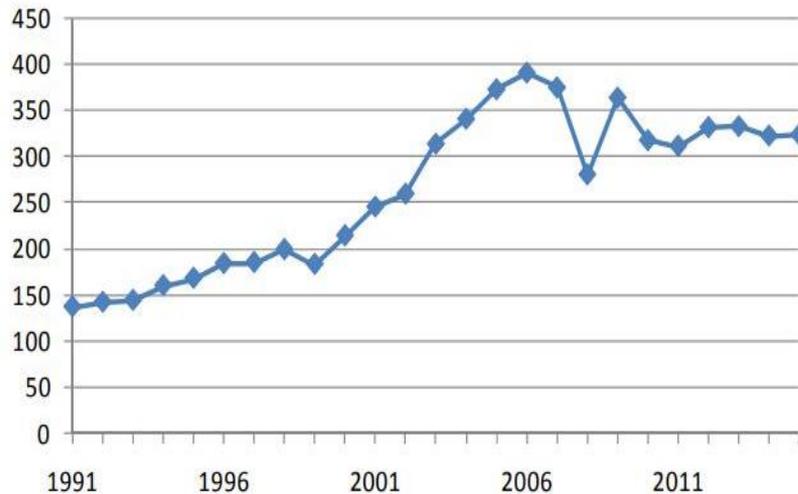
AMS series of h [mm] 4

POT series of h [mm] 3

No significant changes for longer rainfall duration ($d = 3, 6, 12$ hours)



Numero di sensori



Name	Altitude [m a.s.l.]	No. years (No. AMS)	No. POT (*)
Bologna Idrografico	53	80	415
Cervia	2	69	197
Pracchia	620	88	487
San Cassiano	230	68	395

Le portate fluviali stanno cambiando?

Pettitt test (Mean)

Northern Apennines

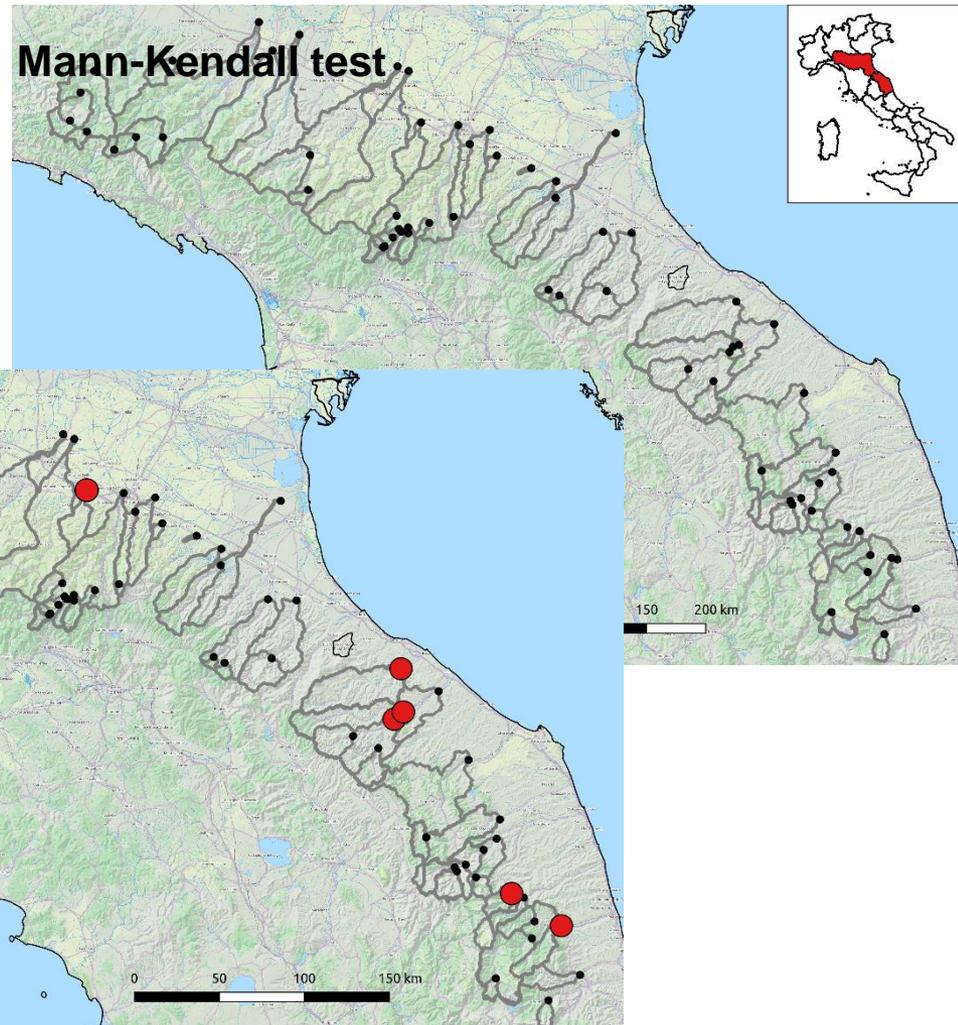
AMS for the period 1920-2014

64 river cross-sections

Minimum, median and maximum series lengths are equal to 5, 26 and 89 years, in this order.

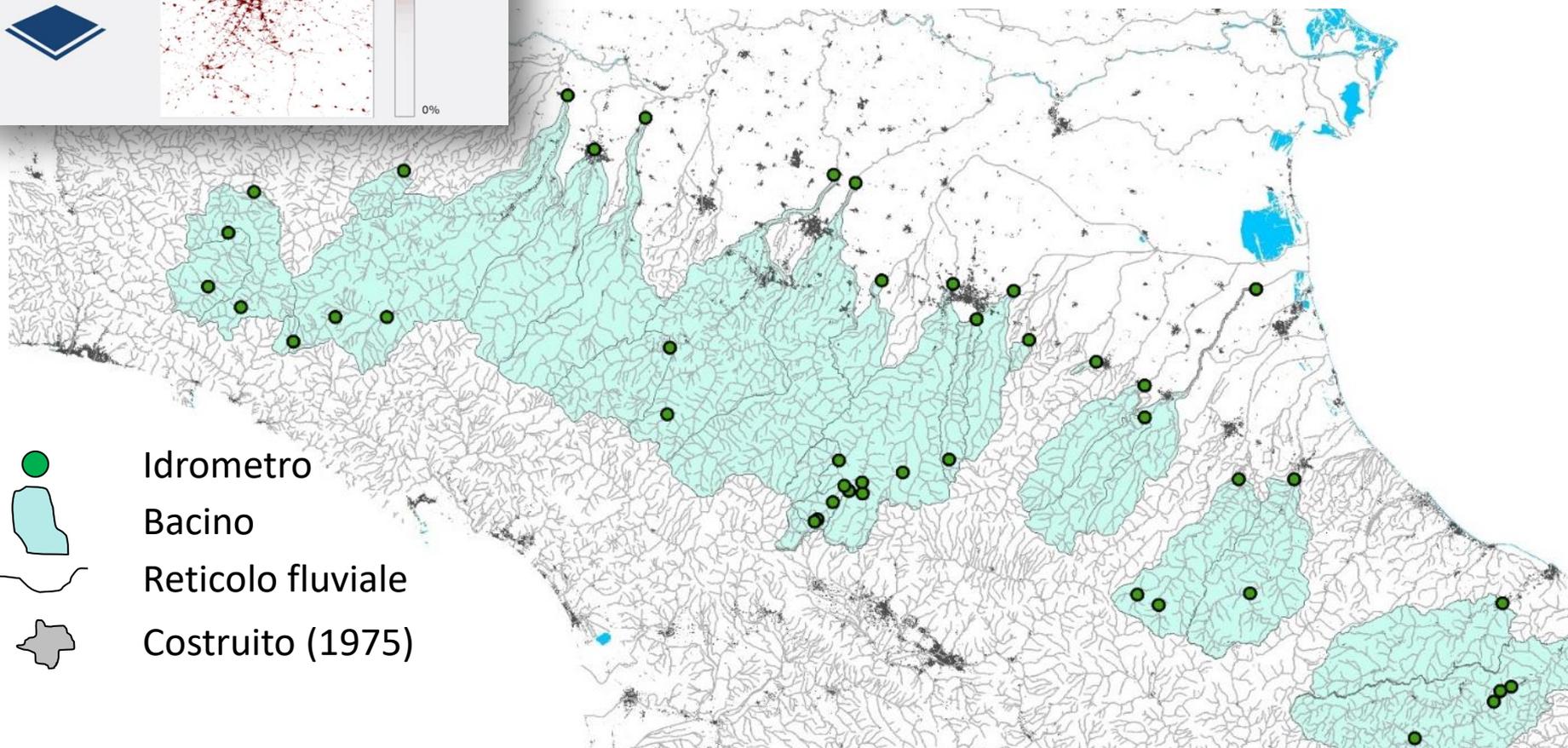
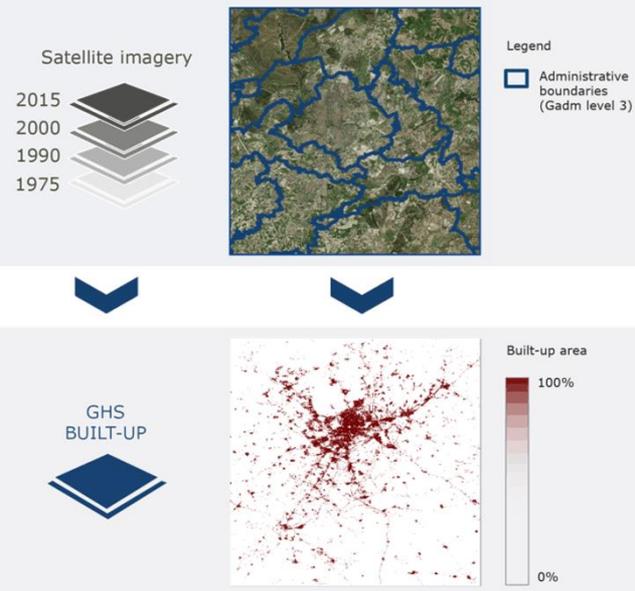
Pettitt	Mann-Kendall
10	7
2 ●	0 ●
8 ●	7 ●

- Increasing trend
- Decreasing trend

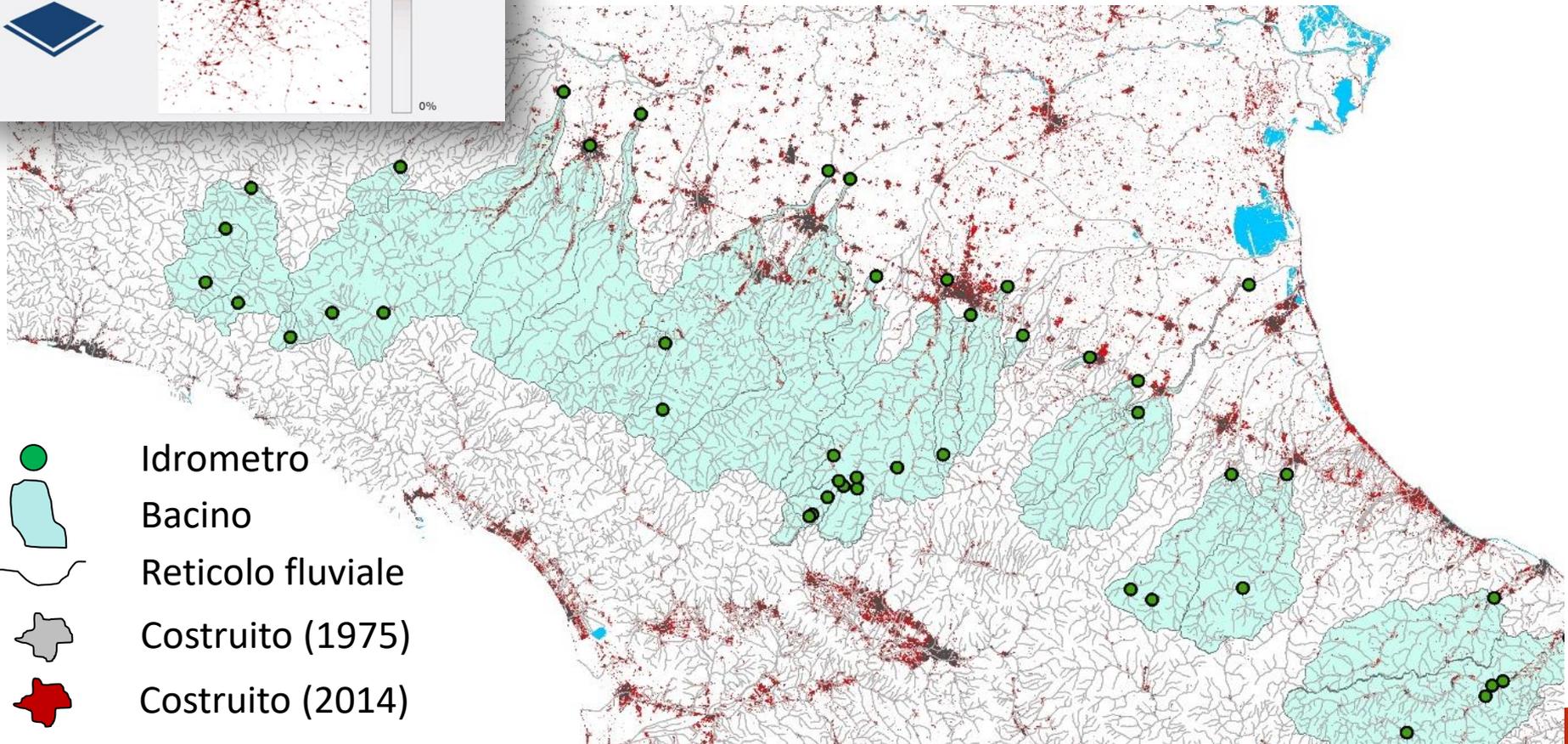
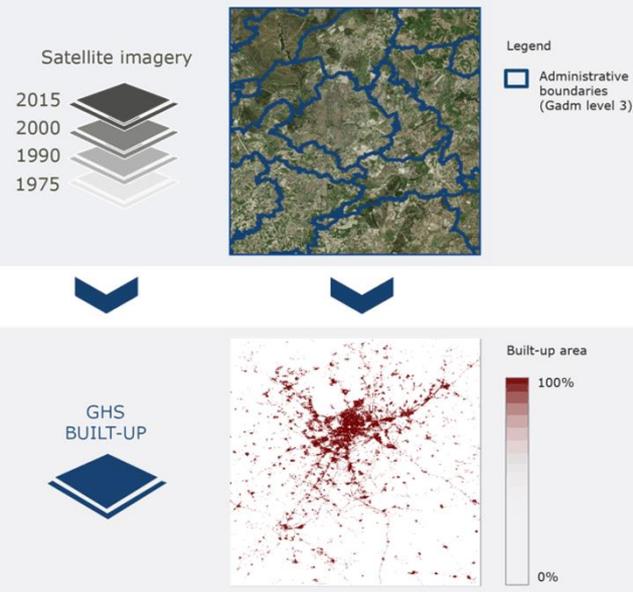


Change point years between 1934 and 1982 (median: 1959)

Vulnerabilità ed esposizione stanno cambiando?



Vulnerabilità ed esposizione stanno cambiando?

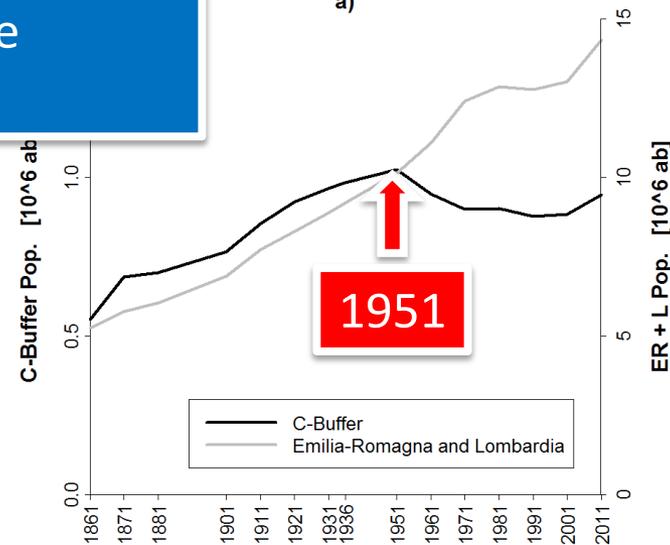


Vulnerabilità ed esposizione stanno cambiando?

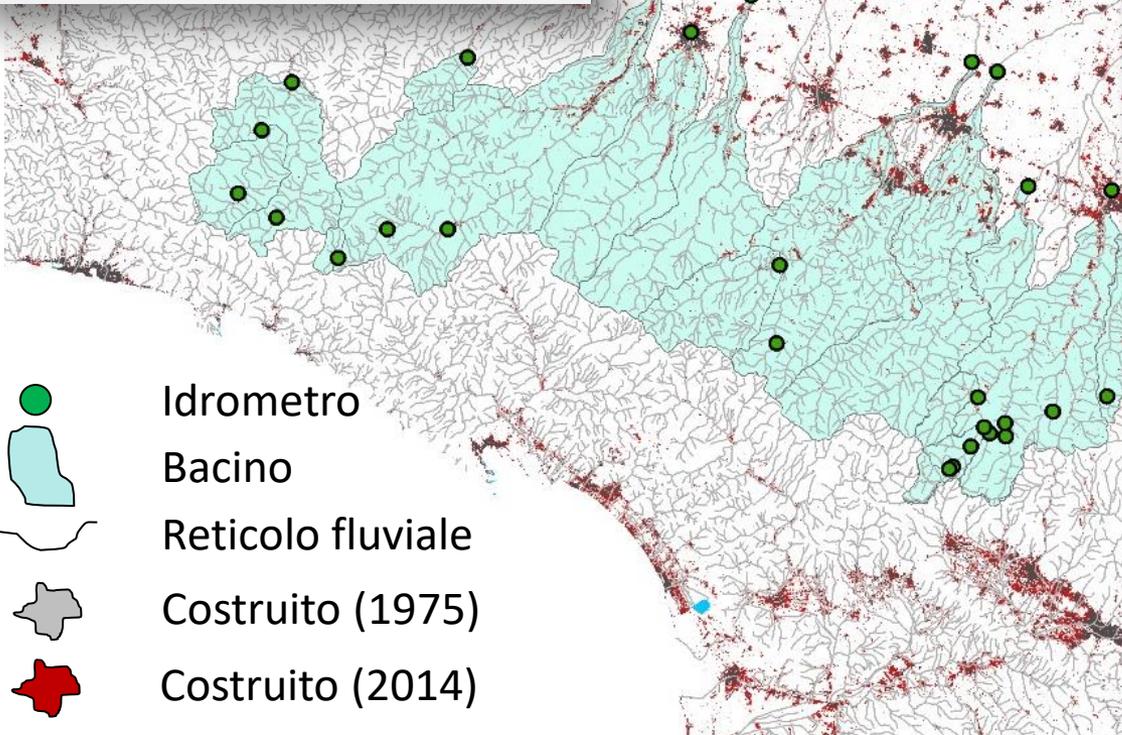
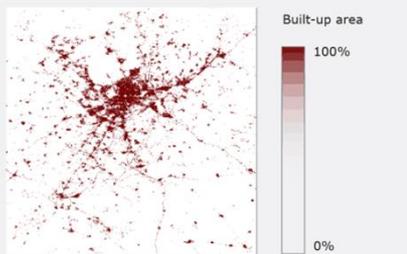
Dati ISTAT (1861 – 2011)
Emilia-Romagna e Lombardia

Population dynamics

a)

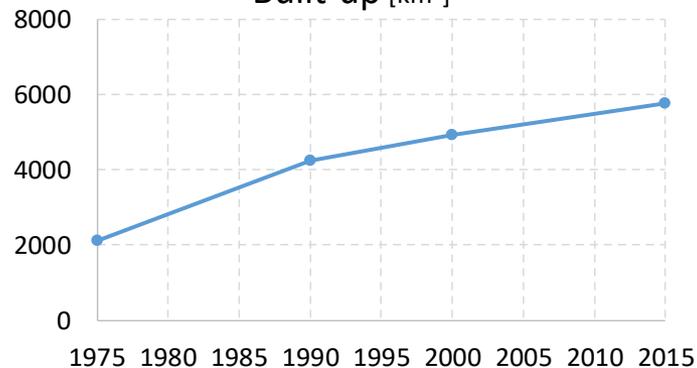


GHS BUILT-UP



-  Idrometro
-  Bacino
-  Reticolo fluviale
-  Costruito (1975)
-  Costruito (2014)

Built-up [km²]



Levee-Effect

Effetti del continuo innalzamento ed estensione del sistema arginale

- Riduzione della laminazione delle portate
- Maggior velocità di propagazione



Title: The Lev

Graham A. Publication:

Credits: G. Di Baldassarre

Journal of the American Water Resources Association,

vol. 31, issue 3, pp. 359-367 Publication Date:

06/1995 Origin: WEB:

Tobin,
A MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Conclusioni





ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Attilio Castellarin

Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica,
Ambientale e dei Materiali
DICAM

attilio.castellarin@unibo.it

www.unibo.it/sitoweb/attilio.castellarin