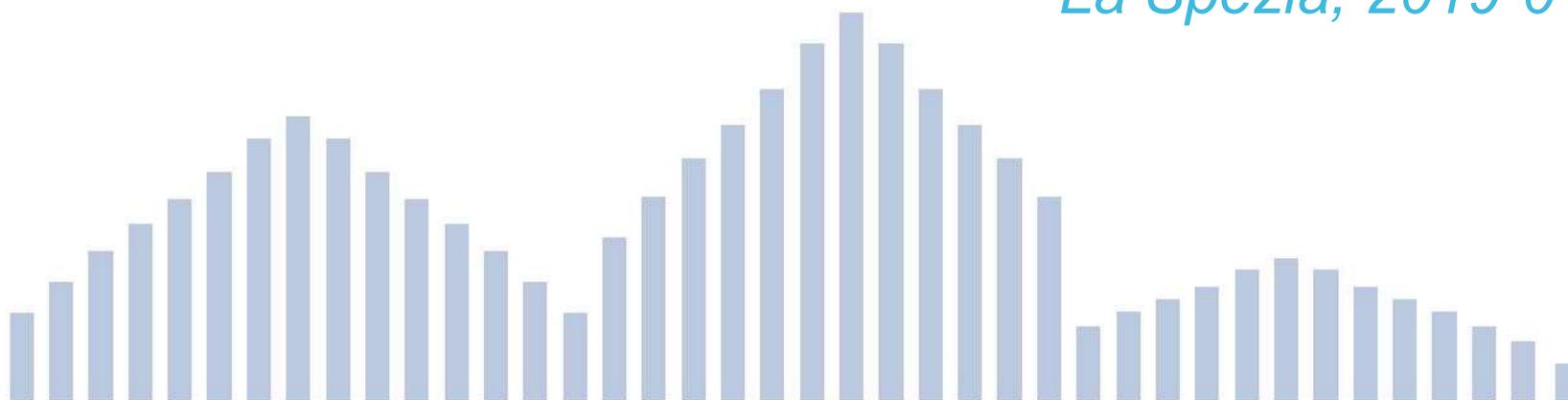
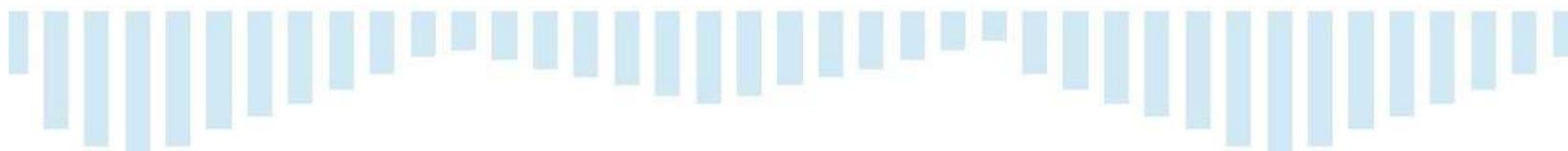


*La Spezia, 2019-01-24*



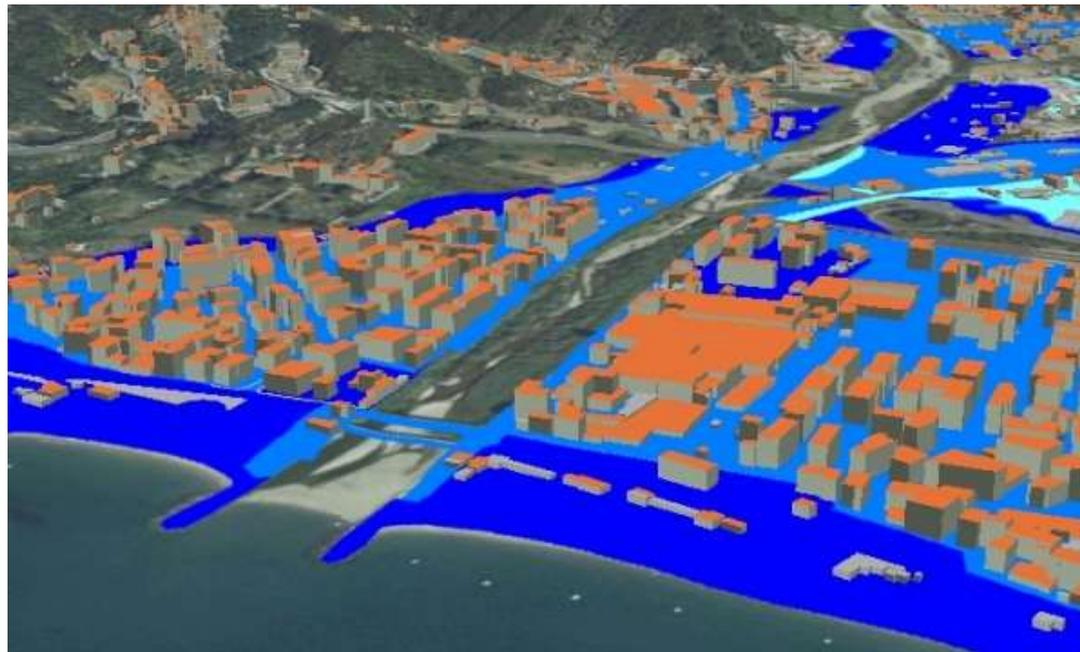
## SCENARI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA E MODELLI DI CLASSIFICAZIONE STATISTICA

### Descrizione del metodo e applicazione a La Spezia



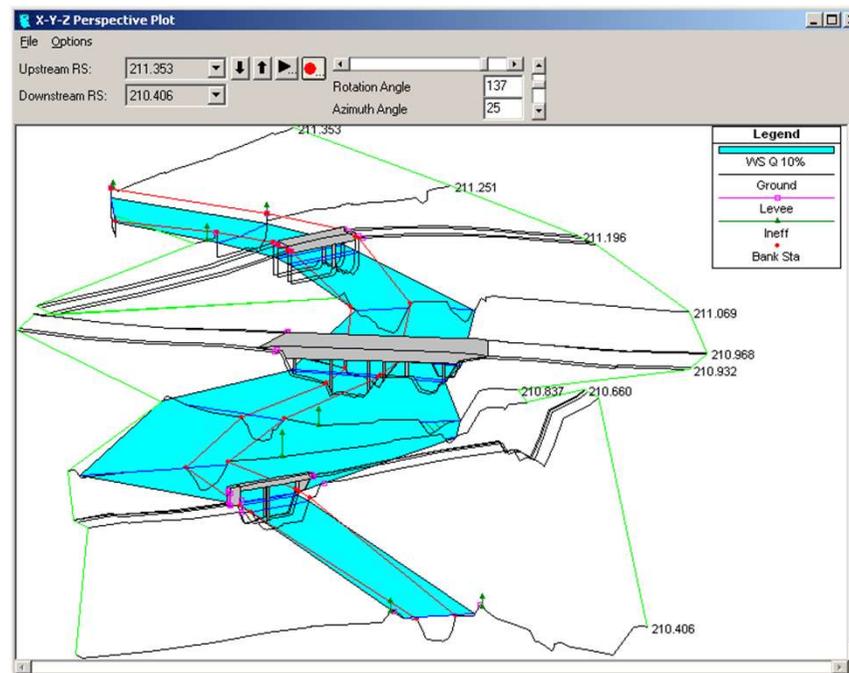
**Ivan Marchesini, Mauro Rossi, Paola Salvati, Marco Donnini,  
Francesca Ardizzone, Stefano Gariano**  
**CNR IRPI**

Create una cartografia delle aree inondabili significa **classificare** il territorio in funzione della sua propensione ad essere allagato

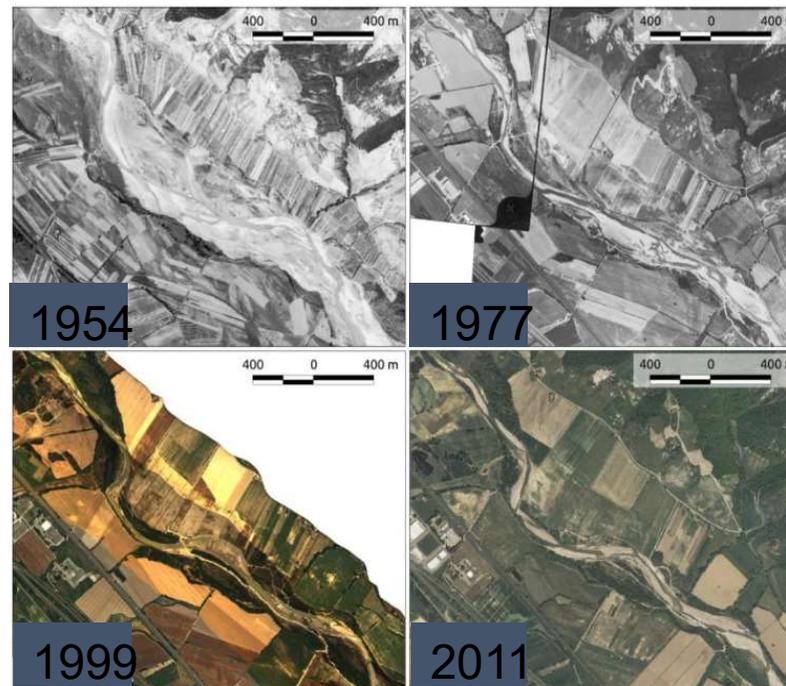


<http://www.landcity.it/index.php/k2-4/item/325-cave-e-aree-inondabili-in-3d-dalla-regione-liguria>

La propensione, di un territorio, a subire inondazioni viene tipicamente valutata mediante efficaci modelli idraulici mono- e bi-dimensionali

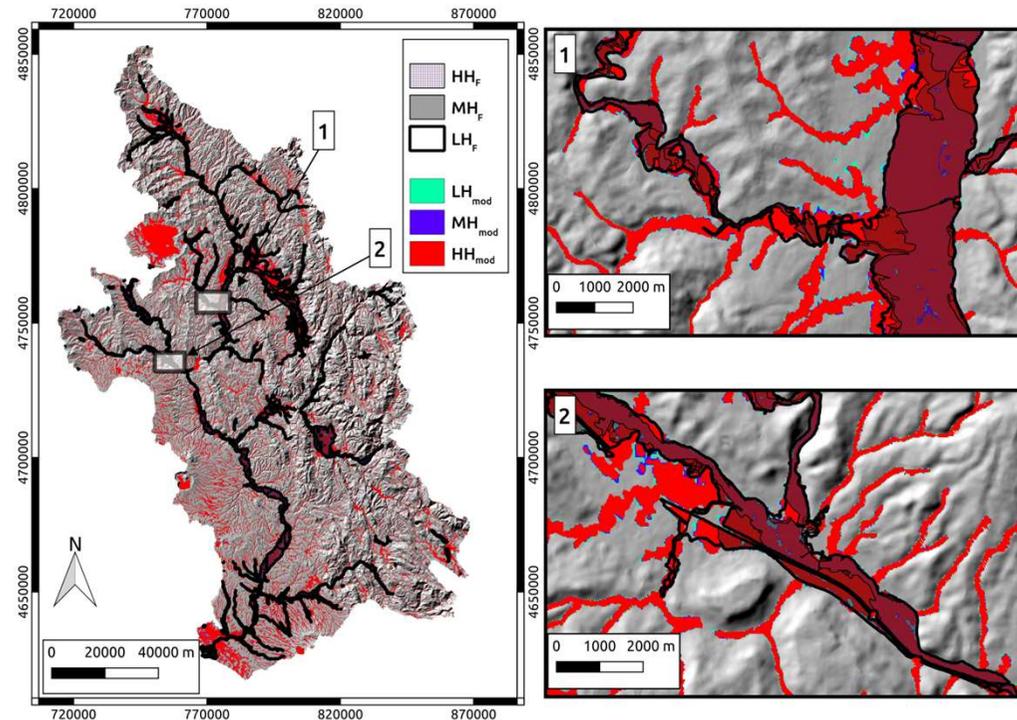
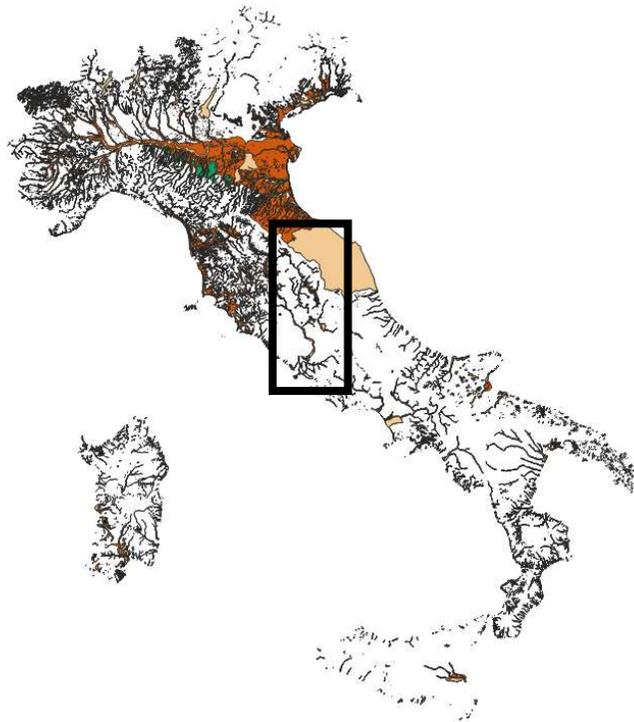


L'applicazione di questi modelli è condizionata dalla disponibilità di dati geometrici accurati, da riacquisire ciclicamente, perché la morfologia del territorio e dei fiumi è soggetta a forti variazioni, anche rapide



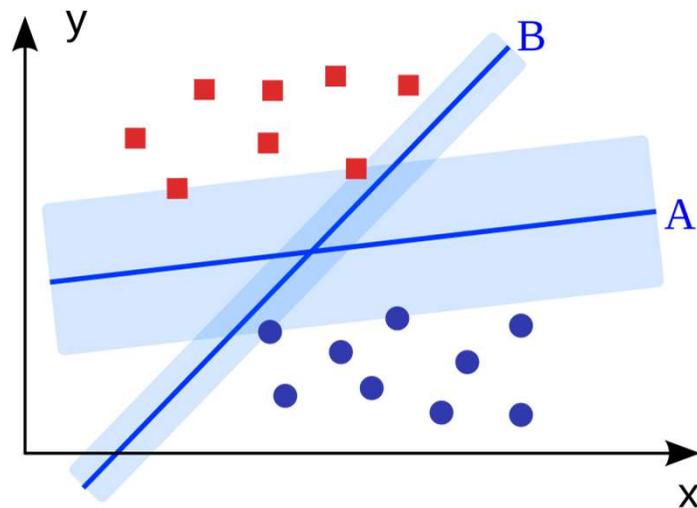
Cencetti et al. 2013

La necessità di dati accurati e frequenti ha limitato e limita la classificazione della propensione all'inondazione, soprattutto lungo le aste fluviali minori



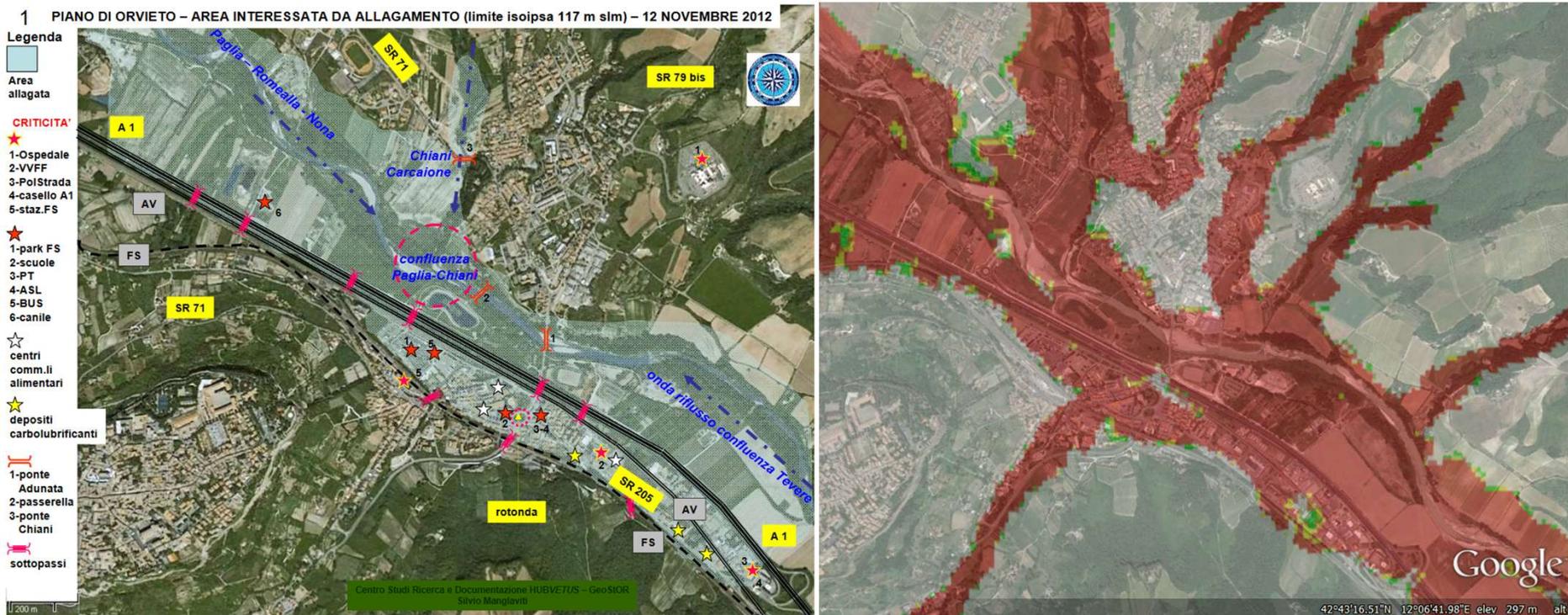
Mosaicatura delle aree a pericolosità idraulica (ISPRA-2015), recepimento Direttiva Alluvioni 2007/60/CE

Un approccio alternativo/complementare a quello basato sulla modellistica idraulica è quello che sfrutta algoritmi di classificazione statistica per effettuare la zonazione della propensione all'inondazione



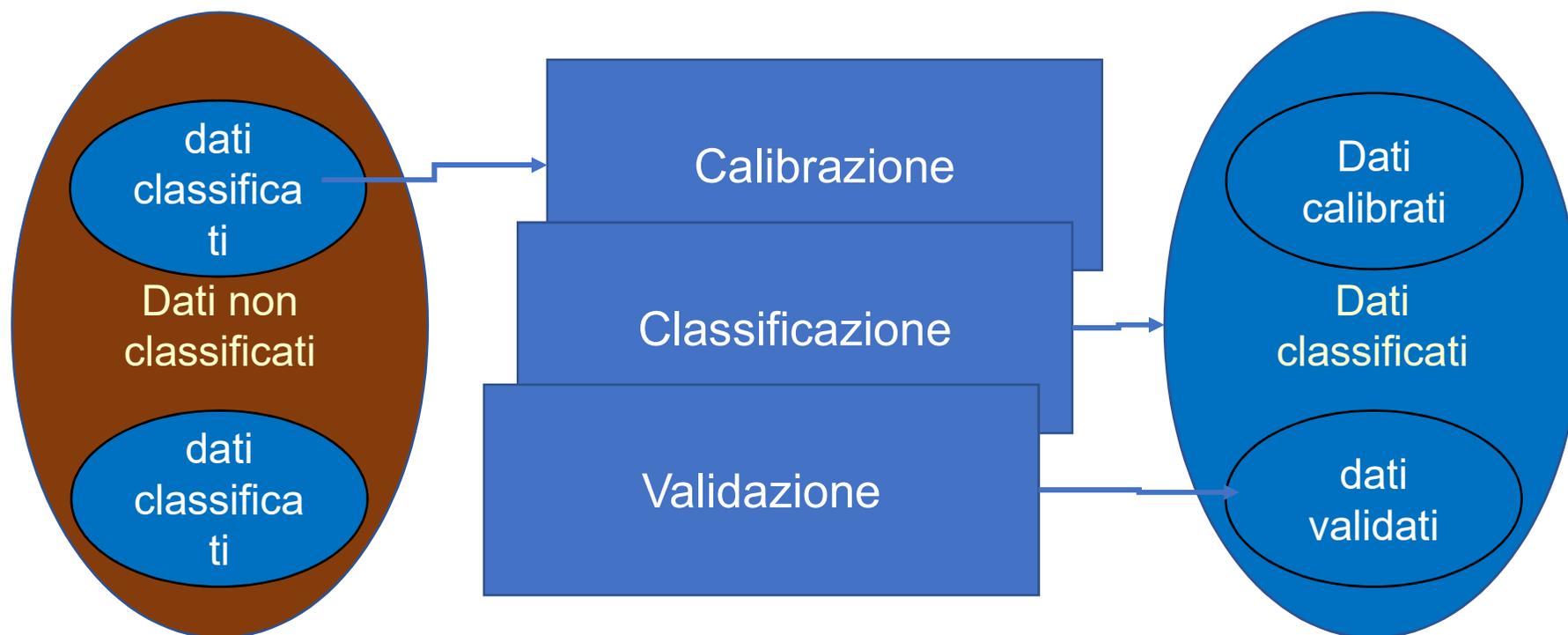
Mosaicatura delle aree a pericolosità idraulica (ISPRA-2015), recepimento Direttiva Alluvioni 2007/60/CE

## Esempio di applicazione della classificazione statistica su aree inondate (centro italia - 2012)



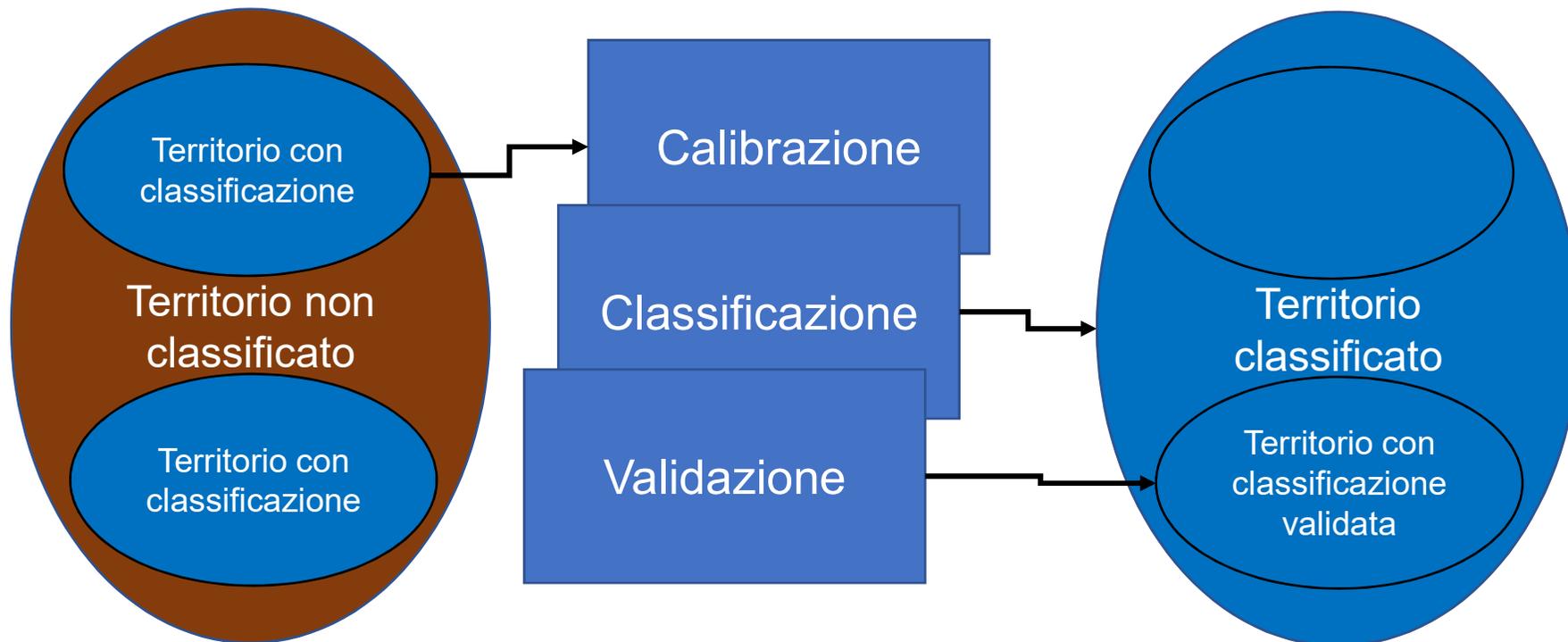
## Gli algoritmi di classificazione statistica

1. imparano da dati già classificati
2. classificano i dati non classificati
3. devono essere validati



Per la classificazione delle aree inondabili:

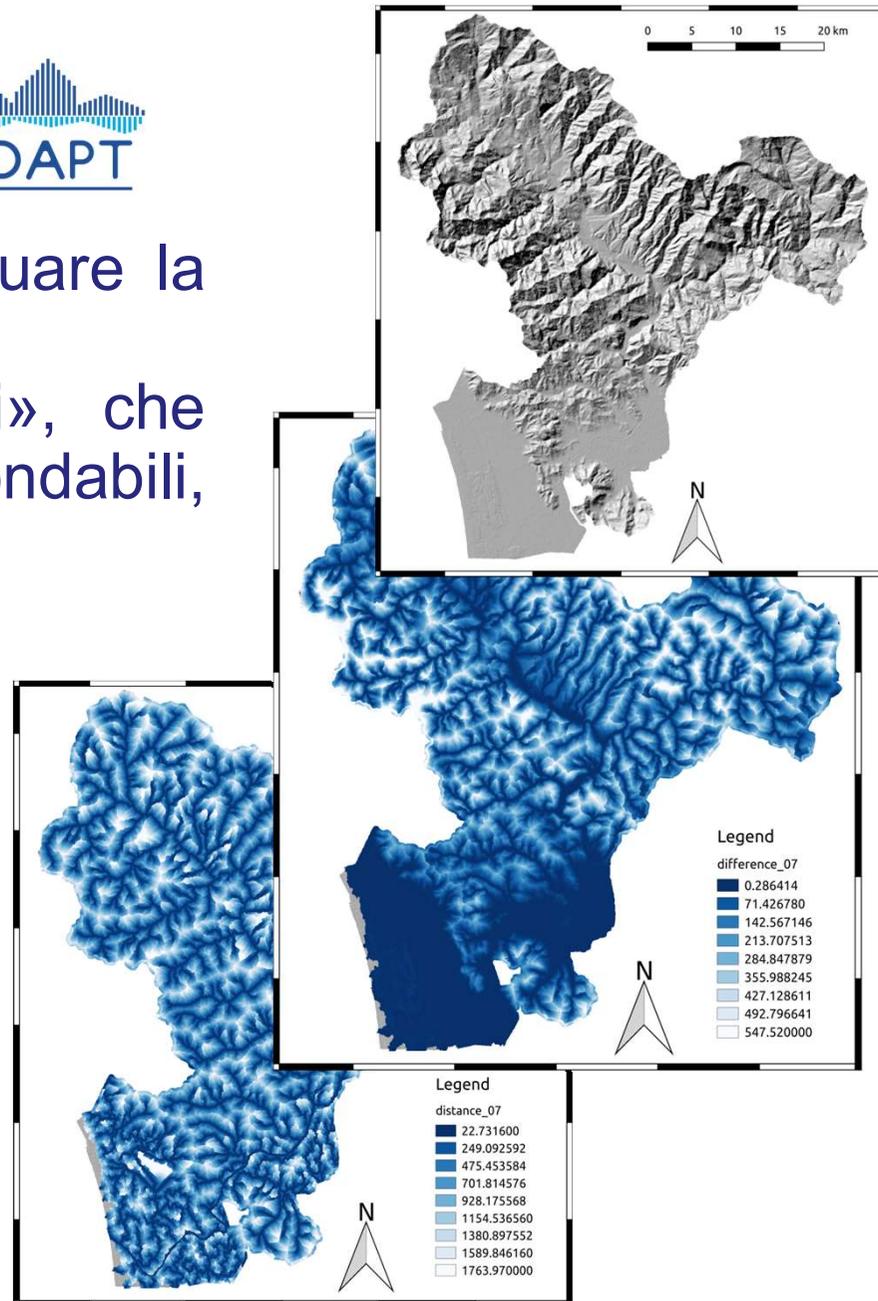
1. I dati classificati sono la aree su cui esiste zonazione pericolosità di inondazione
2. I dati non classificati sono tutte le aste fluviali su cui non è stata fatta zonazione PAI



Cosa si utilizza per effettuare la classificazione?

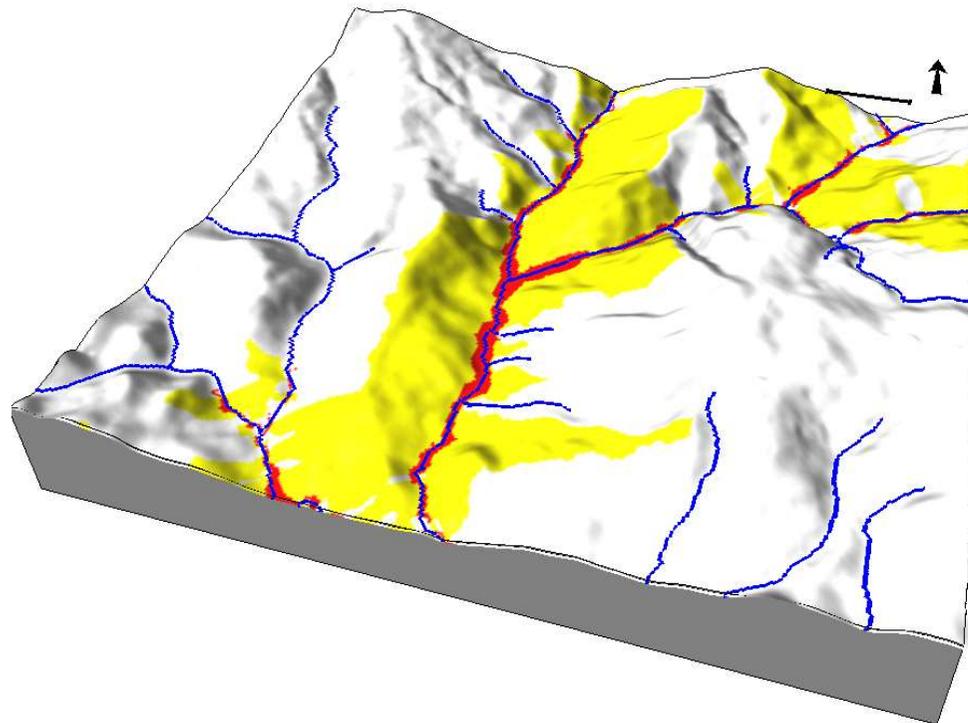
Le «variabili indipendenti», che nel caso della aree inondabili, sono mappe:

- distanza idrologica dal fiume (L)
- altezza idrologica dal fiume (H)
- altezza idrologica dalla foce (Hd)
- pendenza (S)
- classificazione del bacino in base all'ordine del reticolo fluviale secondo (Shreve, 1966), (O)
- scabrezza (R).



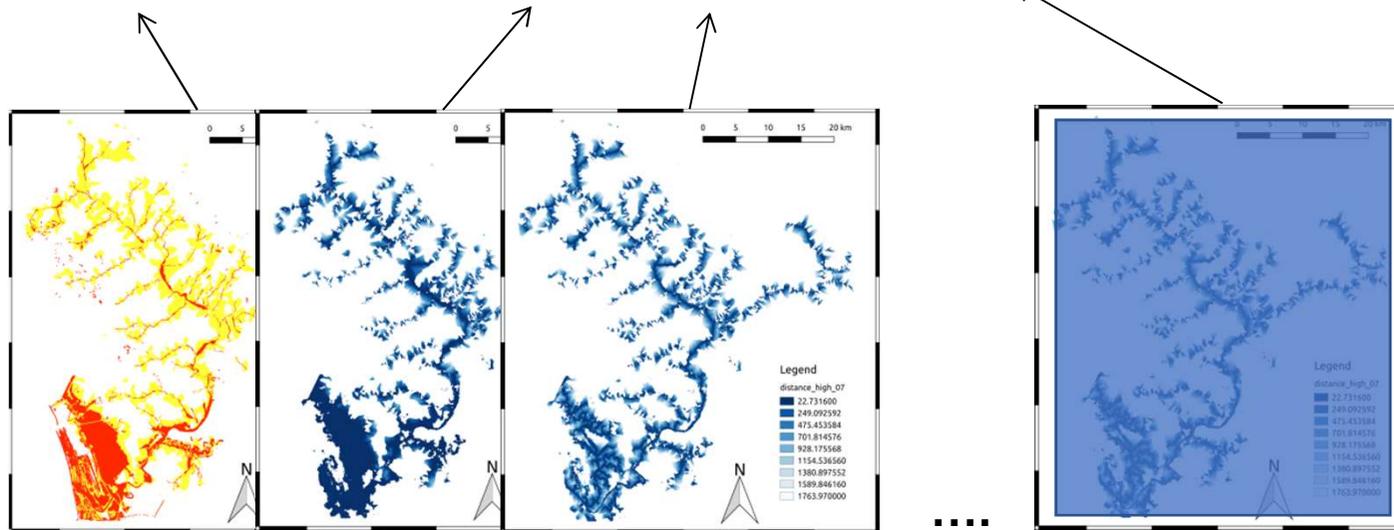
L'algoritmo registra quali sono i valori assunti dalle variabili indipendenti nelle aree classificate, cioè dove esiste la zonazione della pericolosità di inondazione (ma solo nei tratti fluviali in cui la zonazione è stata realizzata!)

-  Aree non classificate
-  Pericolosità inondazione
-  Pericolosità inondazione assente
-  Reticolo fluviale



Il modello classificativo utilizzato per il presente lavoro è la regressione logistica binomiale (osserva e impara solo nelle aree classificate come “allagabili” on “non allagabili”)

$$\text{logit}(p) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$$

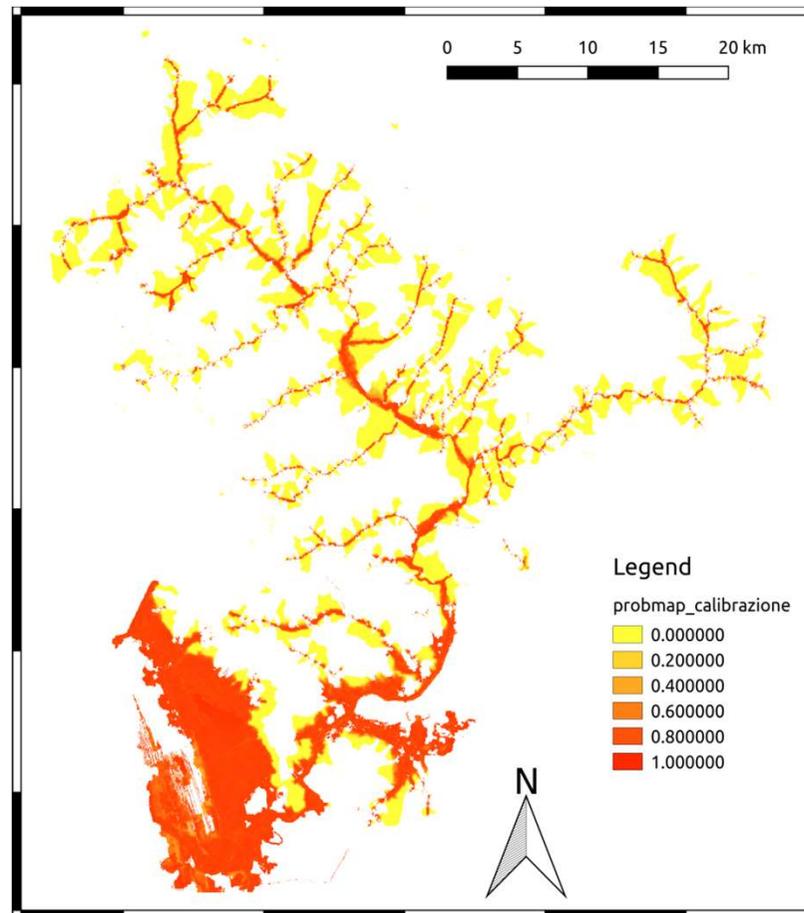


Aree inondabili e non-inondabili

Differenza di quota dai fiumi

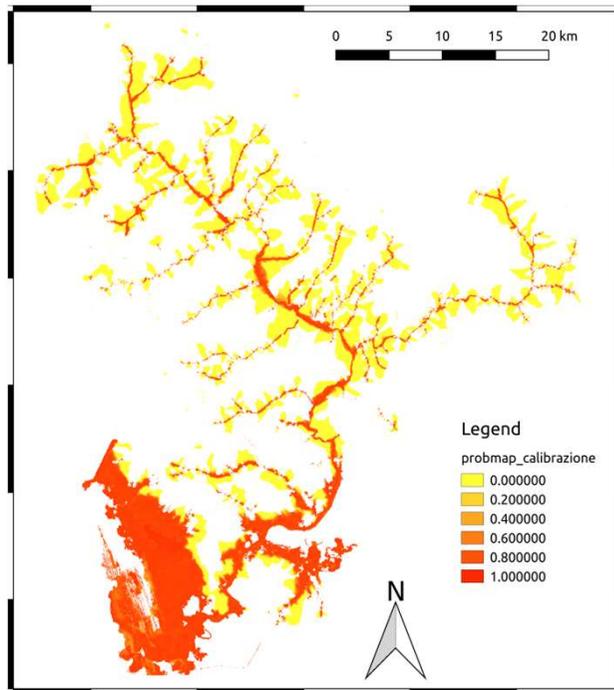
Distanza dai fiumi

La regressione logistica restituisce, nelle sole aree classificate, una mappa della **probabilità di appartenere alla classe «aree inondabili»**

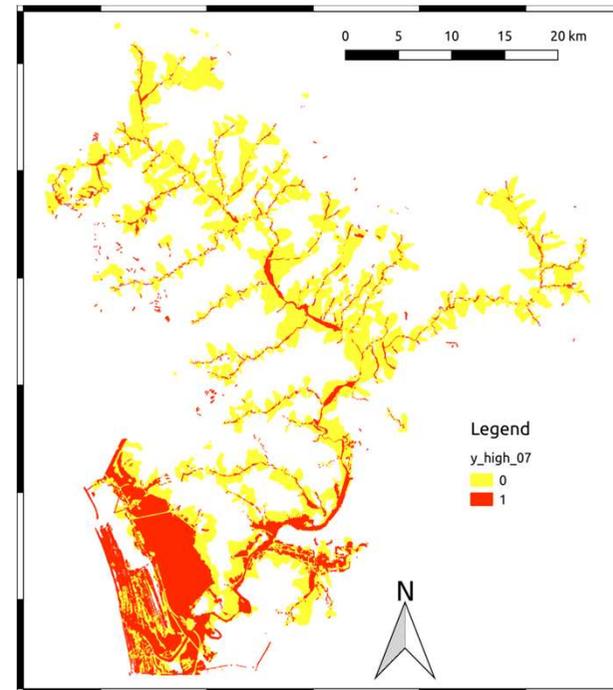


Si può quindi procedere a confrontare il risultato con il dato originale classificato.

probabilità di appartenere alla classe «aree inondabili»



Dato originale



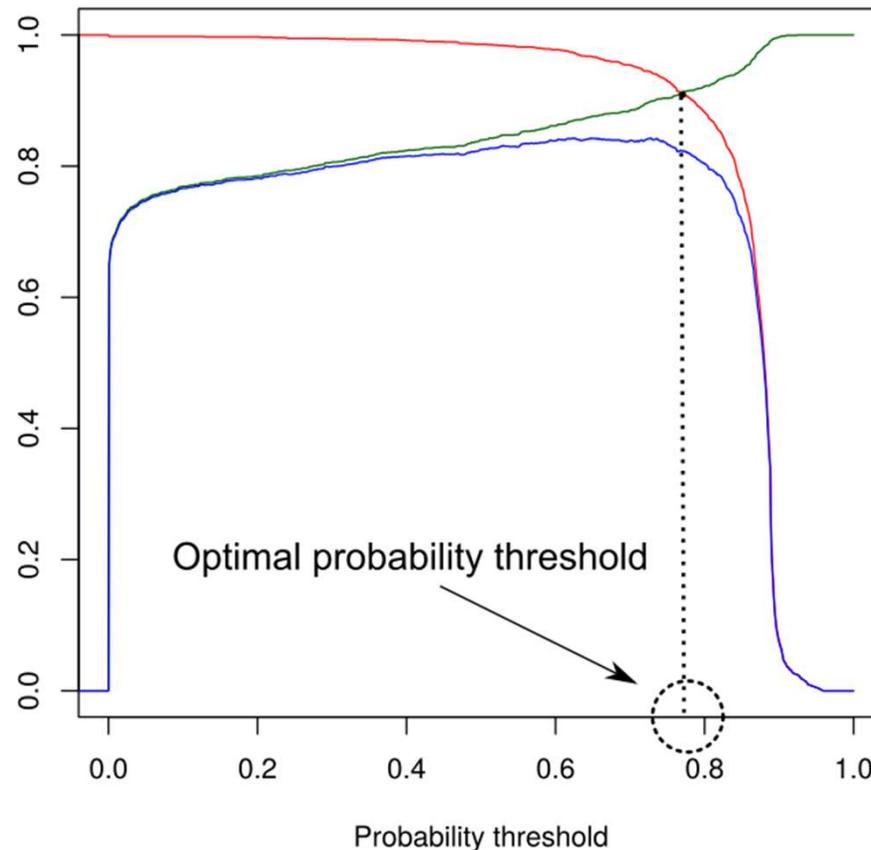
Ma la mappa espressa in termini di probabilità va restituita in termini binari (0,1 cioè «non-inondabile», «inondabile»)  
Dove si mette la soglia sui valori di probabilità?

Si analizza come varia la capacità predittiva del modello al variare della soglia. Si cerca di massimizzare:

le aree inondabili originali  
correttamente classificate come tali  
dal modello

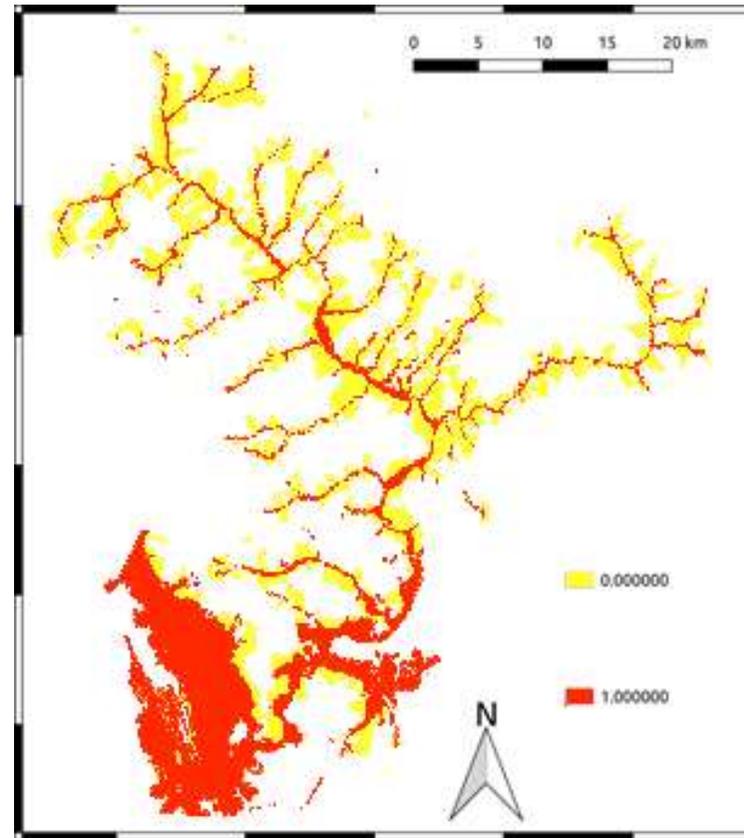
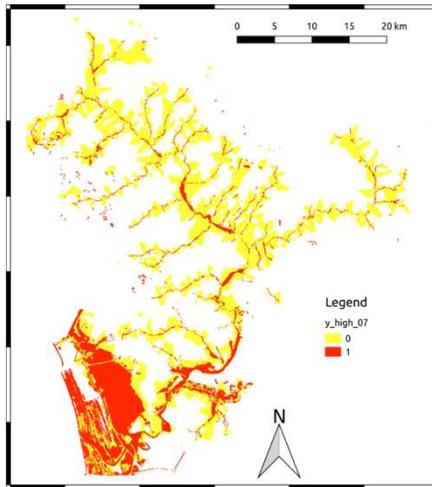
le aree non-inondabili originali  
correttamente classificate come tali  
dal modello

 Tasso dei veri positivi  
 Tasso dei veri negativi



Si ottiene la mappa binaria (0,1) .  
Ma non basta.

Dato originale



Si può arrivare a questo risultato considerando in input le **tre cartografie** normalmente esistenti sul territorio italiano e riferite alle aree inondabili con tre diversi intervalli di tempi di ritorno:

- 30-50 anni (alta probabilità di inondazione) (**H**)
- 100-200 anni (media probabilità) (**M**)
- più di 200 anni (bassa probabilità) (**L**)

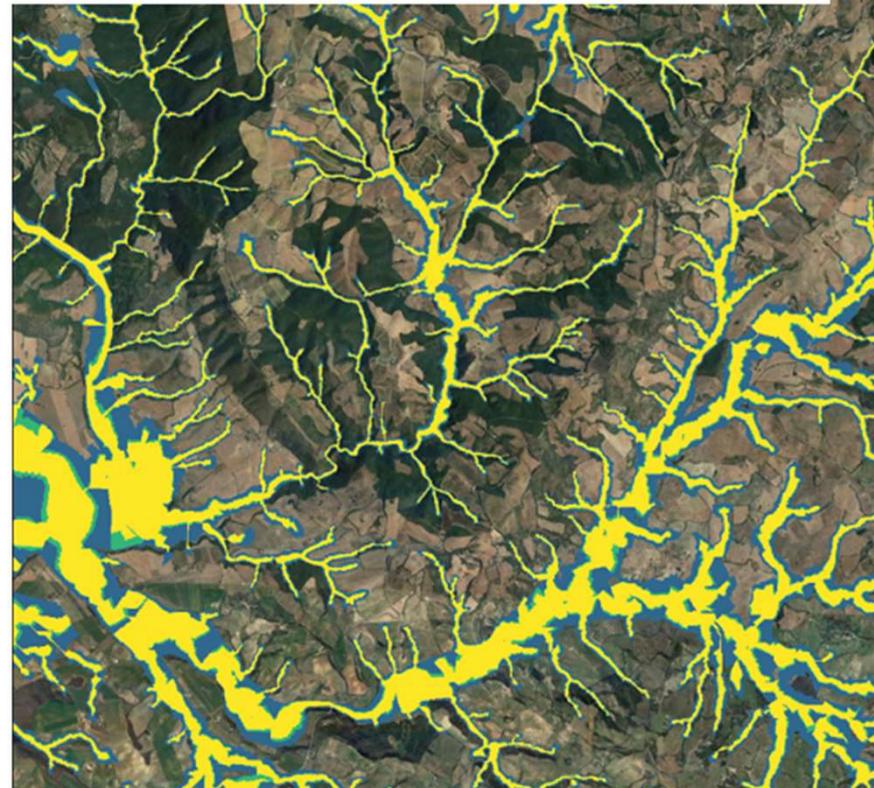
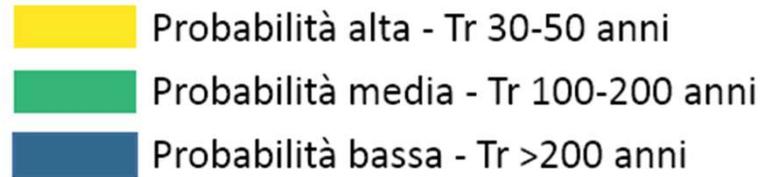
Si otterranno **tre cartografie modellate (binarie)** che possono essere poi composte assumendo che:

- Le aree interessate da H, M e L si classificano come H
- Le aree interessate da M, L si classificano come M
- Le aree interessate da L si classificano come L

Si ottiene quindi il risultato finale La **mappa degli scenari di pericolosità modellata**, ma

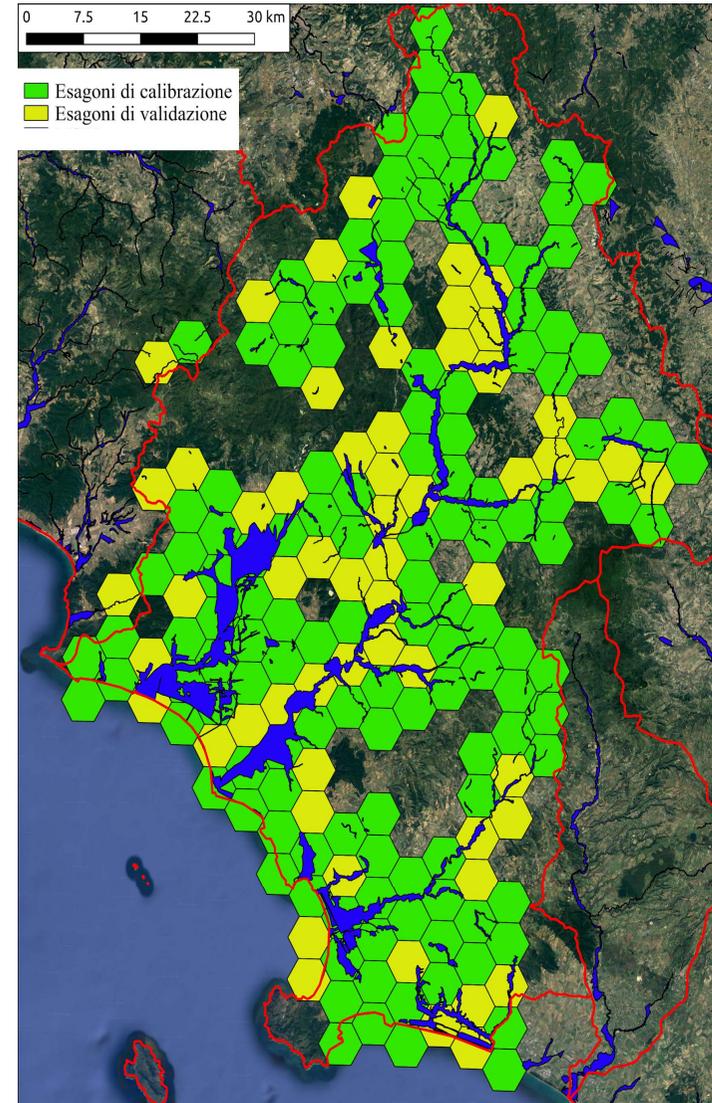
- Solamente sul reticolo per cui esistono anche i dati classificati originali

Mappe Scenari di Pericolosità Modellata



Tuttavia devo utilizzare un processo che consenta di validare il modello logistico. Quindi l'intera operazione viene in realtà effettuata così:

- solo una parte del reticolo originariamente classificato viene usato per far «imparare» (calibrare) il modello logistico e
- la rimanente parte del reticolo è usata a posteriori per «validare» la mappa dello scenario modellato



Sulla parte di reticolo di validazione si procederà ad effettuare un confronto tra gli scenari di pericolosità modellate e le aree classificate originali.

In accordo con Sokolova & Lapalme, (2009), le performance classificative sono valutate analizzando i **tassi di successo** (TR o True Rate) nelle **4 diverse classi di probabilità di inondazione**:

- 3** -30-50 anni (alta probabilità di inondazione) (H)
- 2** -100-200 anni (media probabilità) (M)
- 1** - più di 200 anni (bassa probabilità) (L)
- 0** - Nessuna probabilità di esondazione

Ad esempio per la classe 3 (alta probabilità) i **True Rate (TR<sub>3</sub>)** sono calcolati nel modo seguente

$$TR_3 = T_3 / (T_3 + F_3)$$

dove

**T<sub>3</sub>** (True) è il numero di pixel classificati in classe 3 originariamente e correttamente predetti dal modello,

**F<sub>3</sub>** (False) è il numero di pixel classificati in classe 3 originariamente ma erroneamente predetti dal modello (i.e. predetti in una in classe diversa).

Più il valore di TR<sub>3</sub> si avvicina a 1 più la classificazione del modello si avvicina a quella dei dati classificati originali.

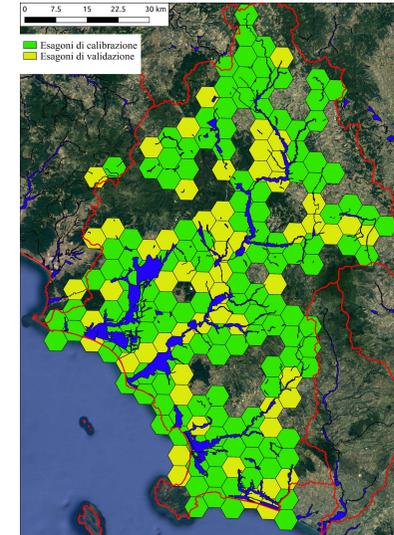
La **media dei tassi di successo** nelle diverse classi (0,1,2,3) viene utilizzato come indice delle performance classificative globali (TR<sub>tot</sub>)

$$TR_{tot} = (TR_0 + TR_1 + TR_2 + TR_3) / 4$$

$TR_{tot}$  può essere calcolato su ogni singolo esagono di validazione (i) e si può quindi ottenere la media e la deviazione standard di tutti valori di  $TR_{tot}$  ottenuti.

$$TR_{avg} = \text{avg}(TR_{tot,i})$$

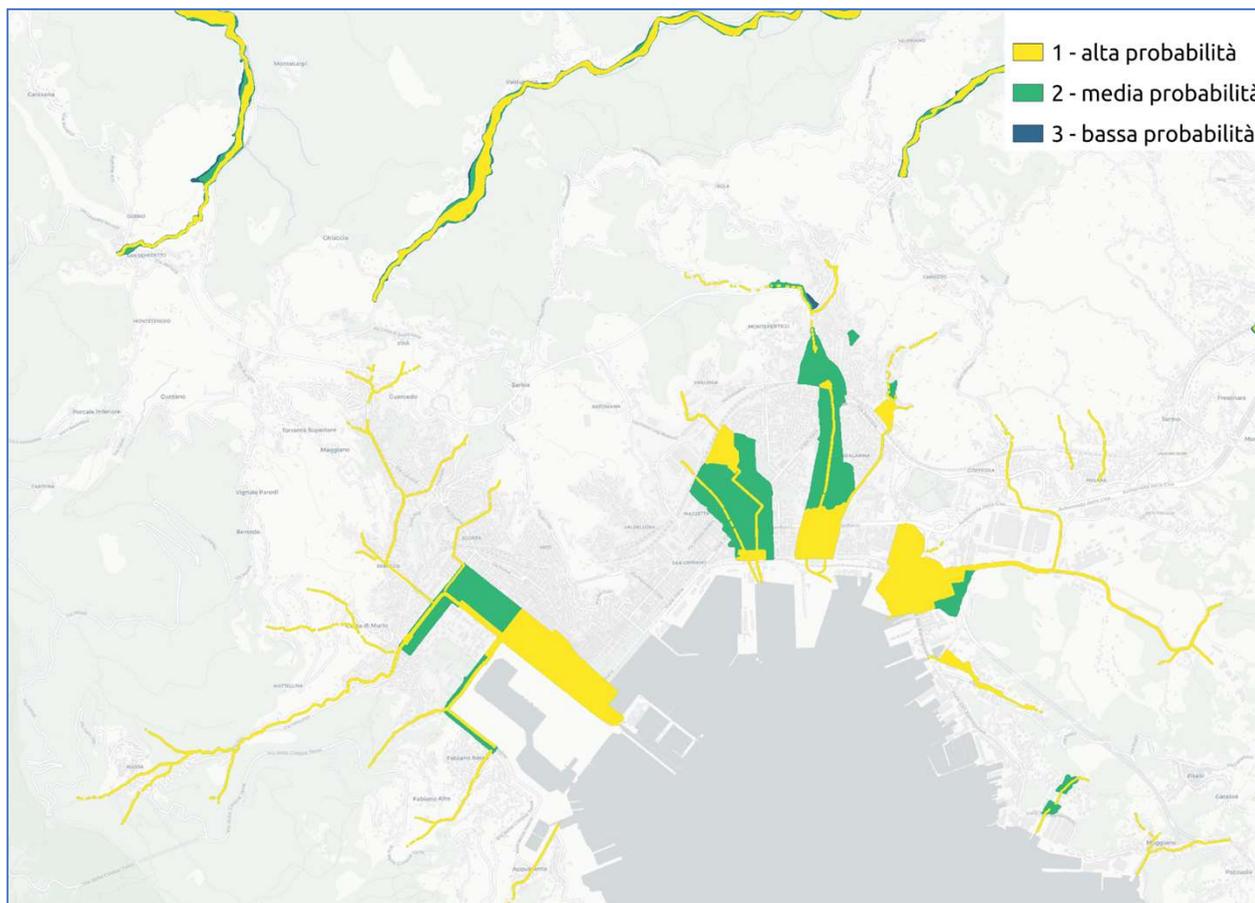
$$TR_{sd} = \text{stddev}(TR_{tot,i})$$



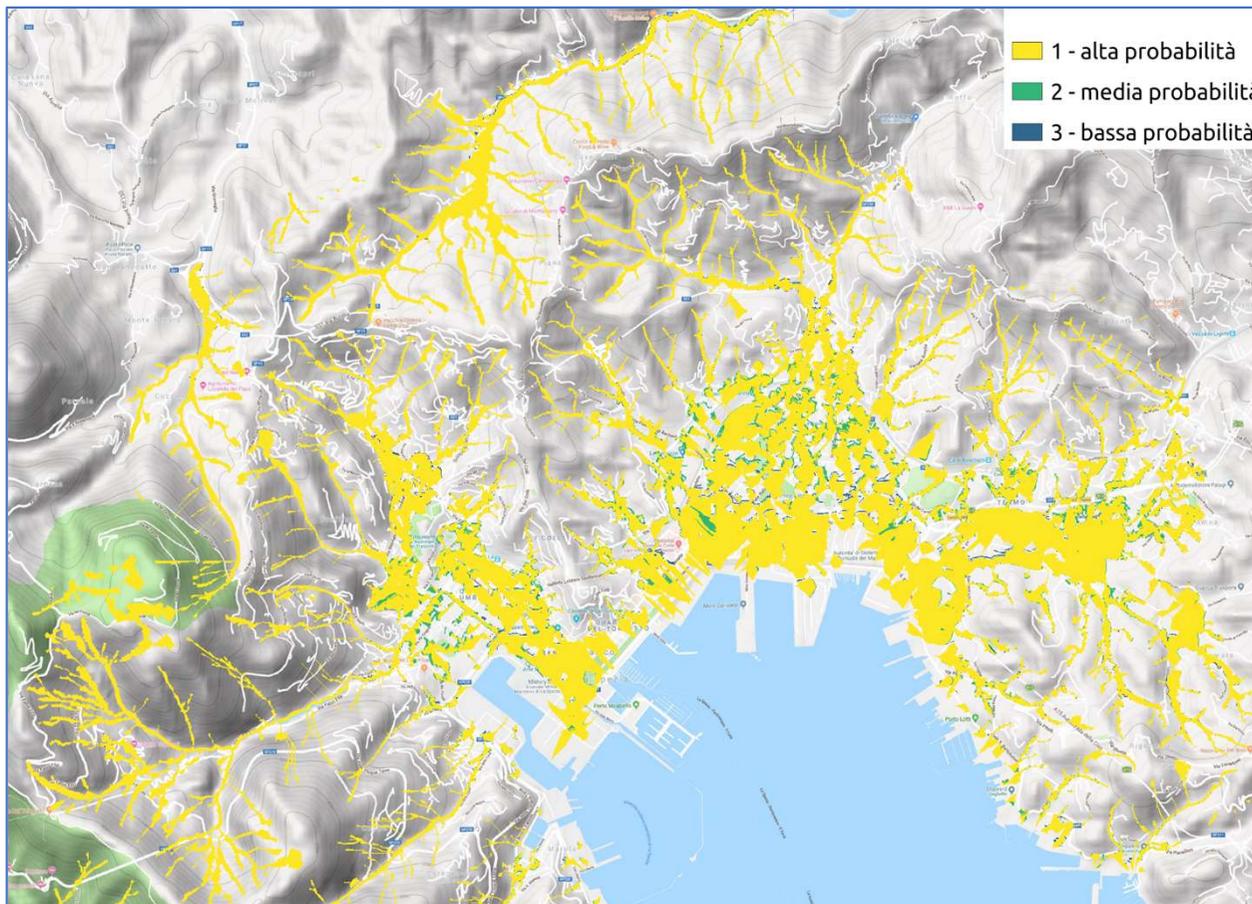
Le performance sono migliori per alti valori di  $TR_{avg}$  e per bassi valori di  $TR_{sd}$  che indicano una capacità predittiva abbastanza costante sul territorio studiato.

$TR_{avg}$  pari a 1,0 indica classificazione perfetta,  
 $TR_{avg}$  pari a 0,25 (per schemi classificativi a 4 classi come nel caso di studio) sono indicativi di una classificazione totalmente casuale.

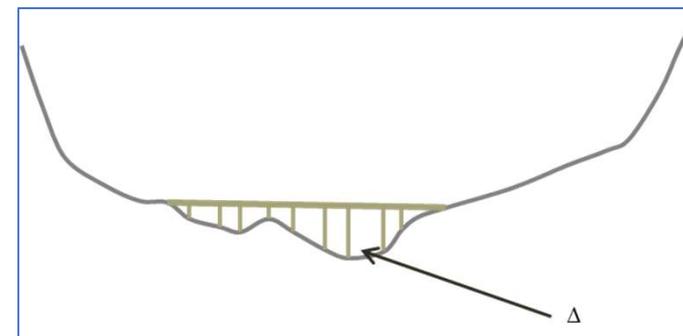
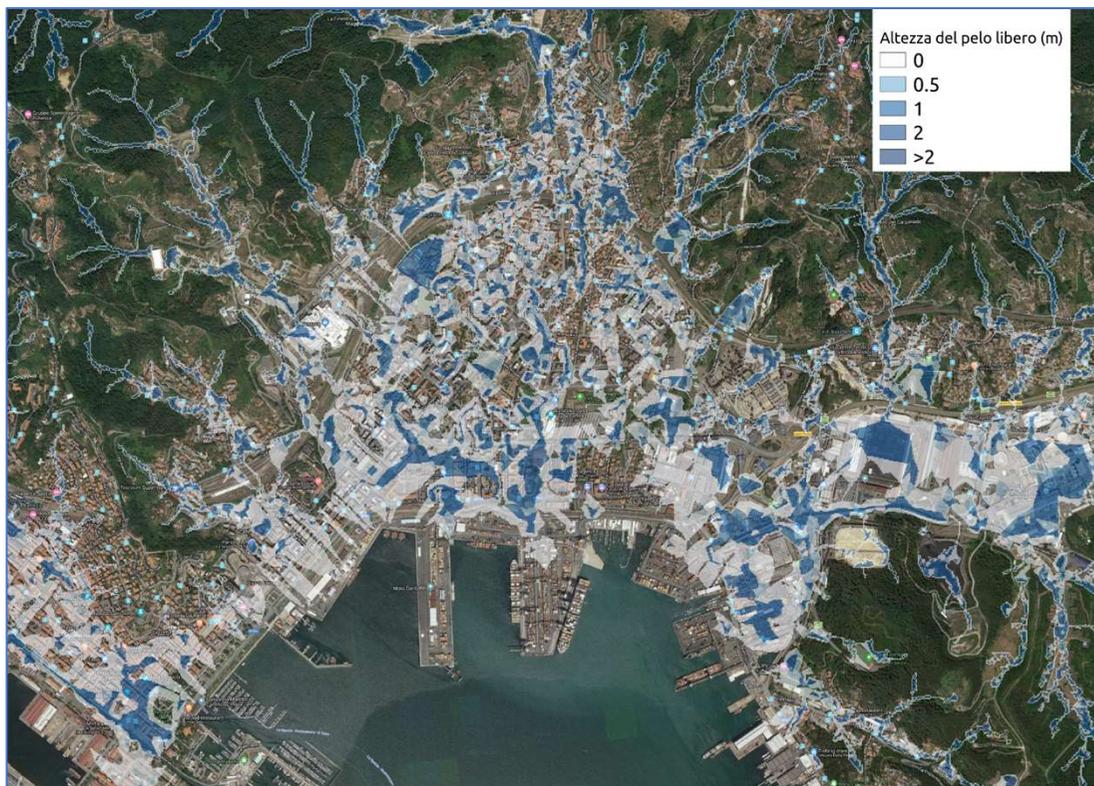
## Nel comune di La spezia si partiva dai dati PAI



Si è arrivati a questo risultato. Ottenuto selezionandolo, per validazione, tra molteplici modelli fatti utilizzando più variabili indipendenti



Con il risultato ottenuto siamo in grado di \*stimare\* l'altezza del pelo libero dell'acqua atteso per i diversi tempi di ritorno



### Vantaggi:

- Integra la cartografia PAI sui corsi d'acqua minori o non classificati
- Bassi costi di realizzazione e aggiornamento
- .....

### Svantaggi:

- Dipende fortemente dal DEM (La Spezia: 5 m di risoluzione – numeri interi)
- Non considera argini e manufatti di piccole dimensioni o altre singularità idrauliche
- Non considera allagamenti legati alle sole precipitazioni (pluviali)
- .....

# Grazie per l'attenzione Merci pour l'attention



[www.interreg-maritime.eu/adapt](http://www.interreg-maritime.eu/adapt)