

Territori del paesaggio montano-collinare in condizioni dinamiche e di rischio multiplo

Analisi spaziali a servizio del governo del territorio

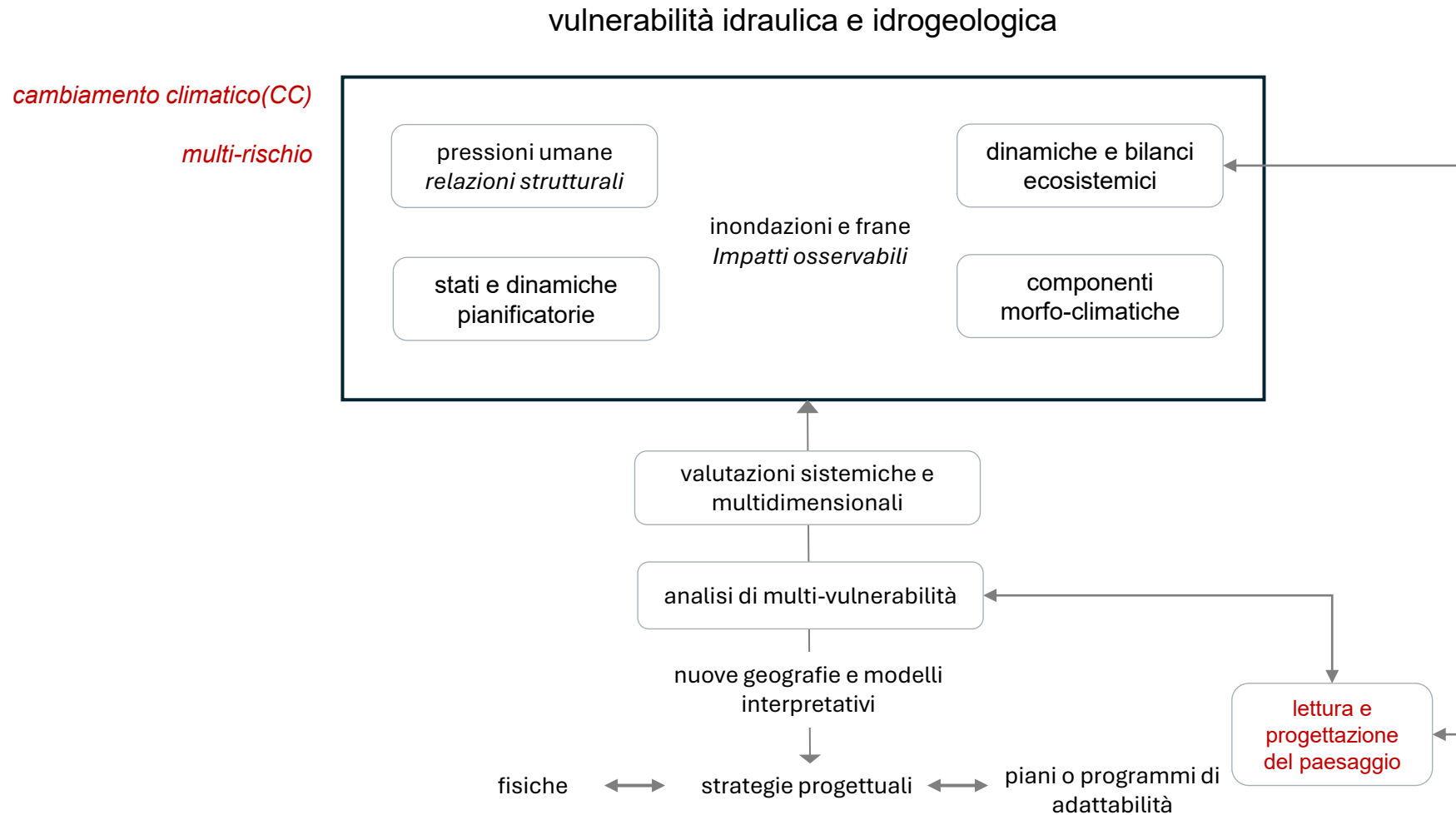
Gianfranco Pozzer

Iuav

1. Dalla vulnerabilità idraulica e idrogeologica alla multi-vulnerabilità territoriale: ipotesi e definizioni
2. Fonti, strumenti e modelli per la valutazione della vulnerabilità sistemica: caso studio Valle Savio
3. Valutazione di multi-vulnerabilità come modello di apprendimento del progetto territoriale

Dalla vulnerabilità idraulica e idrogeologica alla multi-vulnerabilità territoriale: ipotesi e definizioni

Framework concettuale



L'ipotesi è che in territori generalmente interessati da processi erosivi la sperimentazione di una valutazione territoriale orientata alla multi-vulnerabilità climatica *GPV oriented (GIS Planning Evaluation)* possa guidare il governo del territorio e la decisione pubblica in nuovi domini regolativi e di *policy*, in cui la conoscenza del rischio diventa criterio di progetto e di rigenerazione insediativa

In un contesto di progettazione territoriale e paesaggistica, temi come passaggio e figure territoriali aiutano a riconoscere indicatori di vulnerabilità, ma, allo stesso tempo, consentono di trasformare le mappe di vulnerabilità in strumenti di lettura del progetto implicito di territorio

Definizioni

Concetto	Definizione (IPCC AR6, 2022)	Componenti	Letture territoriale	
Pericolo (hazard)	evento fisico o tendenza (naturale o antropica) potenzialmente dannosa per persone, ecosistemi o beni materiali.	intensità, frequenza, estensione spaziale dell'evento climatico (es. ondate di calore, frane, alluvioni, siccità).	forzante esterna che agisce sul territorio e ne mette in crisi gli equilibri	Pianificazione territoriale forzante esterna
Esposizione	presenza di persone, infrastrutture, ecosistemi o valori territoriali in aree suscettibili agli hazard.	localizzazione, densità, distribuzione di beni, servizi, popolazione, funzioni urbane.	valori, beni e servizi	
Vulnerabilità	condizioni determinate da fattori fisici, sociali, economici e ambientali che aumentano la suscettibilità di un sistema agli impatti di un hazard.	si compone di: Sensibilità: grado di reazione del sistema al cambiamento o all'impatto. Capacità adattiva: capacità di assorbire, adattarsi e riorganizzarsi dopo lo stress.	è la condizione interna del territorio, che dipende dalla sua struttura morfologica, ecologica e insediativa. Può corrispondere al potenziale di tenuta e trasformabilità del paesaggio (progetto implicito)	

Definizioni

Concetto	Dimensione concettuale (scuola territorialista)	Dimensione operativa	Rilettura in condizioni di rischio
Paesaggio	sistema di relazioni storiche, ecologiche e culturali tra uomo e ambiente; forma visibile e identitaria della territorialità (gradienti di percezione)	riferimento finalizzato a tutela, uso e trasformazione; strumento interpretativo del patrimonio territoriale	paesaggio nelle dimensioni di rischio
Figura territoriale (paesaggistica)	unità territoriale morfologica e identitaria che sintetizza relazioni tra struttura fisica, ecologia e valori socio-culturali	dispositivo per interpretare, progettare e valutare i processi di trasformazione sulla base di esplicite relazioni di forma, funzione e identità (repertori)	la figura territoriale può diventare dispositivo di adattamento e riequilibrio, in grado di tradurre vulnerabilità e rischio in sistemi/forme morfologiche e funzionali alla lettura del progetto territoriale

Definizioni

Figura territoriale
traduzione spaziale di un modello di funzionamento

Pianura urbanizzata →

Fascia costiera

Paesaggio collinare policentrico

Margine urbano-rurale

Figura territoriale locale

es. Coltivazione terrazzata (dispositivo morfologico)



Schizzo di insieme delle figure territoriali del foggiano



Fonte: Carta M., Individuazione delle figure territoriali e interpretazione strutturale

Fonti, strumenti e modelli per la valutazione della vulnerabilità sistemica: caso studio Valle Savio

Caso studio Valle Savio

Caso studio Valle del Savio, provincia di Forlì-Cesena (Emilia Romagna)

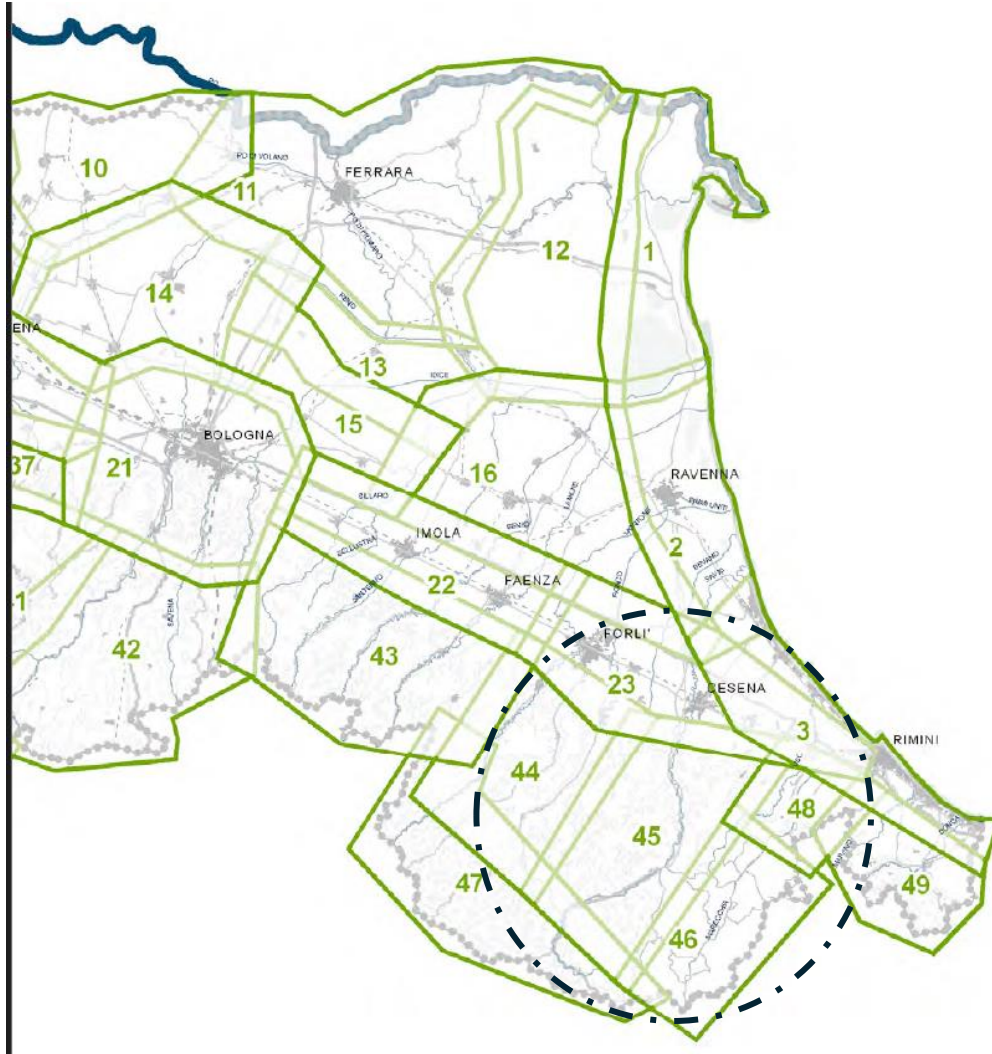
Metodo

Test di vulnerabilità sistemica per la mappatura di aree urbane a diversa criticità idraulica potenzialmente correlabili a conseguenze di carattere idrogeologico (alluvioni, erosioni, frane)

Obiettivi

- Sperimentazione di una procedura di stima della vulnerabilità sistemica orientata al riconoscimento spaziale del multi-rischio climatico (con $R = (V, E, P)$)
- Costruzione di basi informative orientate al riconoscimento del multi-impatto
- Elaborazione di carte di multi-vulnerabilità di indirizzo meta-progettuale

Caso studio Valle Savio



Ambiti paesaggistici

- 3 - metropoli costiera
- 23 - sistema urbanizzato città romagnole
- 45 - vallate cesenati
- 47 - dorsale delle foreste casentinesi

Macro temi

- geologia e morfologia
- asseti insediativi e sistemi territoriali strutturanti
- uso del suolo agricolo e tipicità locali
- componente socio-economica
- trasformazioni in corso
- invarianti, valori, criticità, fragilità
- obiettivi e visioni trasformative

Caso studio Valle Savio

Inquadramento

Territorio complesso da un punto di vista, geografico, morfologico e climatico

transizione collina–montagna, forte dinamica morfologica e idrologica.

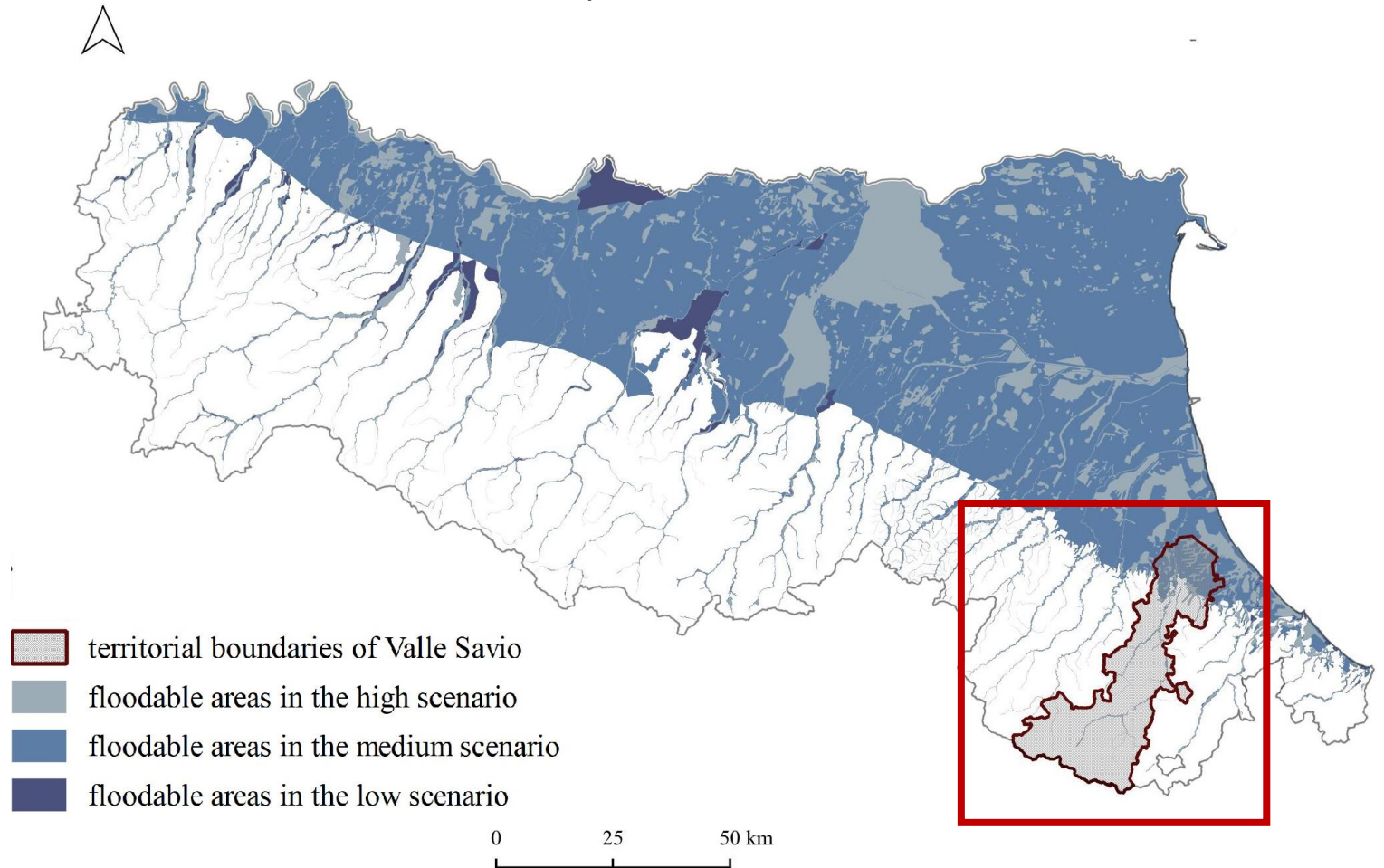
Fragilità territoriali, crisi climatica e consumo di suolo

eventi alluvionali e franosi

Progetto Adriadapt

sperimentazione europea per la pianificazione adattiva e la resilienza locale

Valle del Savio in Emilia-Romagna. Aree allagabili secondo tre diversi scenari: alta, media e bassa probabilità.



Fonte: elaborazione dell'autore su dati Ispra (2020)

Caso studio Valle Savio affondo metodologico

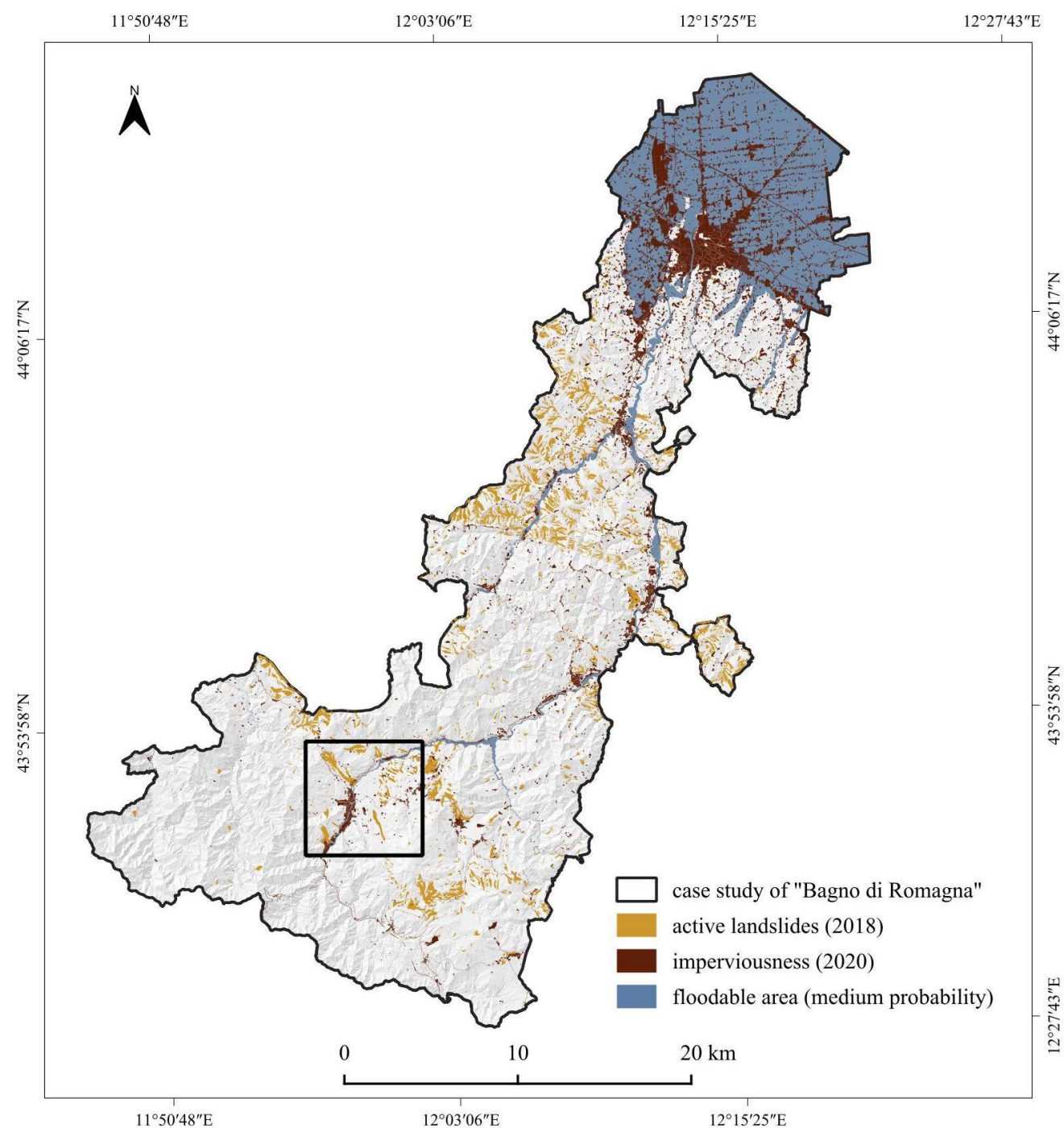
L'analisi prevede un affondo su un'area campione del Comune di Bagno di Romagna (FC), come lettura combinata (correlata/associata) degli impatti.

L'affondo è motivato da quanto segue:

presenza di un modello di sviluppo diffuso lungo la strada europea E45 che a tratti corre parallela al Fiume Savio;

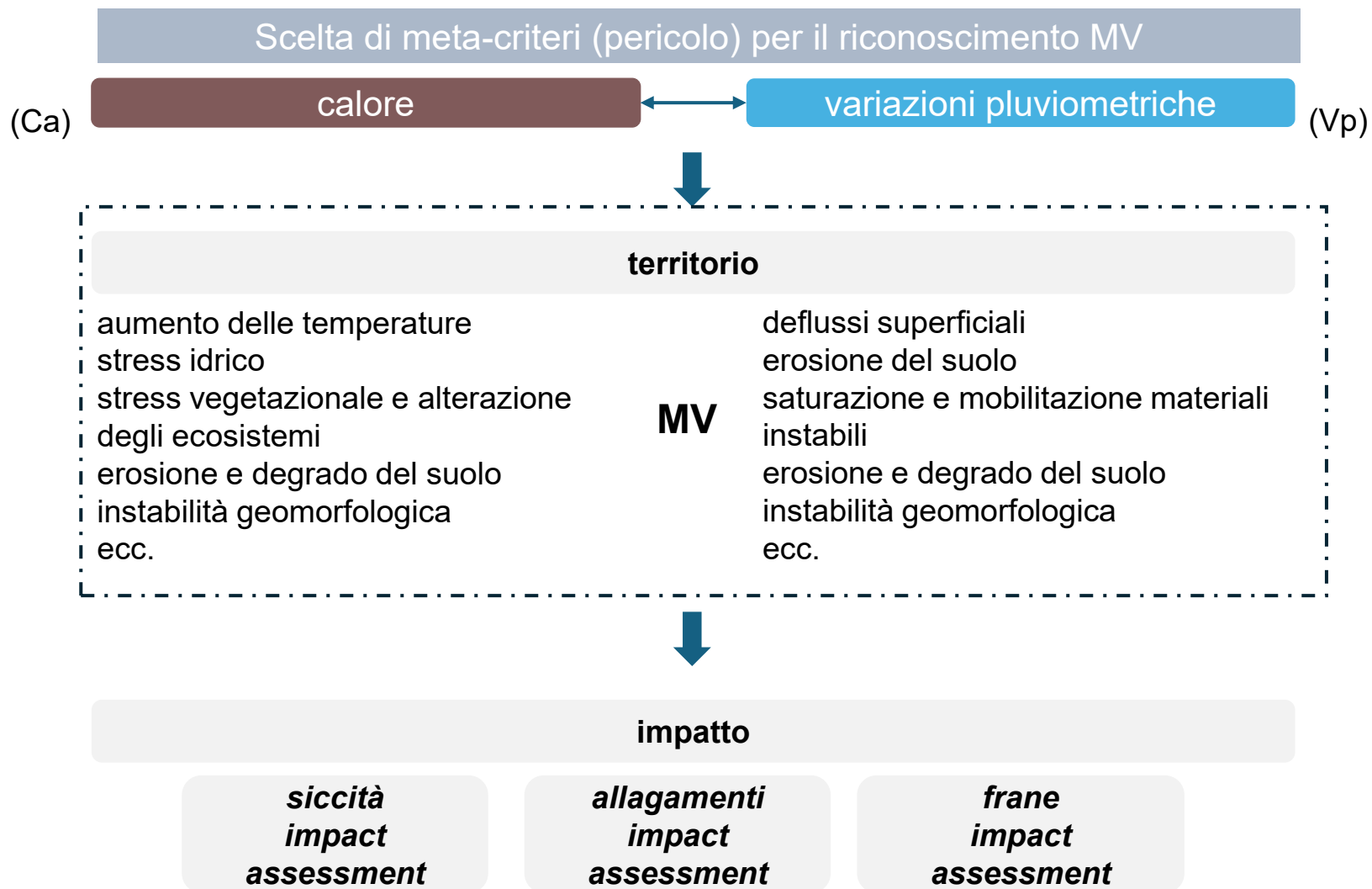
presenza di aree urbane soggette a periodiche alluvioni;

instabilità dei versanti e presenza di eventi franosi, oggi aggravati a seguito degli eventi meteorologici del 16 e 17 maggio 2023.



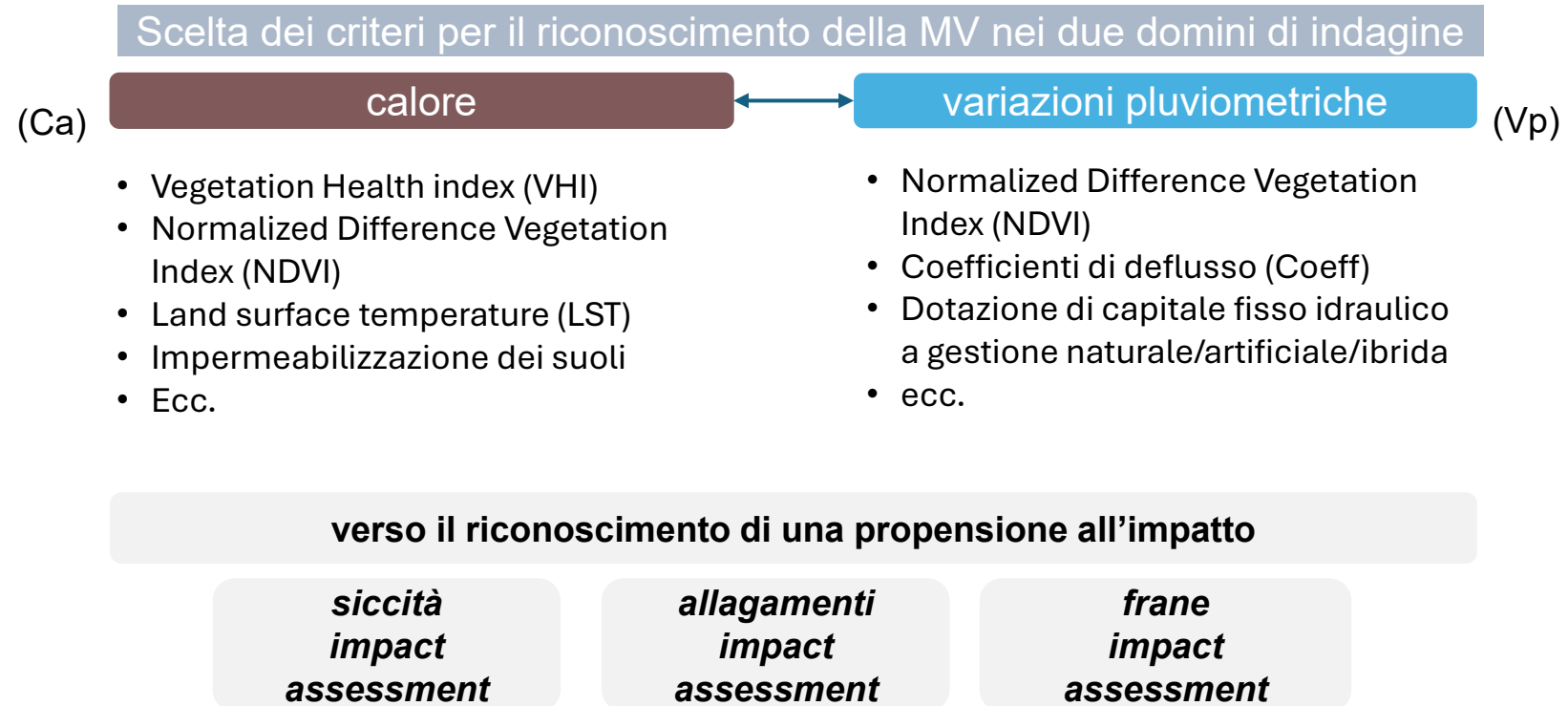
Caso studio Valle Savio

dimensioni della multi-vulnerabilità



Caso studio Valle Savio

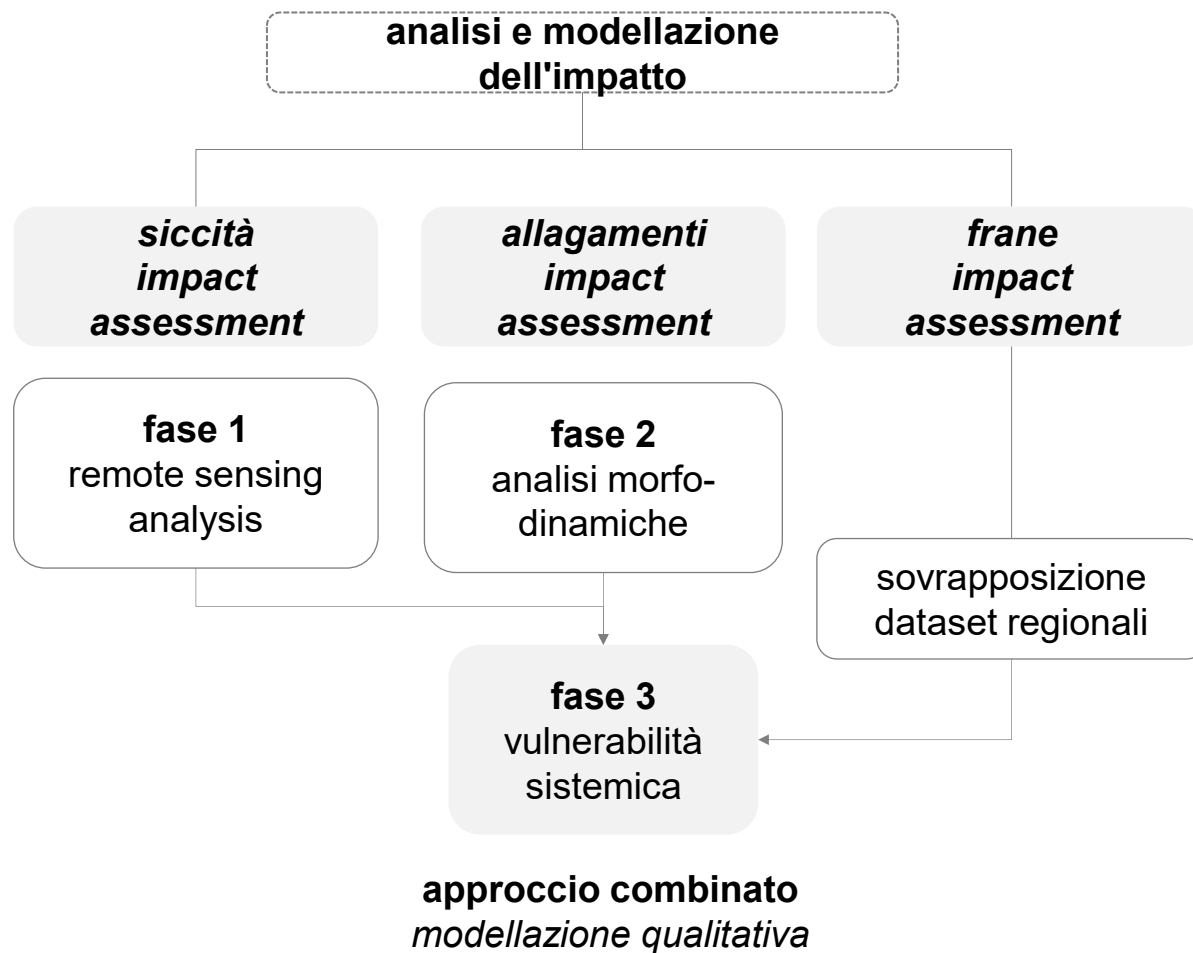
dimensioni della multi-vulnerabilità



Caso studio Valle Savio

modello valutativo

Modellazione della
vulnerabilità sistemica
percorso logico-formale

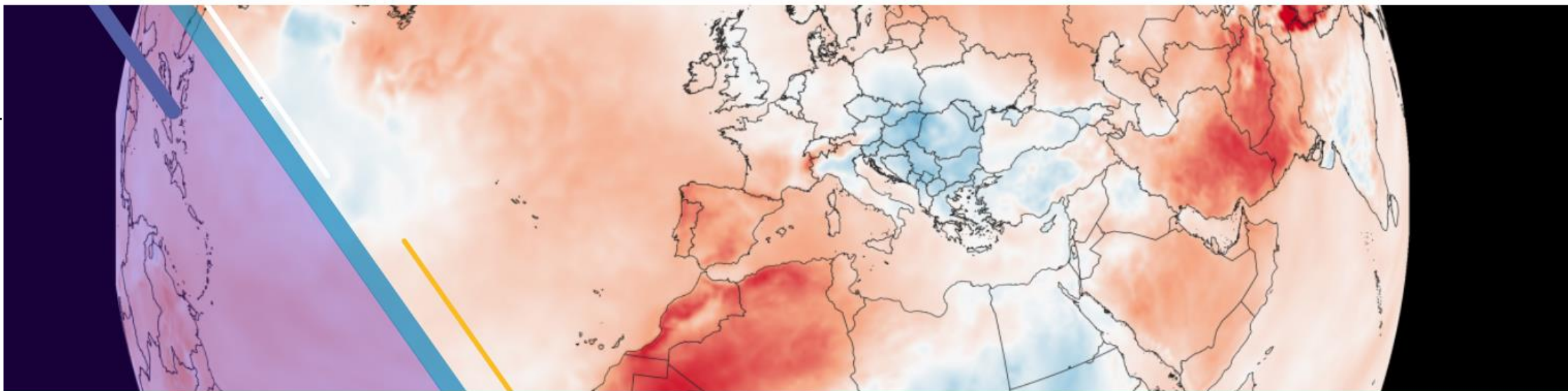


Caso studio Valle Savio

fonti e dati

Categoria	Livello informativo	Formati	Edition	Fonte
temi cartografici di base	rete idrografica della Regione Emilia-Romagna	Vettoriale	2020	Quadro Conoscitivo della Regione Emilia-Romagna
	modello digitale del terreno (Dtm) passo 5 metri della Regione Emilia-Romagna	Geotiff	2020	
cartografia tematica	Aree potenzialmente allagabili nello scenario di probabilità alta, media e bassa – Regione Emilia-Romagna	Vettoriale	2020	Ispra
	uso e copertura suolo della Regione Emilia-Romagna	Vettoriale e raster	2020	Quadro Conoscitivo della Regione Emilia-Romagna
	carta inventario delle frane della Regione Emilia-Romagna: livello deposito frane attive ¹	Vettoriale	2018	Banca Dati geologica della Regione Emilia-Romagna
remote sensing	LC08_L1TP_192029_20190820_20190903_01_T1	Geotiff	2019	Landsat 8, USGS
	LC08_L1TP_192029_20181004_20181010_01_T1	Geotiff	2018	
	LC08_L1TP_192029_20170729_20170811_01_T1	Geotiff	2017	
	LC08_L1TP_192029_20160827_20170321_01_T1	Geotiff	2016	
	LC08_L1TP_192029_20150708_20170407_01_T1	Geotiff	2015	

^[1] Per deposito di frana attiva si intende un deposito che ha manifestato evidenze di movimento nell'ultimo ciclo stagionale, indipendentemente dalla entità e dalla velocità (Fonte: Legenda della Carta inventario delle frane dell'Emilia-Romagna).



[Home](#)

[View image information & credits](#)

Servizi di Copernicus

Suolo

Ambiente marino

Atmosfera

Clima

Emergenza

Sicurezza

Uso e copertura del suolo, immagini ad alta risoluzione

Corine land cover

High Resolution Layers

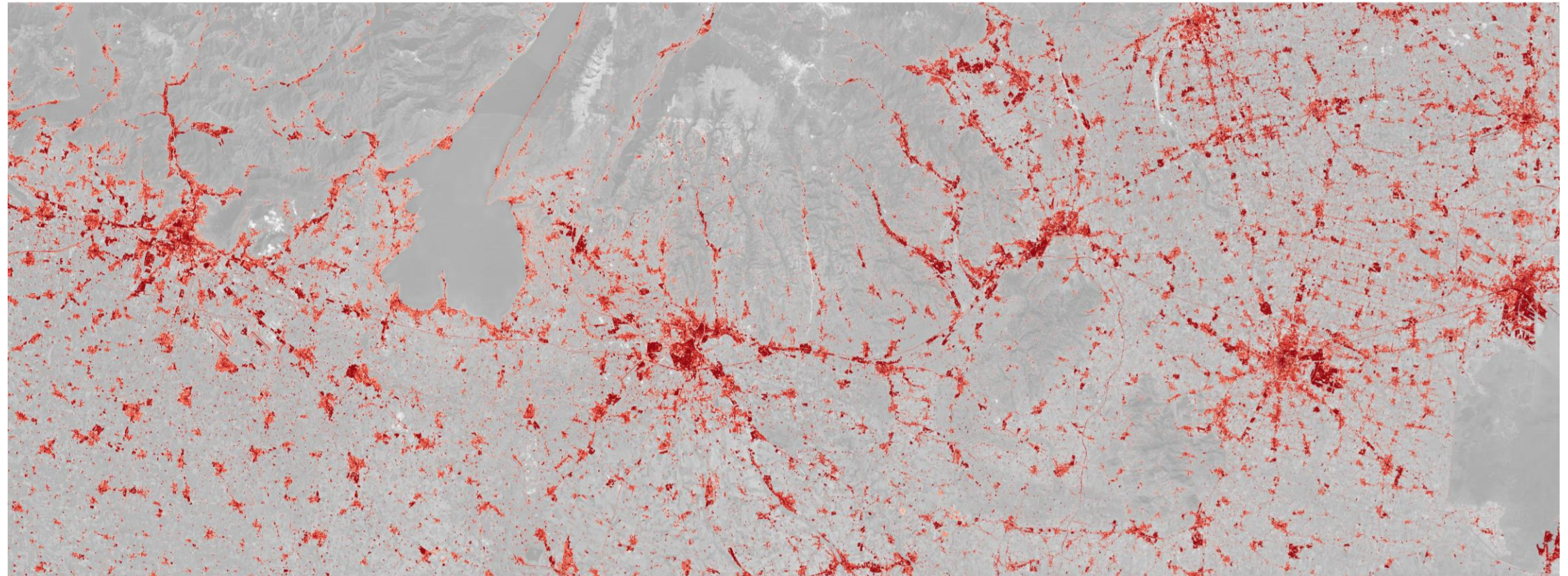
Imperviousness

Forests

Grassland

Water & Wetness

Uso e copertura del suolo, immagini ad alta risoluzione: imperviousness



0 10 20 30 km

Imperviousness Density 2018 (%)

0
20
40
60
80
100

Caso studio Valle Savio tecniche e strumenti (mapping)

The screenshot displays the Google Earth Engine interface. At the top, the search bar contains "reflected-flux-290107". The left sidebar shows a project tree under "Owner (2)" with a sub-folder "users/gpozzer/Colli" containing various datasets like "Africa LST", "Air", "Carbon", etc. The main editor window shows a script named "VHI_test" with the following code:

```
1 // Funzione per ottenere la temperatura di brillantezza (Tb)
2 function getTb(image) {
3   return image.select('B10').subtract(273.15).rename('Tb');
4 }
5
6 // Funzione di NDVI
7 function getNDVI(image) {
8   return image.normalizedDifference(['B5', 'B4']).rename('NDVI'); // NIR: B5, Red: B4
9 }
10
11 // Funzione per calcolare la media delle immagini se esistono
12 function calculateMean(collection, variableName) {
13   var count = collection.size(); // Controlla il numero di immagini
14   print('Numero di immagini trovate per ' + variableName + ':', count);
15 }
16 // Calcolo della media
```

The right sidebar shows the "Inspector" and "Tasks" panels. The "Tasks" panel lists "UNSUBMITTED TASKS" with "VHI - 2024" and "SUBMITTED TASKS" with "VHI_P" (4m). The "VHI_P" task is completed with ID "LN6TGWOS2LIKQDH25LHNJOQG", a phase of "Completed", a runtime of 4m, and 1 attempt.

The bottom half of the image shows a map of the Valle Savio region in Italy, with a large green NDVI visualization overlay. The map includes labels for cities like Firenze, Prato, and Pesaro. A "NDVI - 2024 visualization parameters" dialog is open, showing settings for 1 band (Grayscale), a range from -0,270 to 0,693, and a stretch of 98%.

Caso studio Valle Savio tecniche e strumenti (mapping)

Google Earth Engine

Search places and datasets...

Scripts Does Assets

- Air
- Carbon
- Immagini sentinel per AI
- Impermeabilizzato
- LST
- LST 3
- LST prova
- LST_Corr_transetto
- LST_Corr_transetto_max
- LST_composita
- LST_composita2
- LST_composita2 Africa
- LST_composita2_test
- LST_composita_riempimento_nuovole
- LST_multiply

LST_composita2 *

```
Imports (2 entries)
  var imageVisParam: TbMax from 13.346836547851586 to 35.63053771972658
  var table: Polygon, 4 vertices
1 // Funzione per la temperatura di brillantezza (Tb)
2 function getTb(image) {
3   return image.select('B10').subtract(273.15).rename('Tb');
4 }
5
6 // Funzione per il calcolo del massimo delle immagini
7 function calculateMax(collection, year) {
8   var count = collection.size(); // Controllo numero di immagini
9   print('Numero di immagini nel ' + year + ':', count);
10
11 // Calcolo del massimo
12 return ee.Algorithms.If(
13   count.gt(0),
14   collection.map(getTb).max(),
15   ee.Image().rename('Tb') // Crea un'immagine vuota con lo stesso nome di banda
```

Inspector Console Tasks

Search or cancel multiple tasks in the [Task Manager](#) or try the [Tasks Page in the Cloud Console](#)

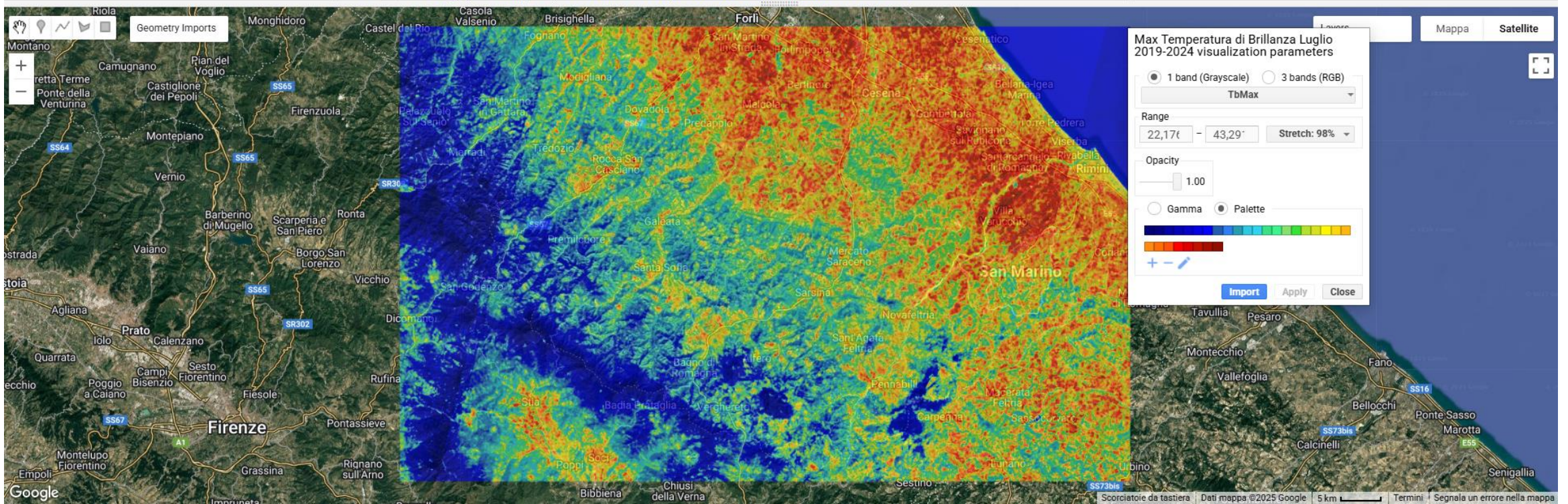
UNSUBMITTED TASKS

- Max_Tb_July_2019_2024 **RUN**

SUBMITTED TASKS

- VHI_P ✓ 4m

ID: LN6TGWOS2LIKQDH25LHNJOQG
Phase: **Completed**
Runtime: 4m (started 2025-10-26 12:50:16 +0100)
Attempted 1 time



Caso studio Valle Savio tecniche e strumenti (mapping)

The screenshot displays the Google Earth Engine interface. At the top, the search bar contains "reflected-flux-290107". The left sidebar shows a list of scripts under the user "users/gpozzer/Colli", including "Africa LST", "Air", "Carbon", "Immagini sentinel per AI", "Impermeabilizzato", "LST", "LST 3", "LST prova", "LST_Corr_transetto", "LST_Corr_transetto_max", and "LST_composita".

The main editor area shows a script titled "VHI_test *". The script code is as follows:

```
Imports (1 entry)
  var table: Polygon, 4 vertice
1 // Funzione per ottenere la temperatura di brillanza (Tb)
2 function getTb(image) {
3   return image.select('B10').subtract(273.15).rename('Tb');
4 }
5
6 // Funzione di NDVI
7 function getNDVI(image) {
8   return image.normalizedDifference(['B5', 'B4']).rename('NDVI'); // NIR: B5, Red: B4
9 }
10
11 // Funzione per calcolare la media delle immagini se esistono
12 function calculateMean(collection, variableName) {
13   var count = collection.size(); // Controlla il numero di immagini
14   print('Numero di immagini trovate per ' + variableName + ':', count);
15
16   // Calcolo della media
```

Inspector Console Tasks

Search or cancel multiple tasks in the [Task Manager](#) or try the [Tasks Page in the Cloud Console](#)

UNSUBMITTED TASKS

- VHI - 2024 RUN

SUBMITTED TASKS

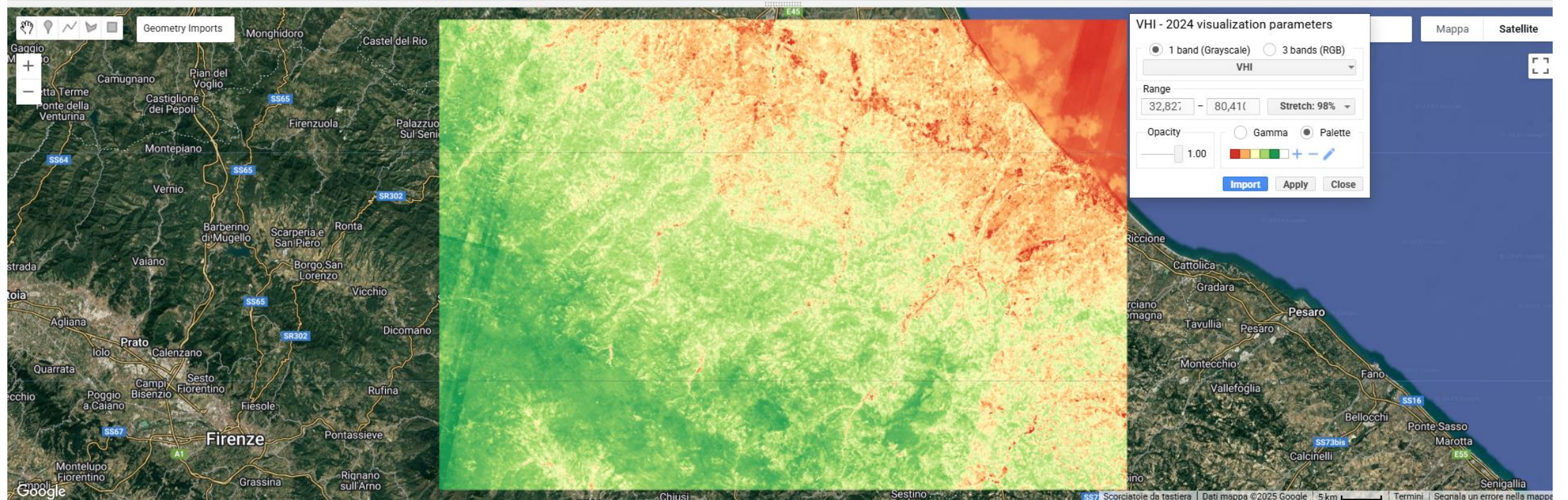
- VHI_P ✓ 4m

ID: LN6TGWOS2LIKQDH25LHNJOQG

Phase: **Completed**

Runtime: 4m (started 2025-10-26 12:50:16 +0100)

Attempted 1 time



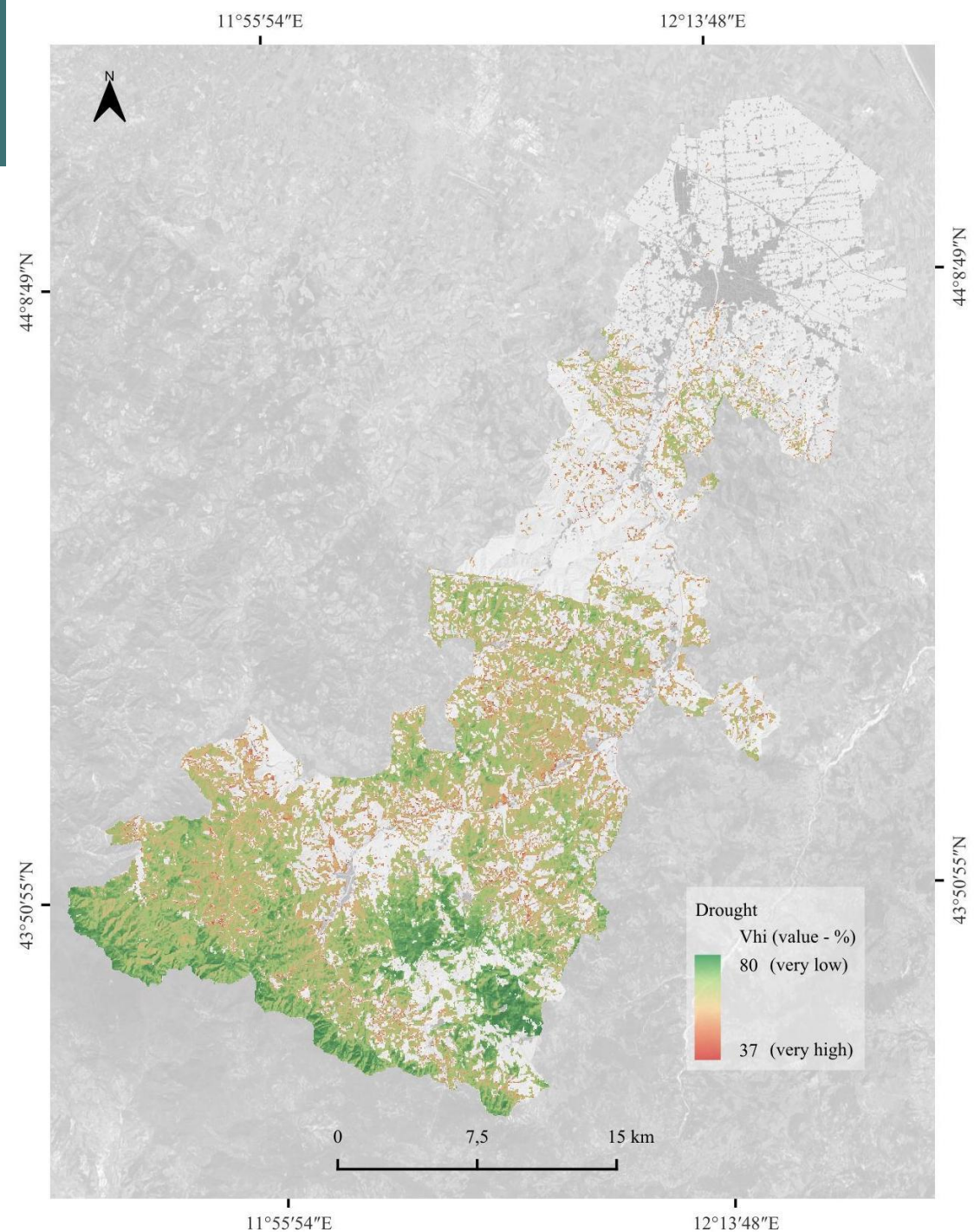
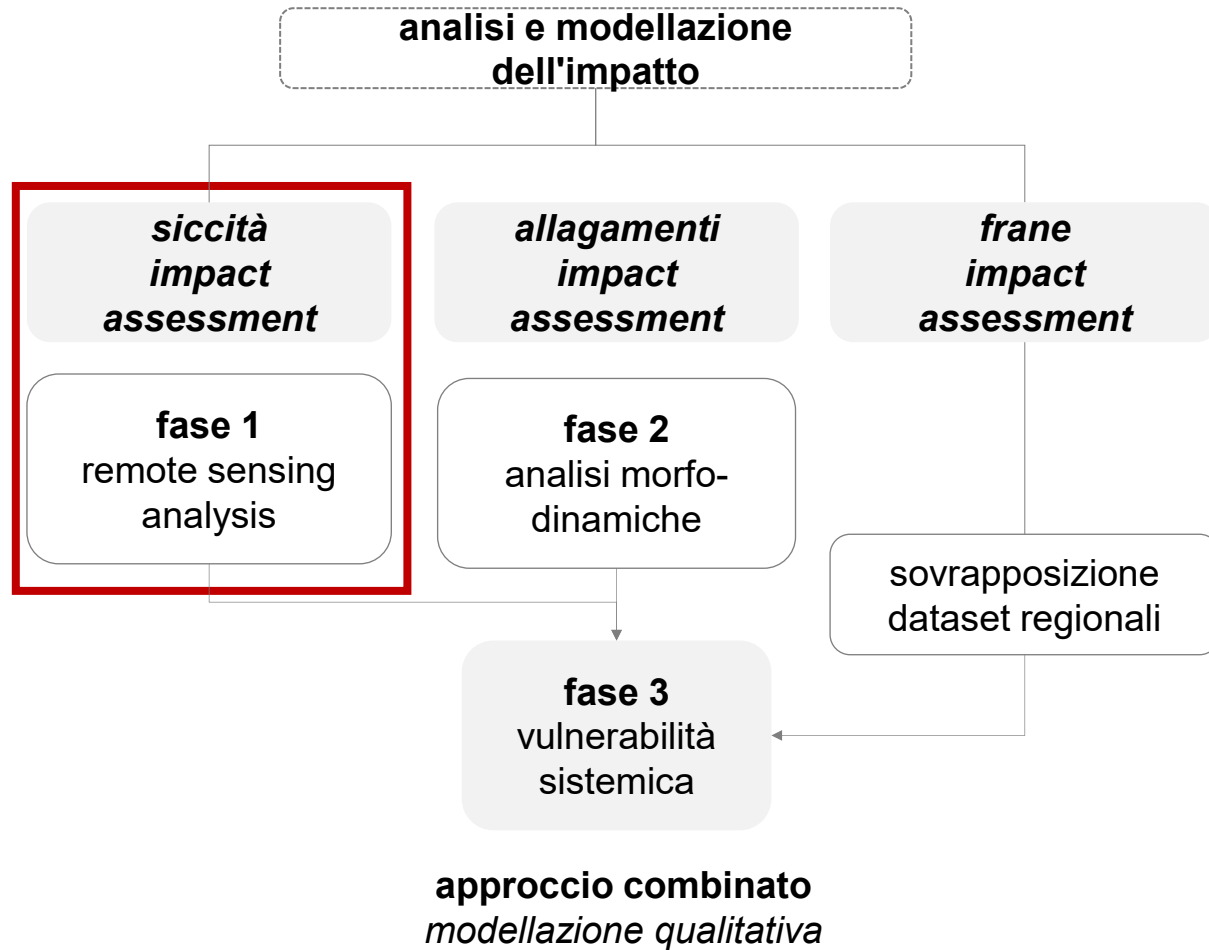
Caso studio Valle Savio

tecniche e strumenti (modelling)

Impatto	Unità statistica	Dati, indicatori e indici	Componenti della vulnerabilità		Elaborazione per il calcolo della vulnerabilità V= S-AC
			S	AC	
Siccità	Pixel 30x30 metri	Vegetation Health Index (Vhi)	Temperature Condition Index Tci	Vegetation Condition Index Vci	La relazione "V= S-AC" è misurata in termini di Vhi.
Surface runoff	Pixel 5x5 metri	<ul style="list-style-type: none"> • modello digitale del terreno (Dtm) • usi del suolo • coefficienti di deflusso 	0,9 aree impermeabili	0,1 aree permeabili	<p>La relazione "V= S-AC" viene elaborata in ambiente Gis mediante la funzione Hydrology. Hydrology consente di restituire un raster di comportamento qualitativo/ quantitativo del sistema idraulico del territorio.</p> <p>La relazione consente di assegnare ai coefficienti di deflusso l'accumulo di flusso Flow_Acc restituendo gli 'impatti idraulici' ϕ_i (o $\phi_{cella\ raster}$). Tale correlazione viene espressa come % di pioggia che si trasforma in deflusso superficiale (con range da 0,1 a 0,9). Il procedimento, calibrato a scala di bacino, è cumulativo.</p>
Frane	perimetrazioni in formato vettoriale	classificazione delle frane in base alla combinazione di stato di attività e di tipologia del movimento	Il fenomeno franoso viene mappato e studiato in associazioni allo studio del runoff		

Caso studio Valle Savio

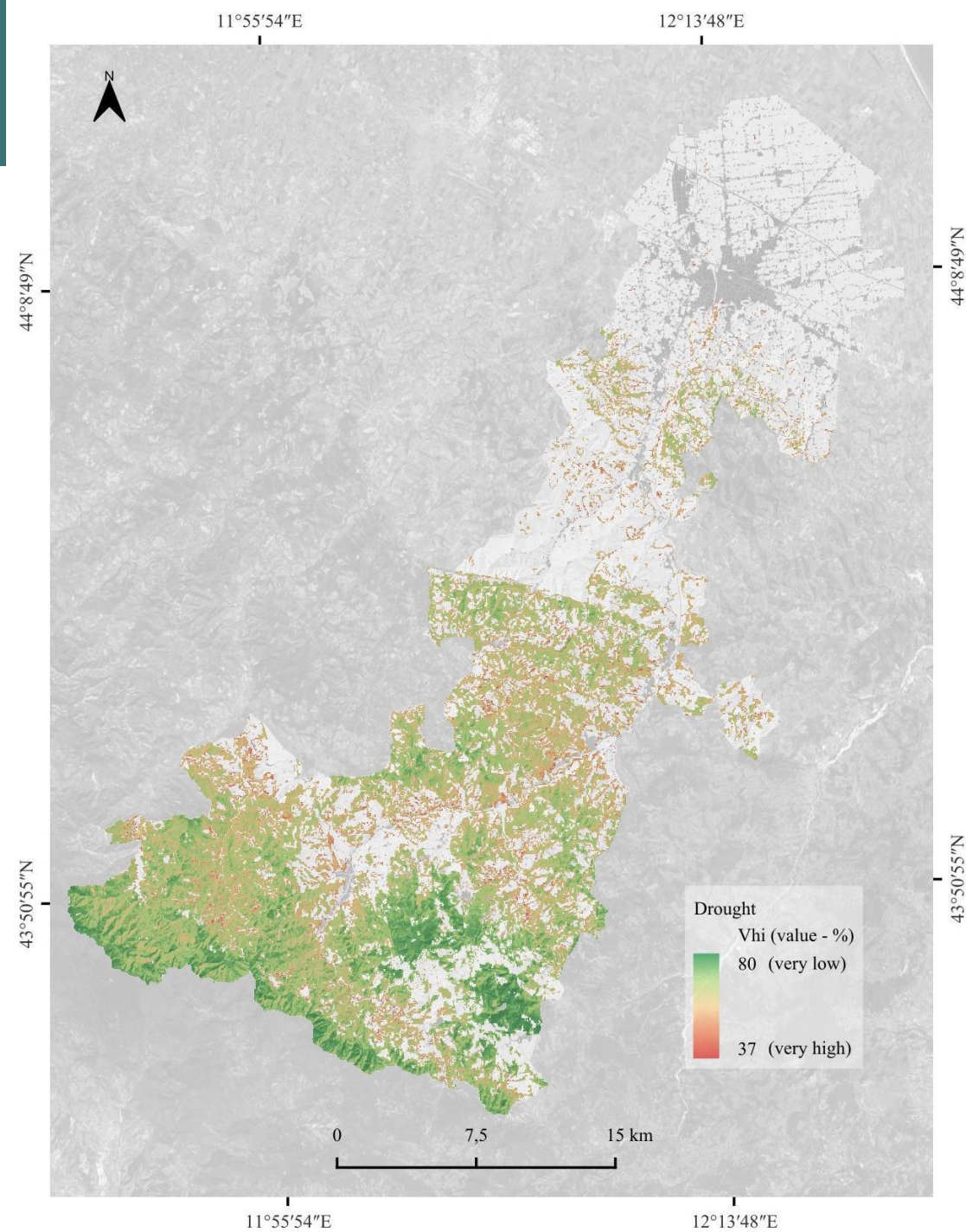
tecniche e strumenti (modelling)



Caso studio Valle Savio

tecniche e strumenti (modelling)

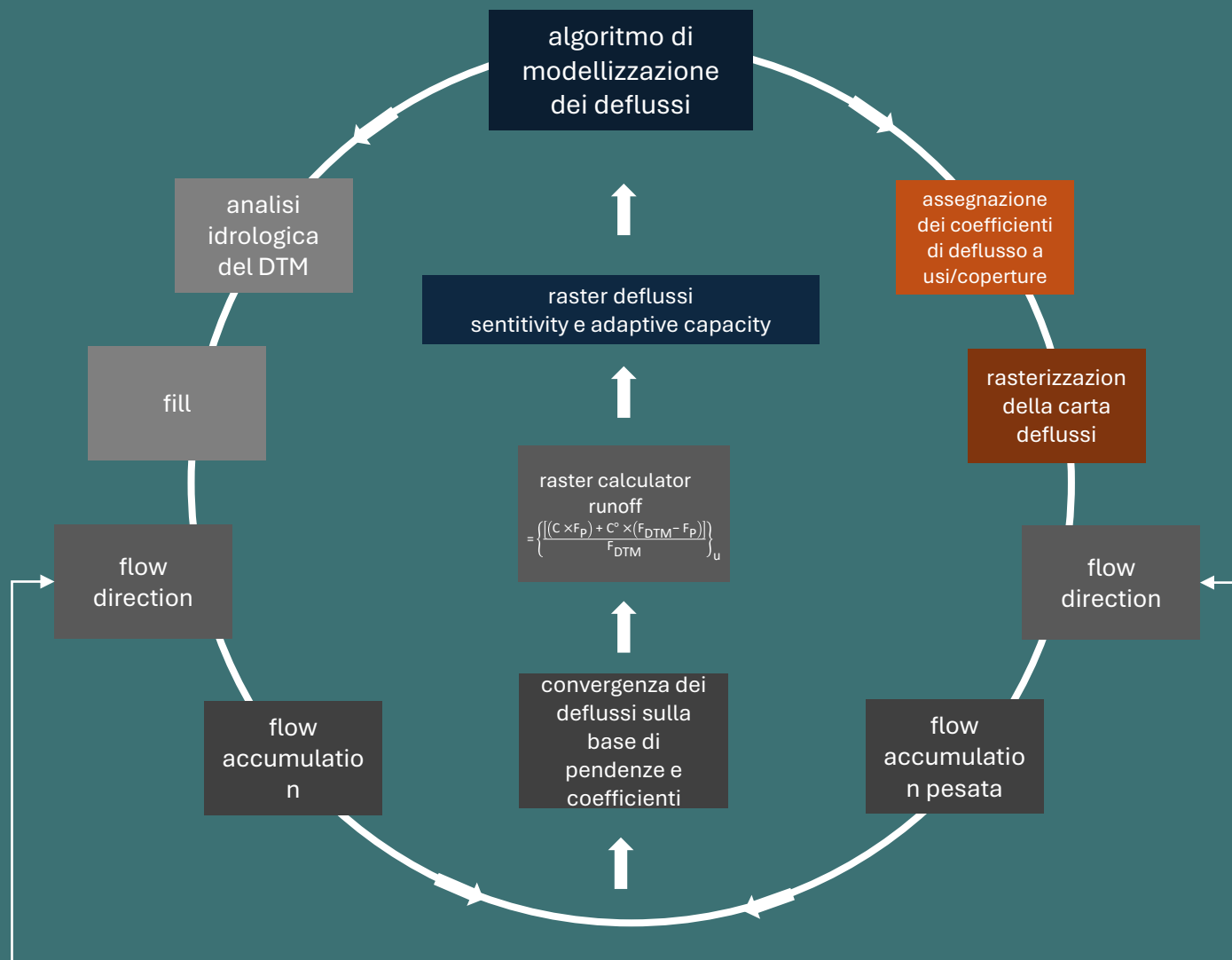
Tipology	Territorial surface (Km ²)	Vhi minimum value recorded	Vhi average value	Vhi maximum values recorded
Boschi a prevalenza di faggi	72,35	55,40	66,35	75,91
Boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	229,85	49,23	57,43	72,55
Boschi a prevalenza di salici e pioppi	1,37	46,69	56,34	61,60
Boschi di conifere	13,84	42,42	61,51	72,70
Boschi misti di conifere e latifoglie	43,72	47,68	62,26	76,66
Boschi planiziari a prevalenza di farnie e frassini	0,06	44,96	48,20	52,08



Caso studio Valle Savio

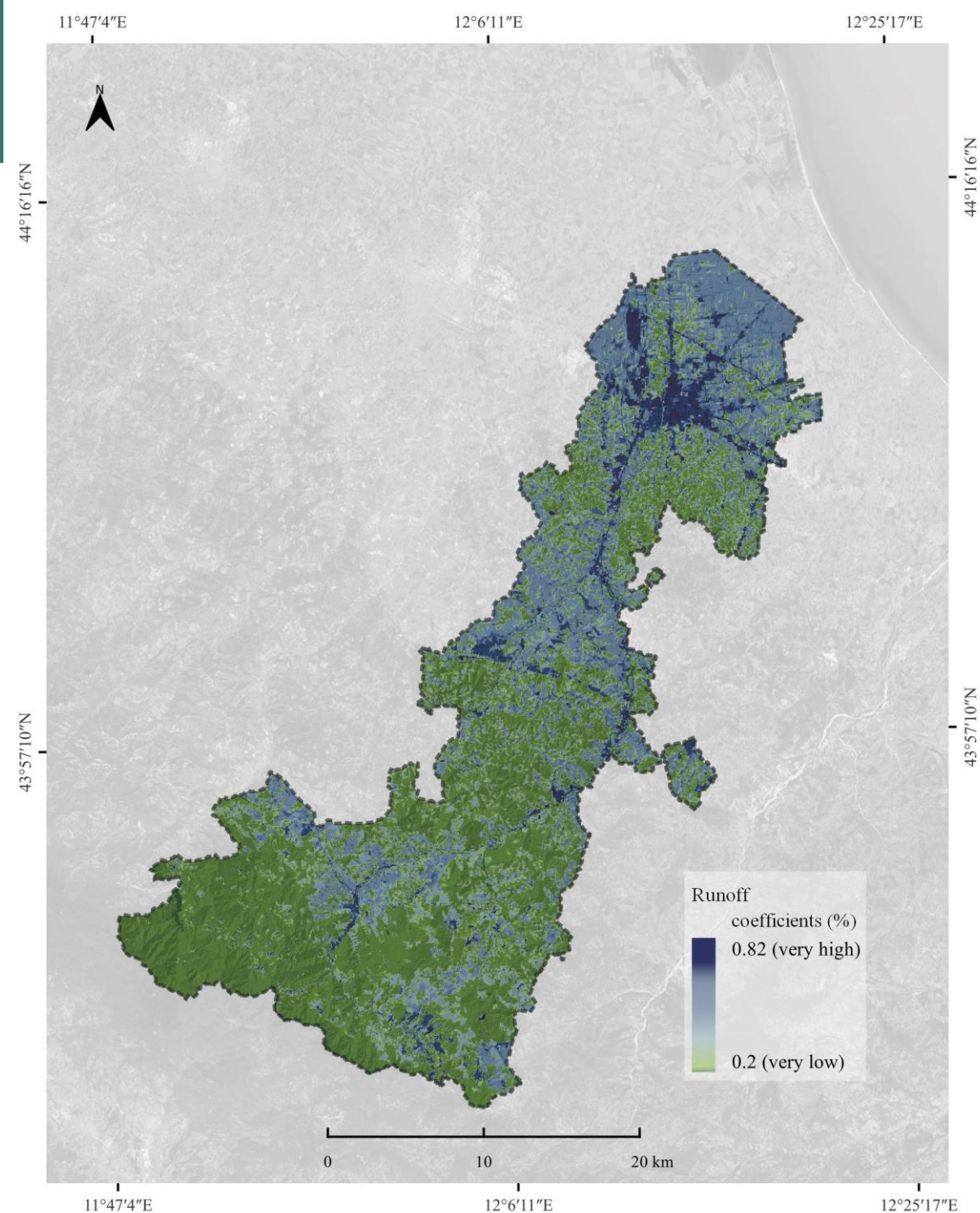
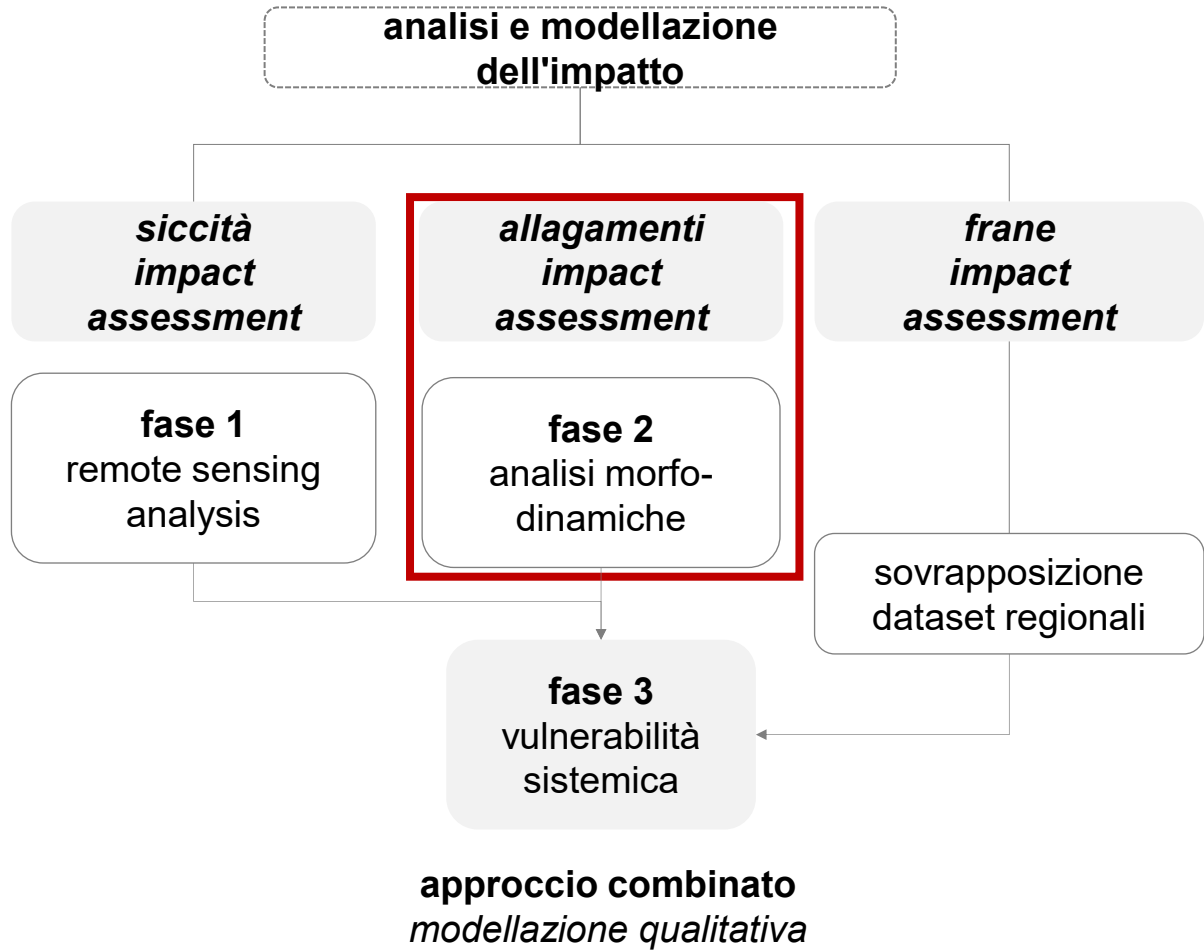
tecniche e strumenti

Algoritmo di stima del deflusso superficiale delle acque meteoriche

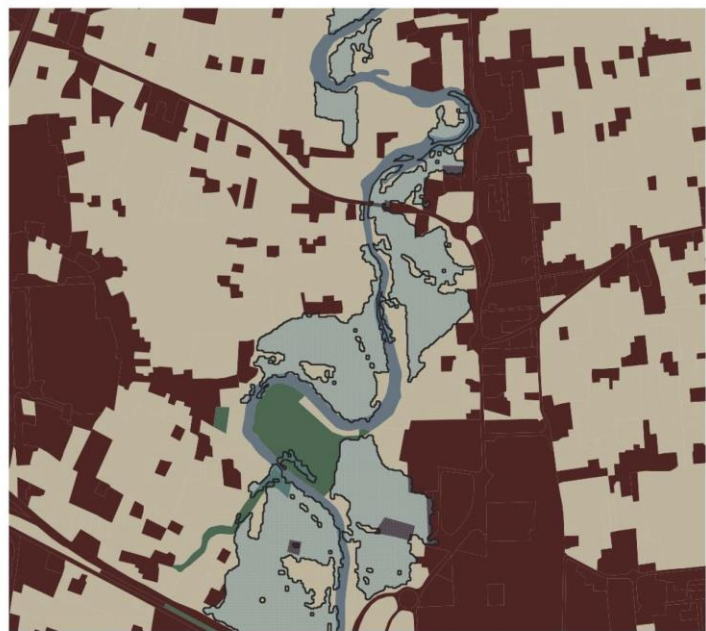
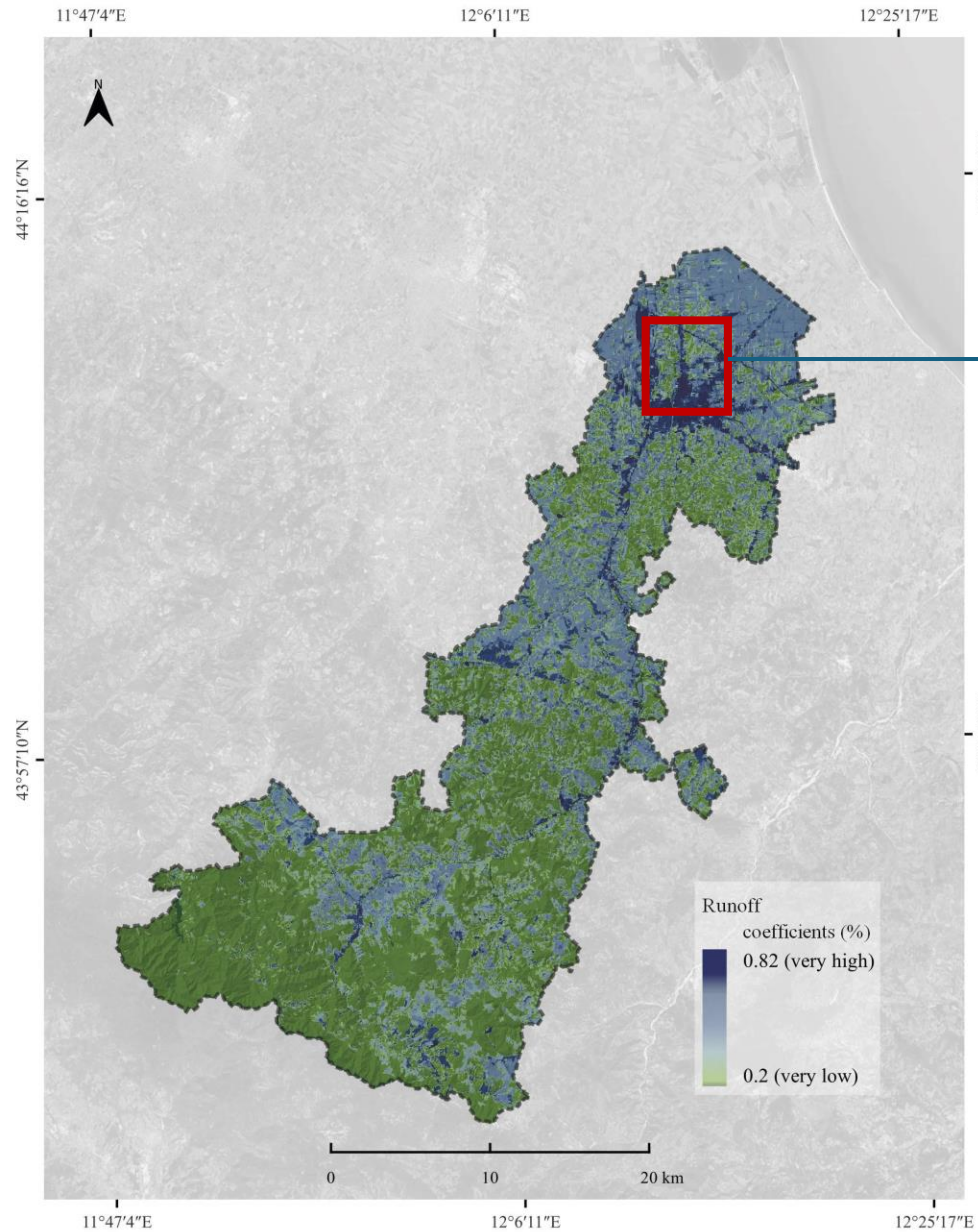


Caso studio Valle Savio

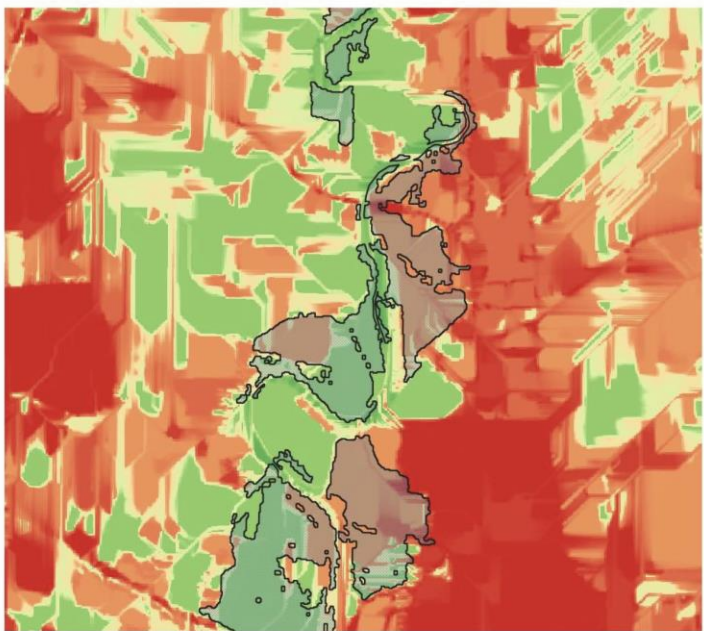
tecniche e strumenti (modelling)



Caso studio Valle Savio tecniche e strumenti (modelling)



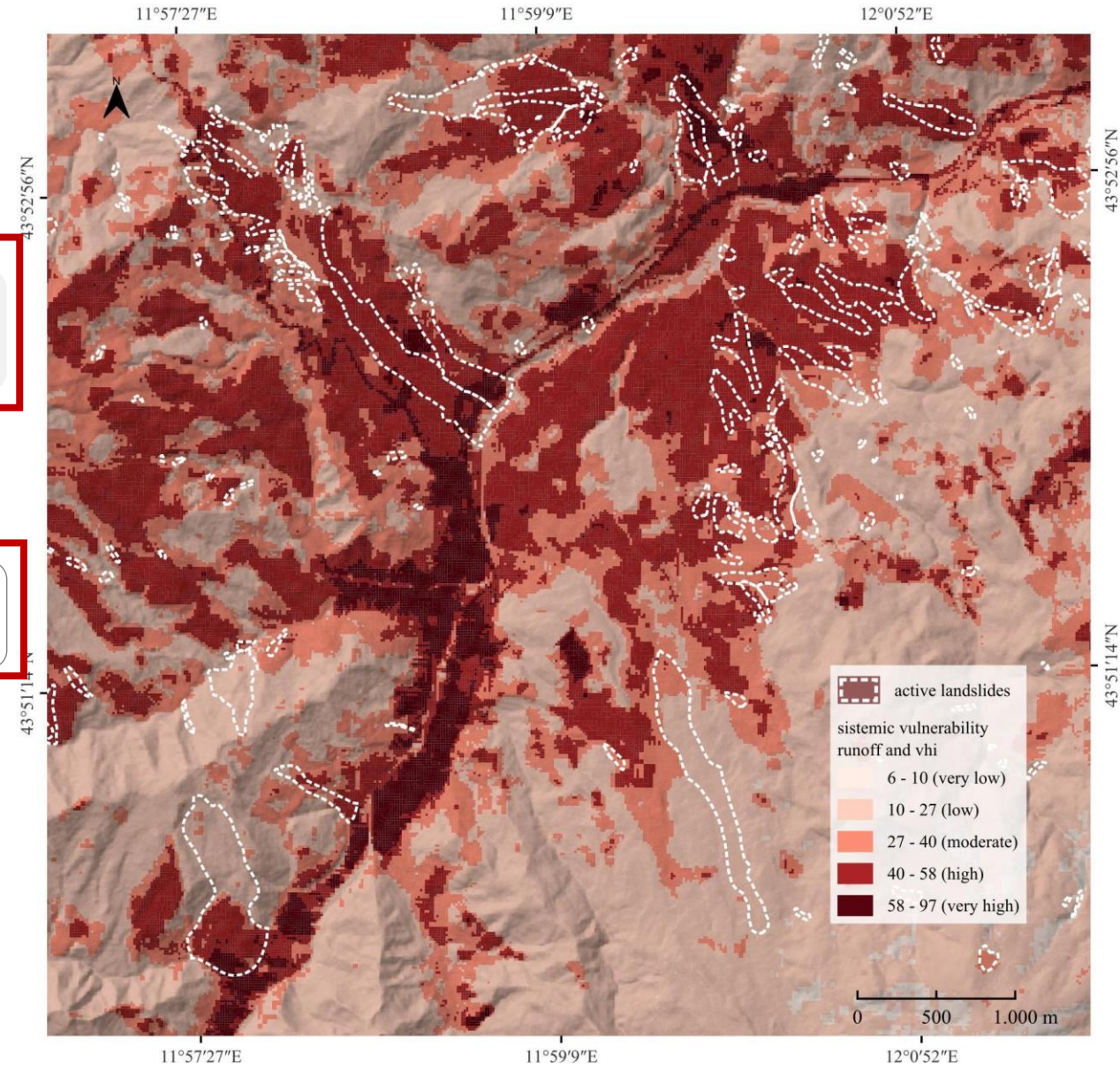
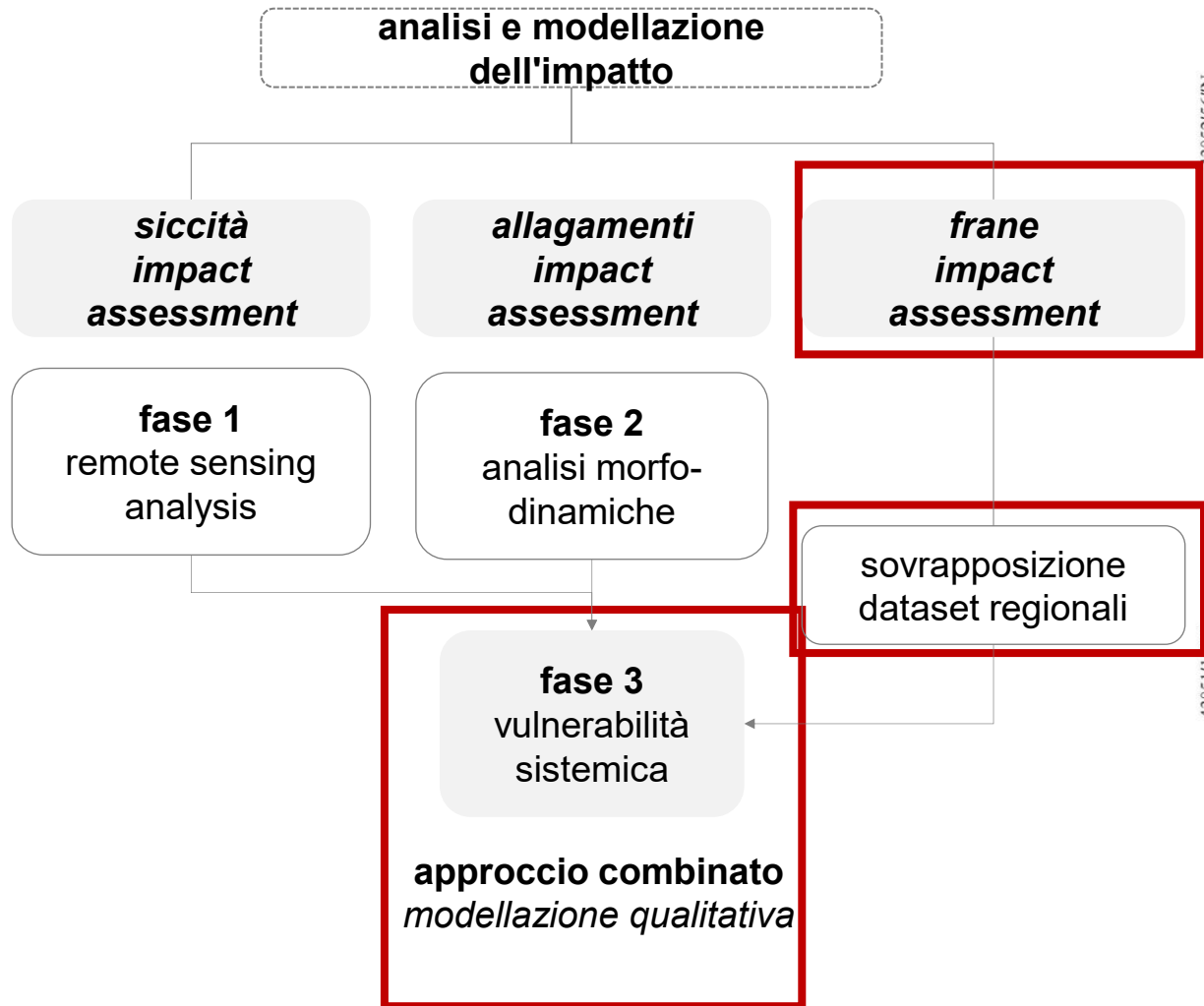
- Land use 2020
- urban fabric
 - agricultural areas
 - forests and semi-natural areas
 - water
 - Flood in Emilia-Romagna Delineation Monitoring (19/05/2023)



- Runoff coefficients (%)
- 0,82 (very high)
 - 0,2 (very low)
 - Flood in Emilia-Romagna Delineation Monitoring (19/05/2023)

Caso studio Valle Savio

tecniche e strumenti (modelling)



Caso studio Valle Savio

discussioni e conclusioni

«ingegneria del rischio» vs «pianificazione del rischio»
la vulnerabilità da oggetto di previsione a criterio di progettazione

PTPR - Scenari e politiche per gli Ambiti paesaggistici

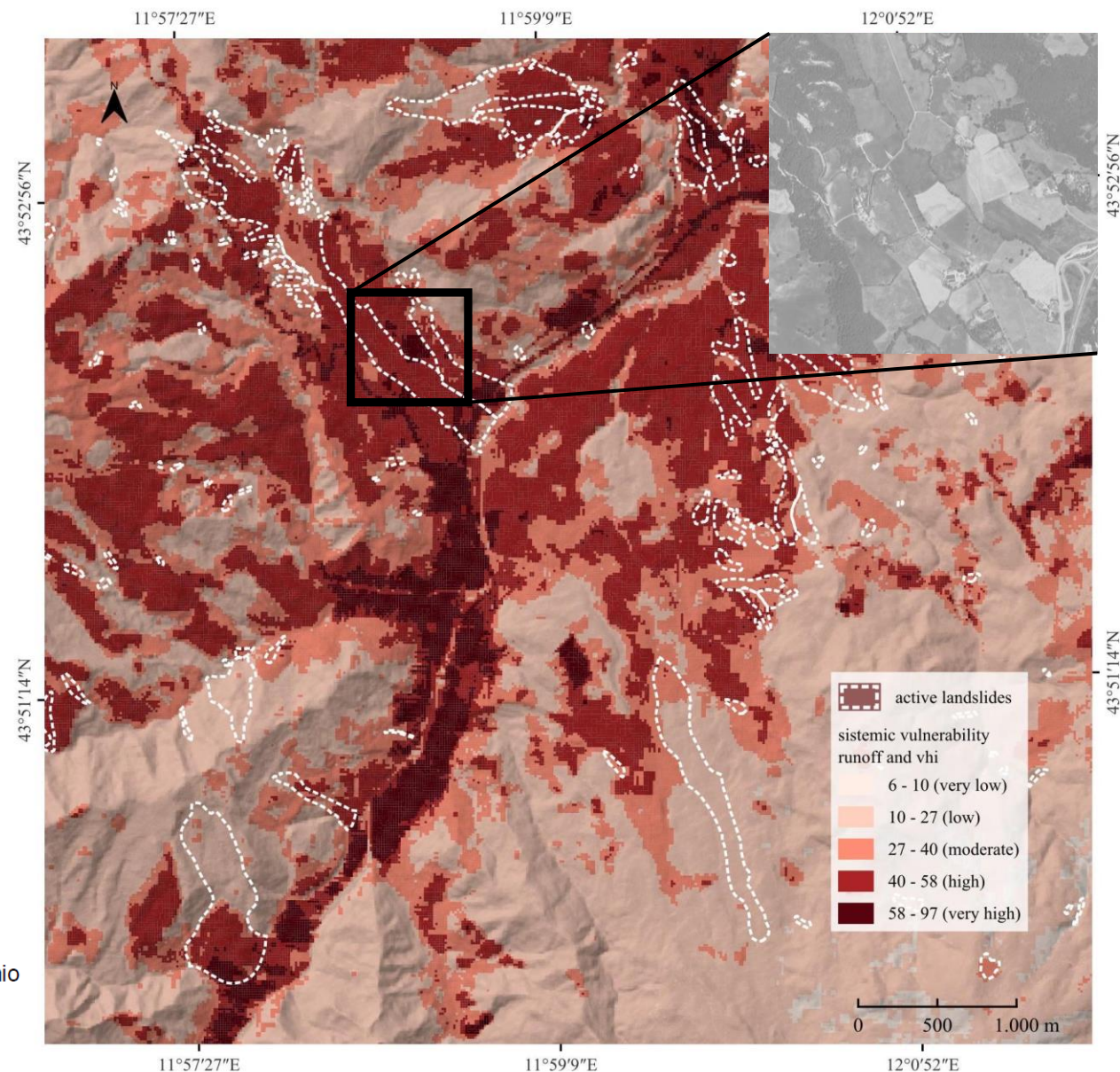
Ag. U _ Area collinare/montana forlivese cesenate
riminese



Territori caratterizzati da un utilizzo agricolo dei suoli integrato ad un sistema forestale boschivo in aumento dalla bassa, alla media e alta collina. Si articola in relazione alle valli fluviali e si connota per la presenza di insediamenti di fondovalle nella collina intermedia tra la dorsale e la pianura. La densità di popolazione diminuisce progressivamente da nord verso sud. Il turismo stagionale e in alcune aree quello termale rivestono un ruolo rilevante nell'economia locale.

Patrimonio storico e archeologico

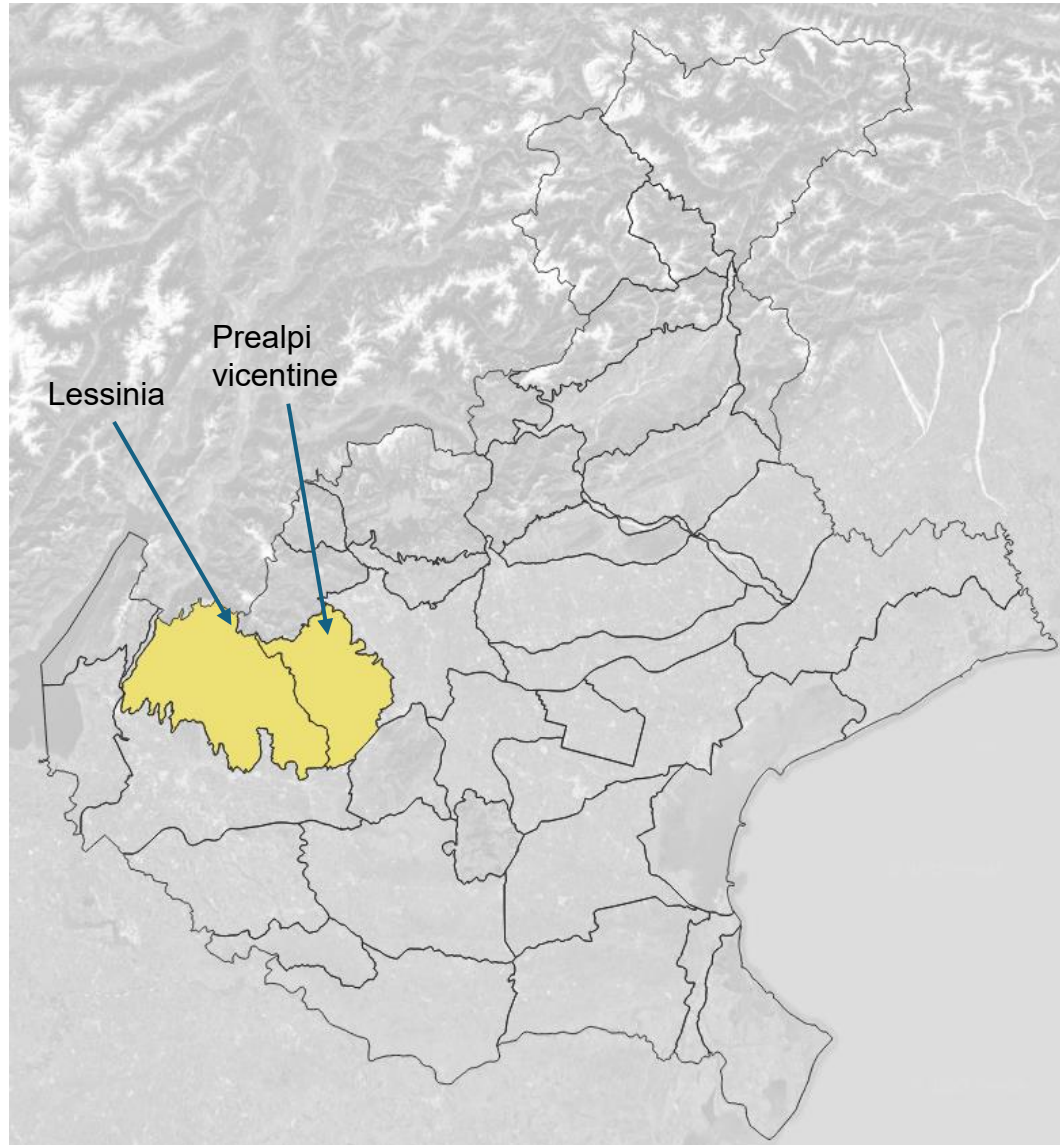
- Recupero del patrimonio edilizio esistente quale elemento dell'identità culturale dei territori
- **Salvaguardia dei centri abitati storici di maggior pregio dai rischi di dissesto e di abbandono**
- Valorizzazione delle aree archeologiche e promozione della conoscenza del patrimonio archeologico



Valutazione di multi-vulnerabilità come modello di apprendimento del progetto territoriale

Multi-vulnerabilità territoriale e paesaggio

Atlante Ricognitivo degli Ambiti di Paesaggio: i 39 ambiti

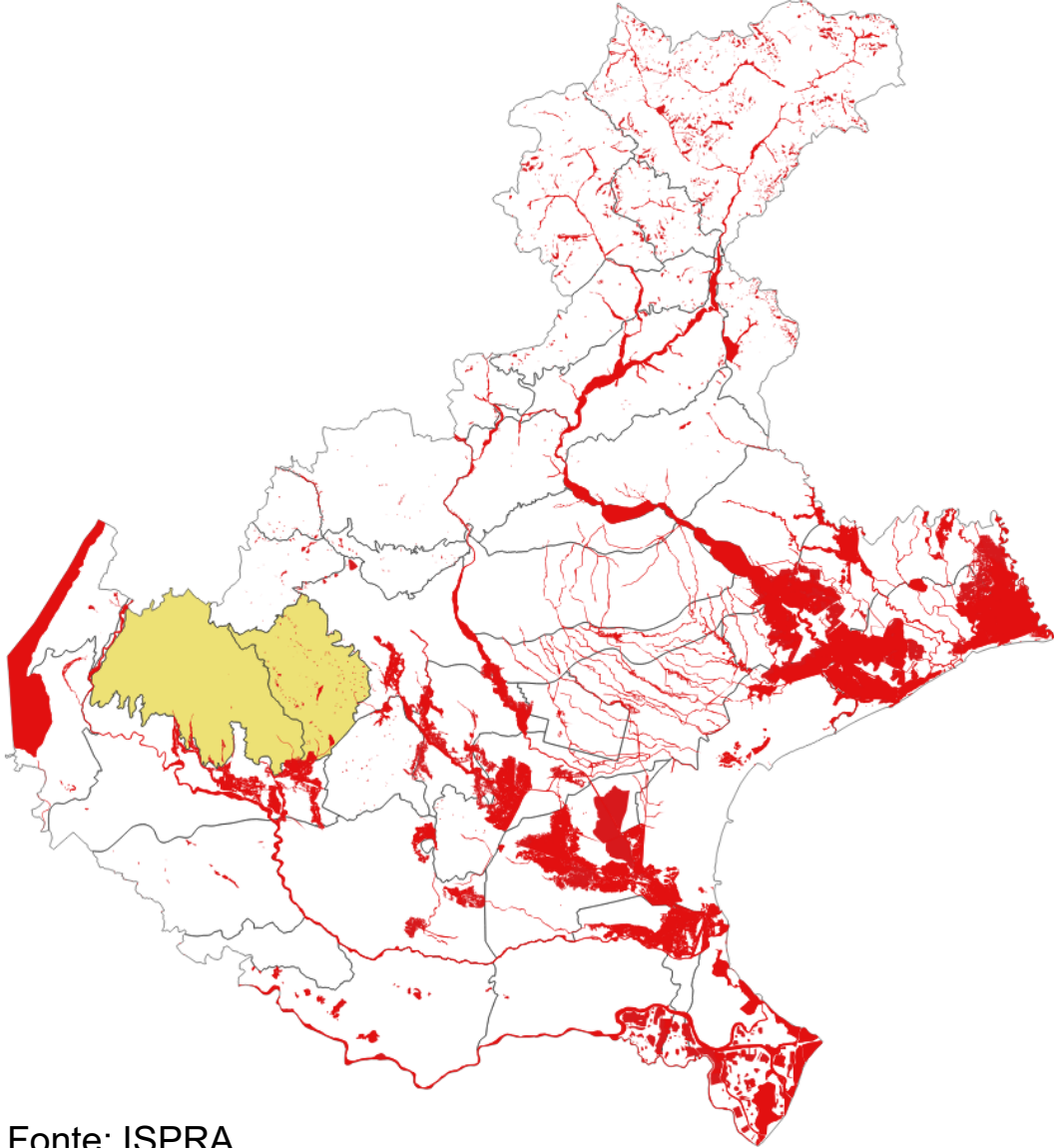


Profilo paesaggistico

- 1. Caratteri strutturanti** – Componenti fisiche e morfologiche (rilievi, corsi d'acqua, versanti, sistemi agrari, insediamenti, infrastrutture).
- 2. Invarianti relazionali** – Relazioni storiche e spaziali che definiscono l'identità del paesaggio (rapporti città-campagna, crinali e fondovalle, reti idriche, visuali e percorsi).
- 3. Valori** – Componenti identitarie e patrimoniali (ambientali, storiche, produttive, simboliche).
- 4. Criticità e vulnerabilità** – Fragilità ambientali e antropiche, pressioni insediative, dissesto idrogeologico, perdita di qualità ecologica o paesaggistica.
- 5. Obiettivi e indirizzi di qualità** – Linee strategiche per la tutela, la valorizzazione e la gestione evolutiva del paesaggio.

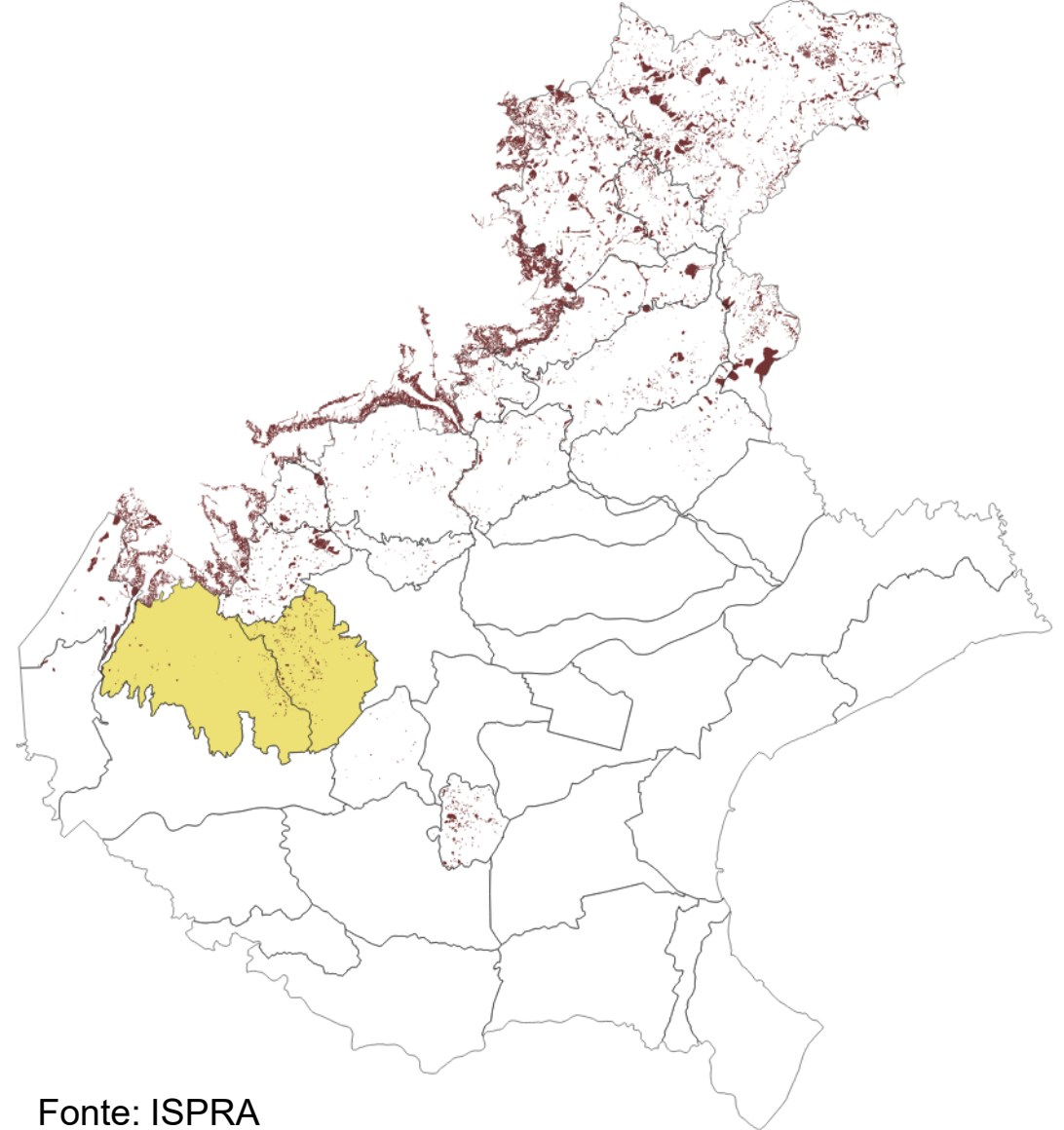
Criticità e vulnerabilità

Scenari di hazard idraulico a media e alta probabilità



Fonte: ISPRA

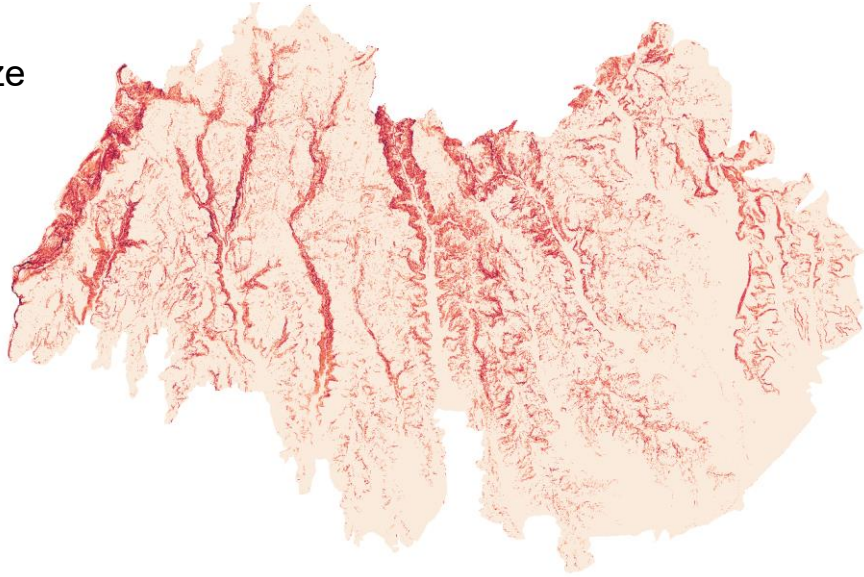
Inventario frane IFFI 2024



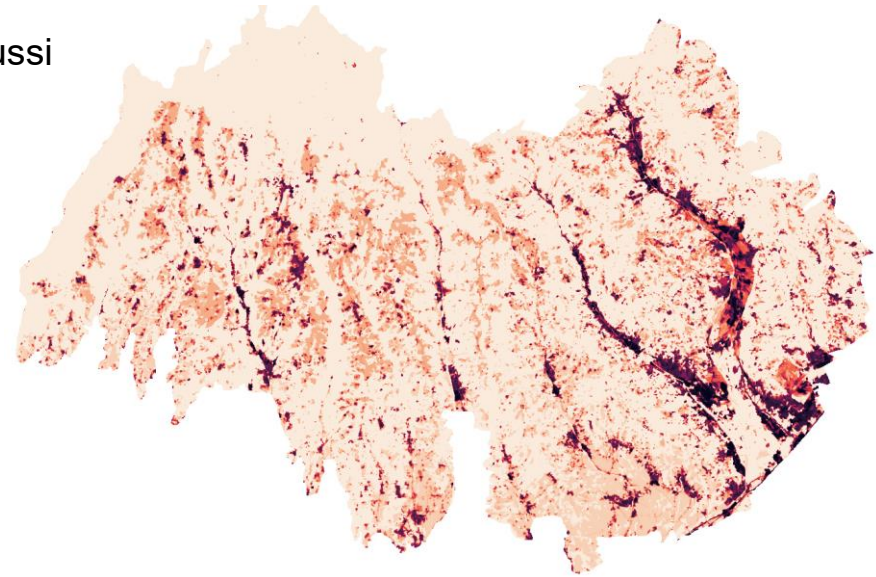
Fonte: ISPRA

Indicatori - normalizzati - di multi-vulnerabilità

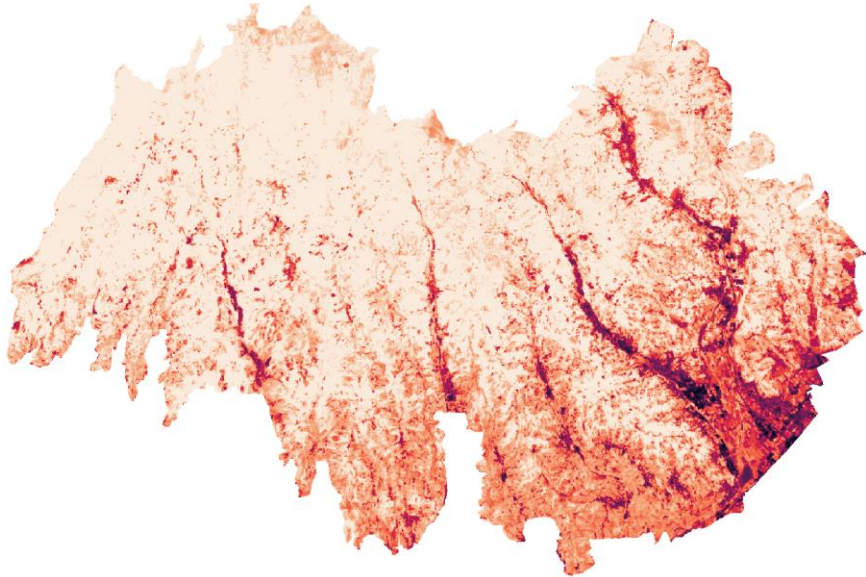
Pendenze



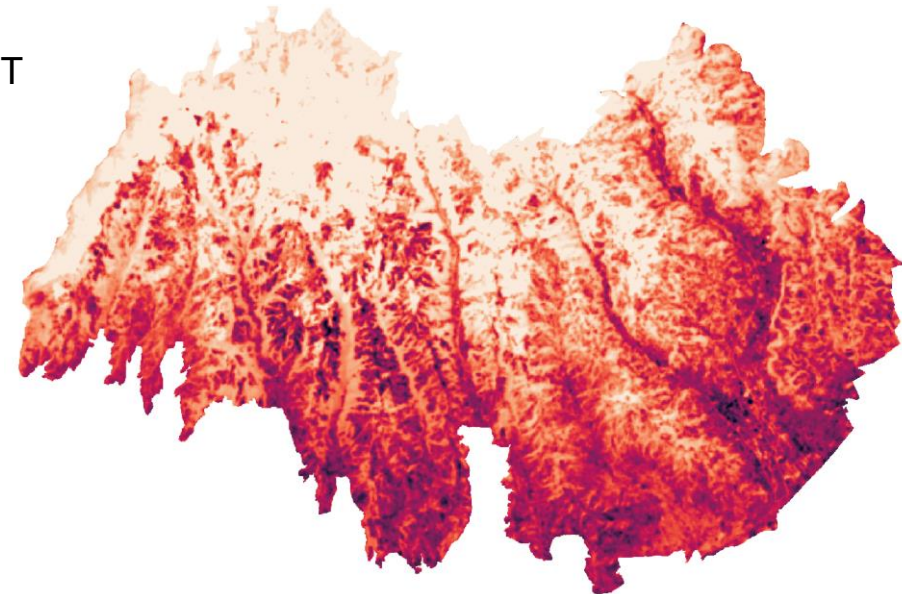
Deflussi



VHI



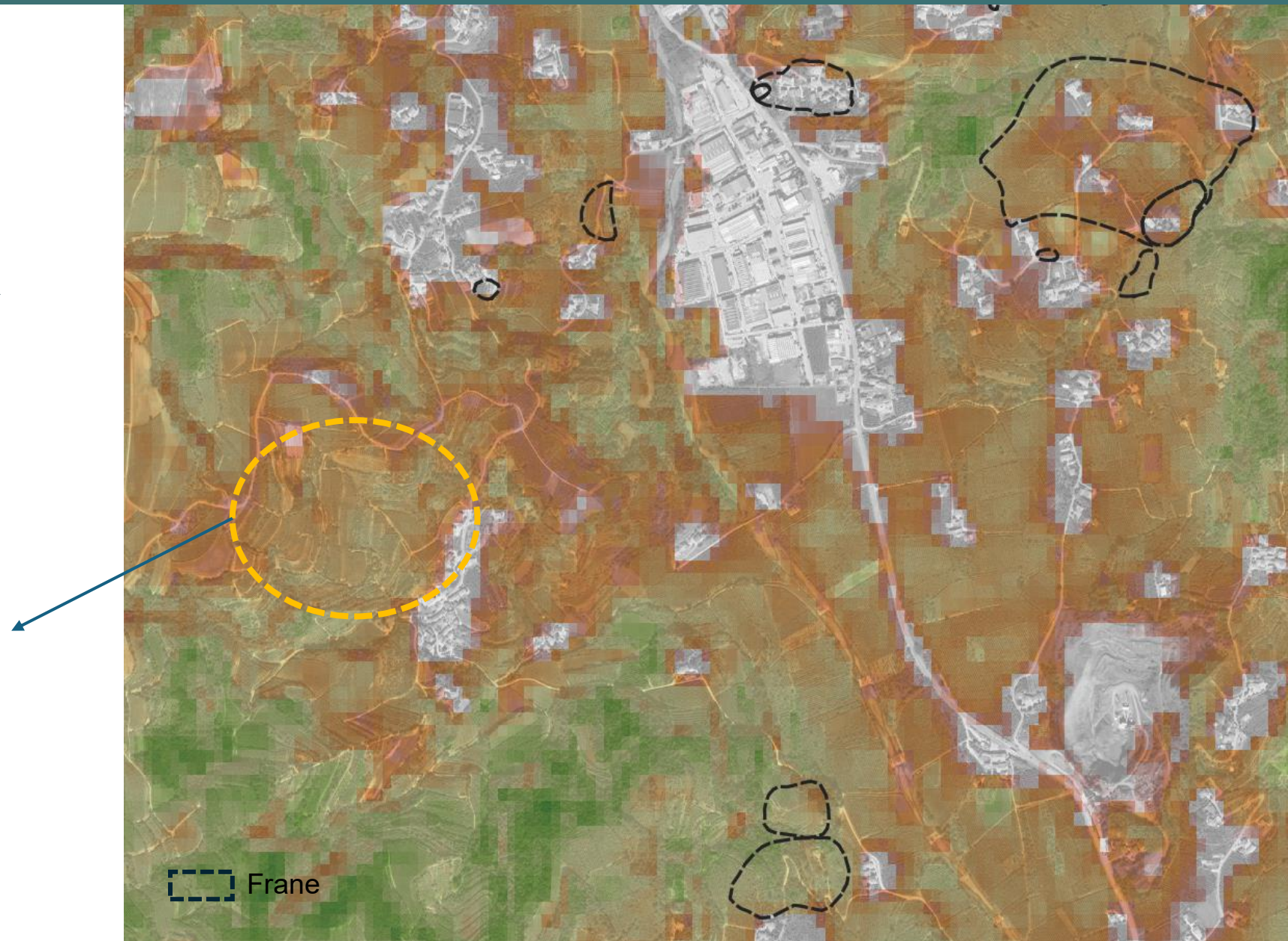
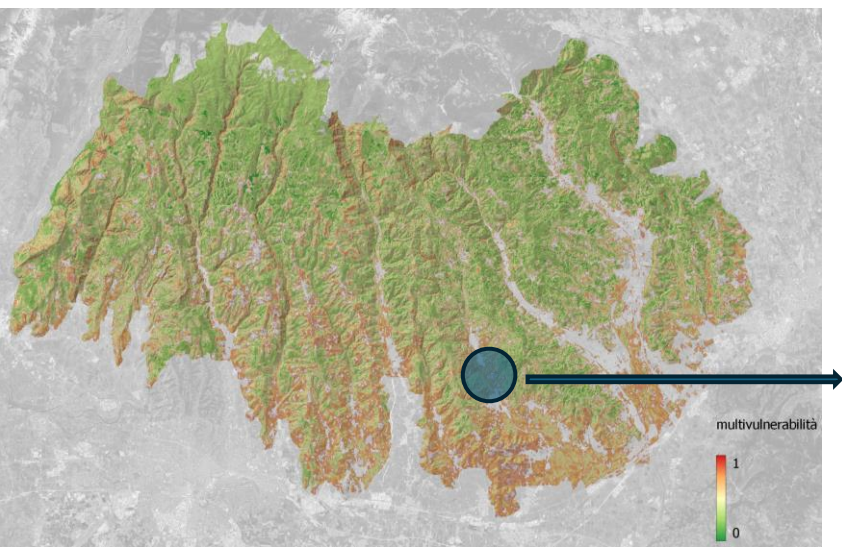
LST



Multi-vulnerabilità



Apprendimento e valutazione



Grazie