



**Interreg**



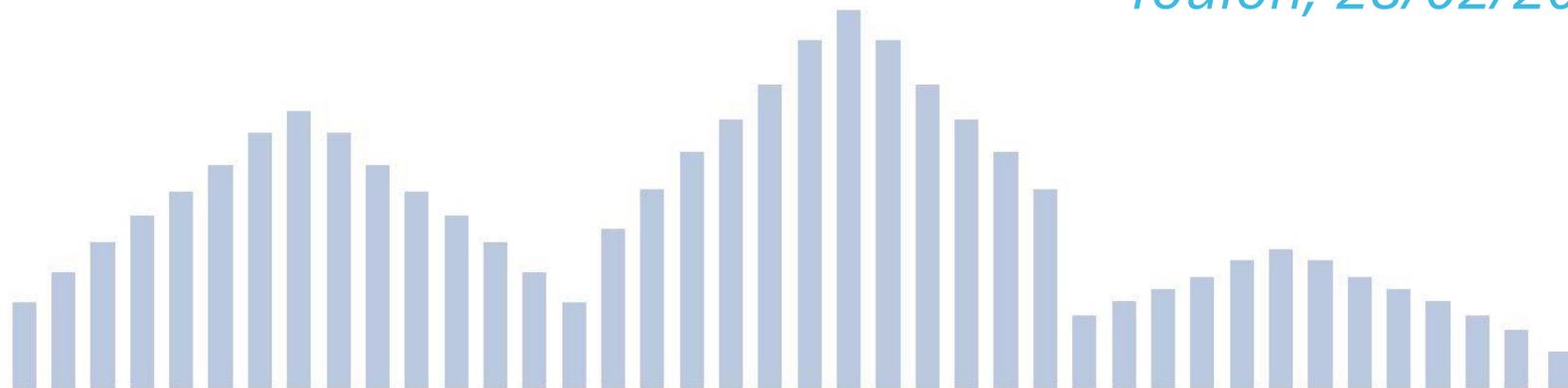
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

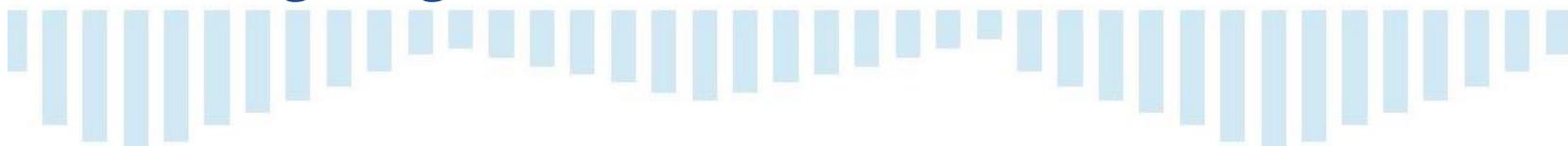
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



*Toulon, 28/02/2019*



**Il bosco e la pianificazione territoriale:  
Comprendere il ruolo della vegetazione per il contrasto al  
dissesto idrogeologico e l'adattamento ai cambiamenti climatici**



**Dott. Agr. Alessandro Errico**

DAGRI - Università degli Studi di Firenze



**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

## Indice:

- 1) Il ruolo idrologico del bosco
- 2) Carrara e il torrente Carrione
- 3) Analisi della vegetazione



**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



# Il ruolo idrologico del bosco



## Il bacino idrografico

Bacino: area di territorio che drena in un punto specifico

(Foto J. Kirchner, ETH)



Interreg



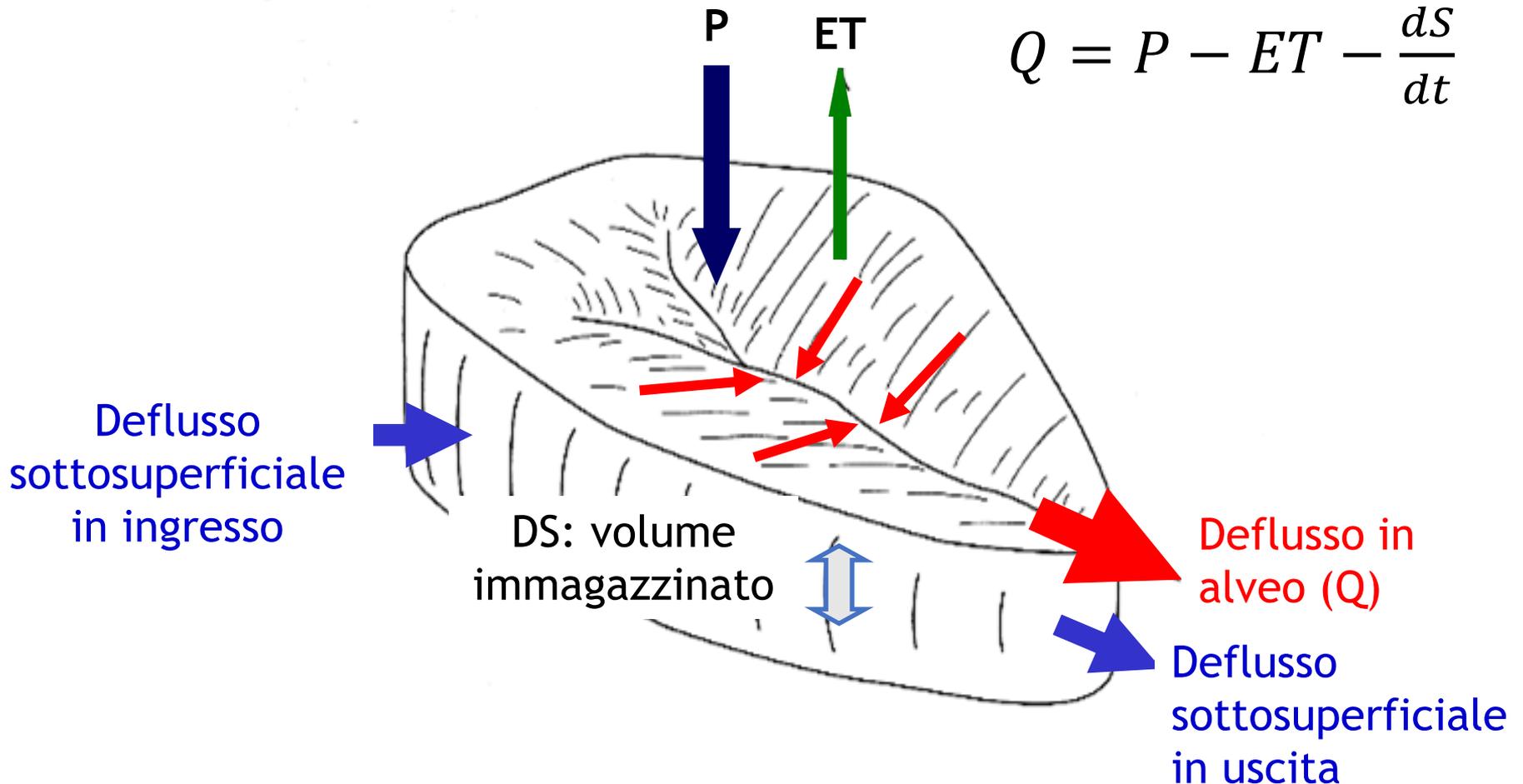
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

## Ciclo idrologico a scala di bacino



Dingman, 2002 (modificato)



**Interreg**



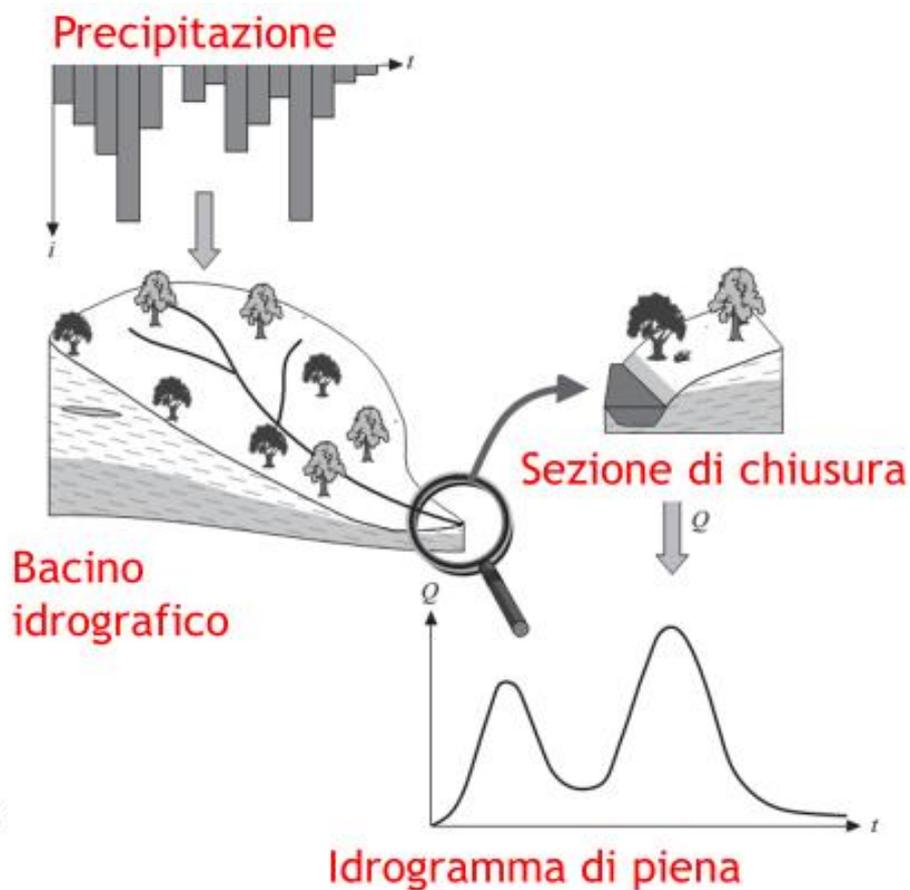
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

## Risposta idrologica a scala di bacino



Musy, 2013





Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Aumento dell'**infiltrazione**

Ricarica delle **falde acquifere**



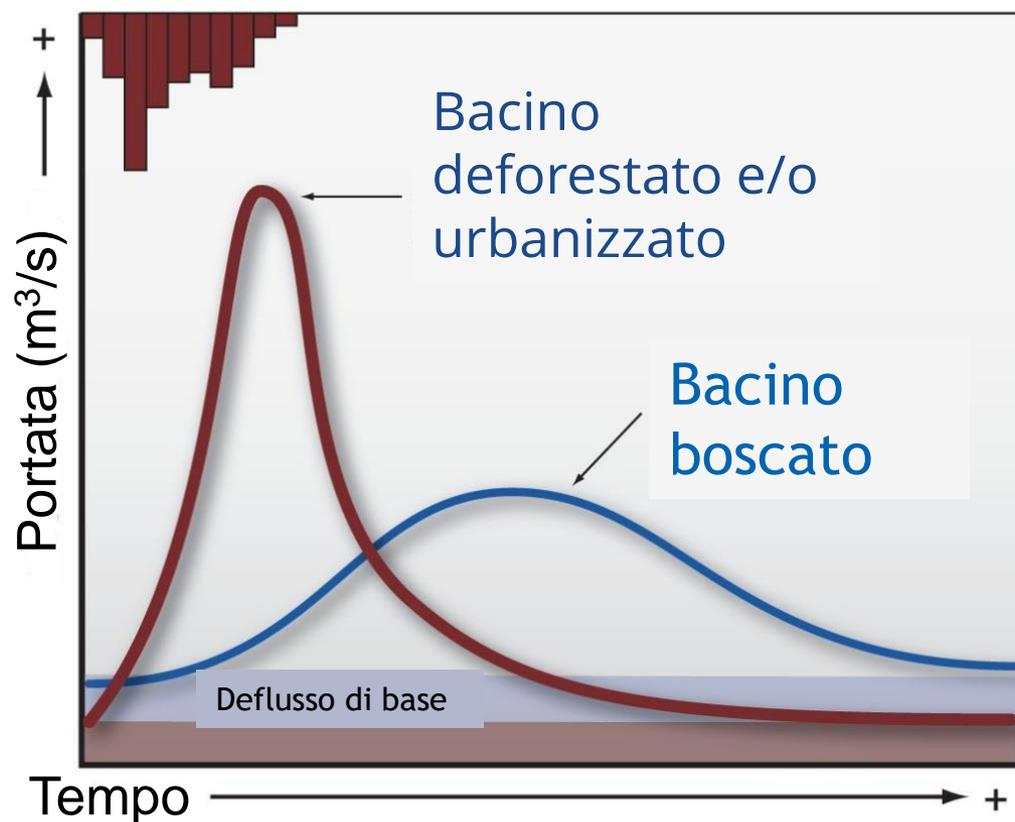
Diminuzione deflusso superficiale

La Cooperazione al cuore del Mediterraneo  
La Coopération au coeur de la Méditerranée



## Variazioni di portata in presenza/assenza di bosco

### La laminazione delle piene





# Interreg



UNIONE EUROPEA

## MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Riduzione del trasporto  
di **sedimenti e inquinanti**  
ai corsi d'acqua e alla  
falda acquifera



La Cooperazione al cuore del Mediterraneo  
La Coopération au coeur de la Méditerranée



Interreg



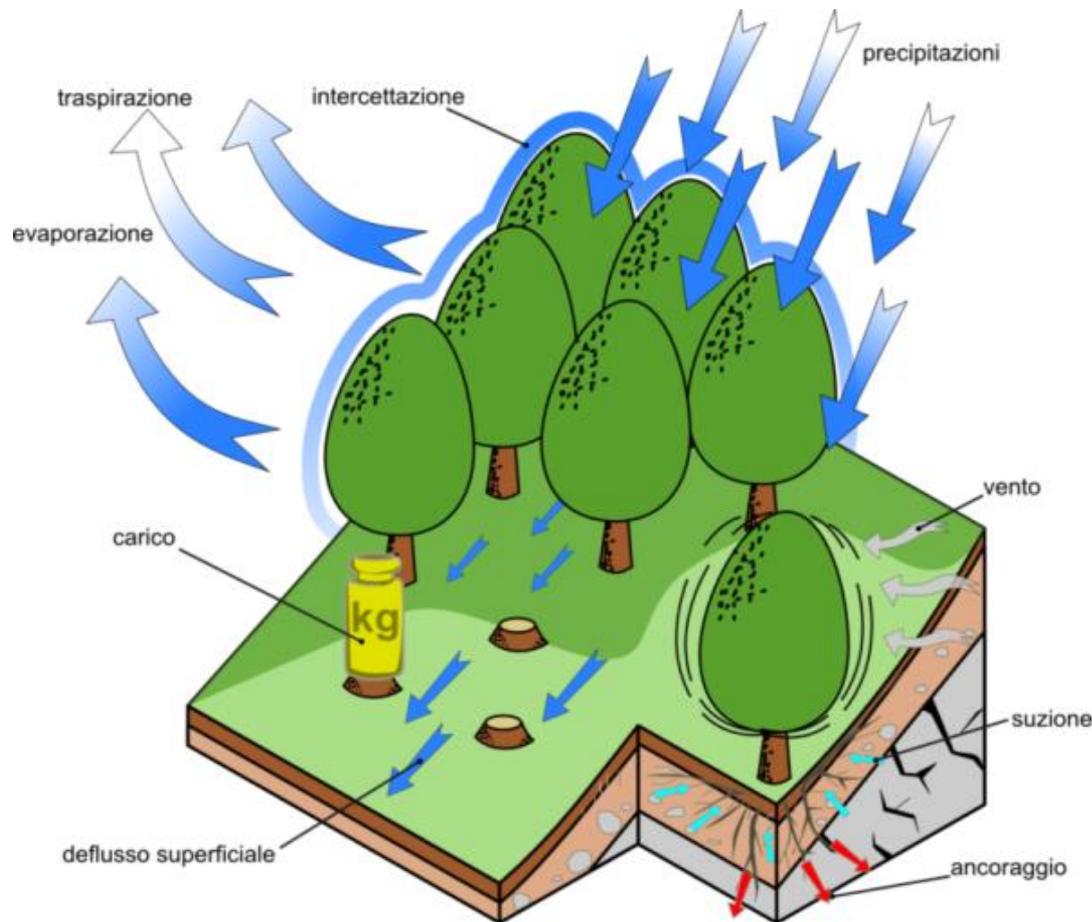
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



## Effetti sulla stabilità dei versanti



Consolidamento particelle di suolo (+)

Coesione radicale (+)

Ancoraggio (+)

Peso (+/-)

Vento (-)



**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



## Effetti sulla stabilità dei versanti





**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



## In sintesi: effetti principali del bosco sulle acque

- Quantità d'acqua  
(effetto **regimante**)
- Qualità dell'acqua  
(effetto **filtrante**)
- Stabilità dei versanti  
(effetto **stabilizzante**)





**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



# Carrara e il Torrente Carrione



**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

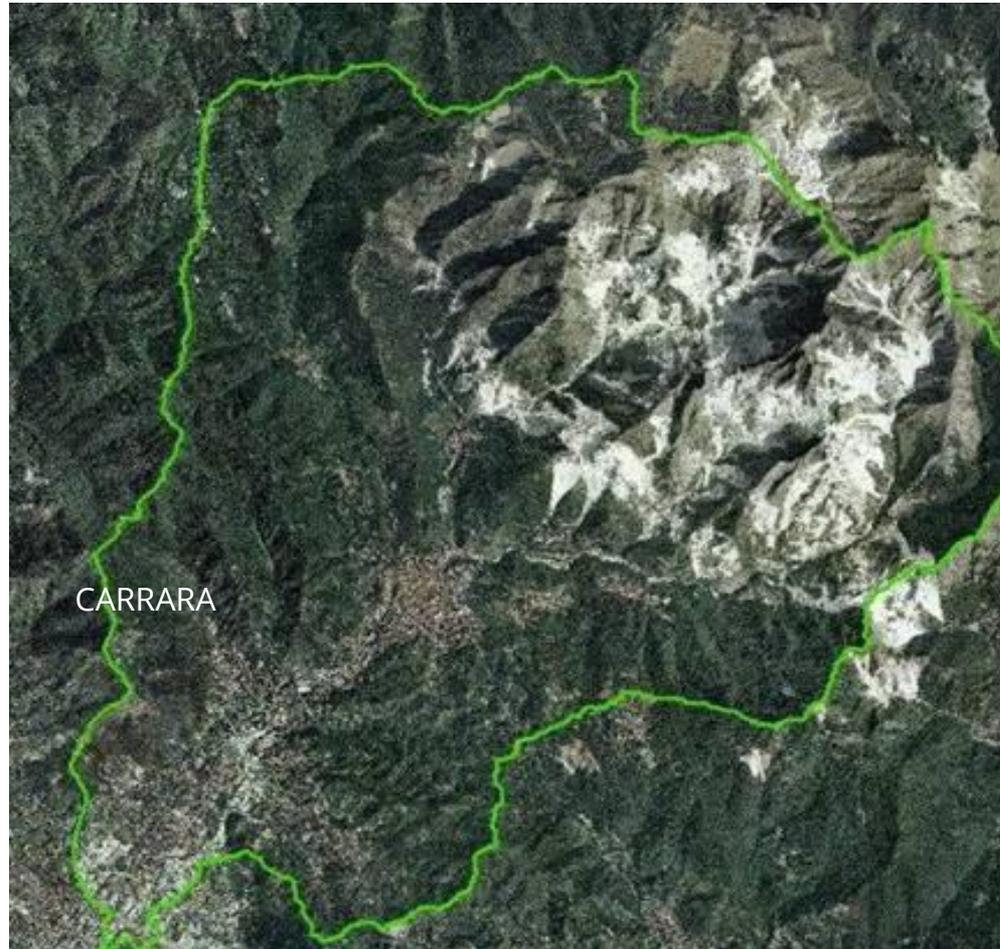


## Carrara e il Torrente Carrione

Area: circa 50 km<sup>2</sup>

Lunghezza asta  
principale: 15.4 km

Escursione  
altimetrica: 0 - 2000  
m



**BACINO  
MARMIFERO**



Mediterraneo

La Coopération au coeur de la Méditerranée



**Interreg**



UNIONE EUROPEA

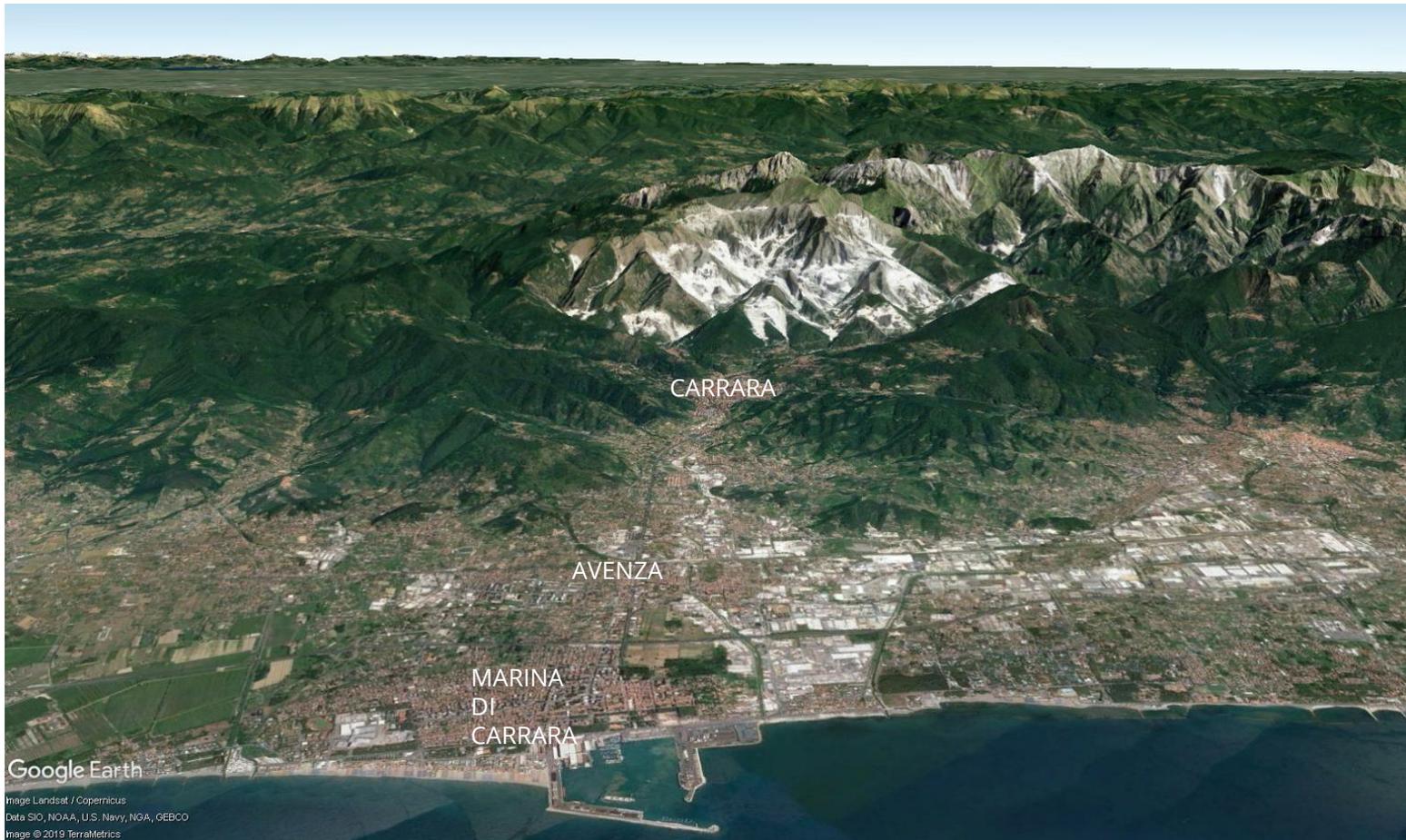
MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

# Carrara e il Torrente Carrione

La città di Carrara raccoglie le acque defluenti da 5 sottobacini inseriti nelle Alpi Apuane



Google Earth

Image Landsat / Copernicus  
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO  
Image © 2019 TerraMetrics

Mediterraneo  
Mediterranée



**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



# Carrara e il Torrente Carrione

La città di Carrara raccoglie le acque defluenti da 5 sottobacini inseriti nelle Alpi Apuane





**Interreg**



UNIONE EUROPEA

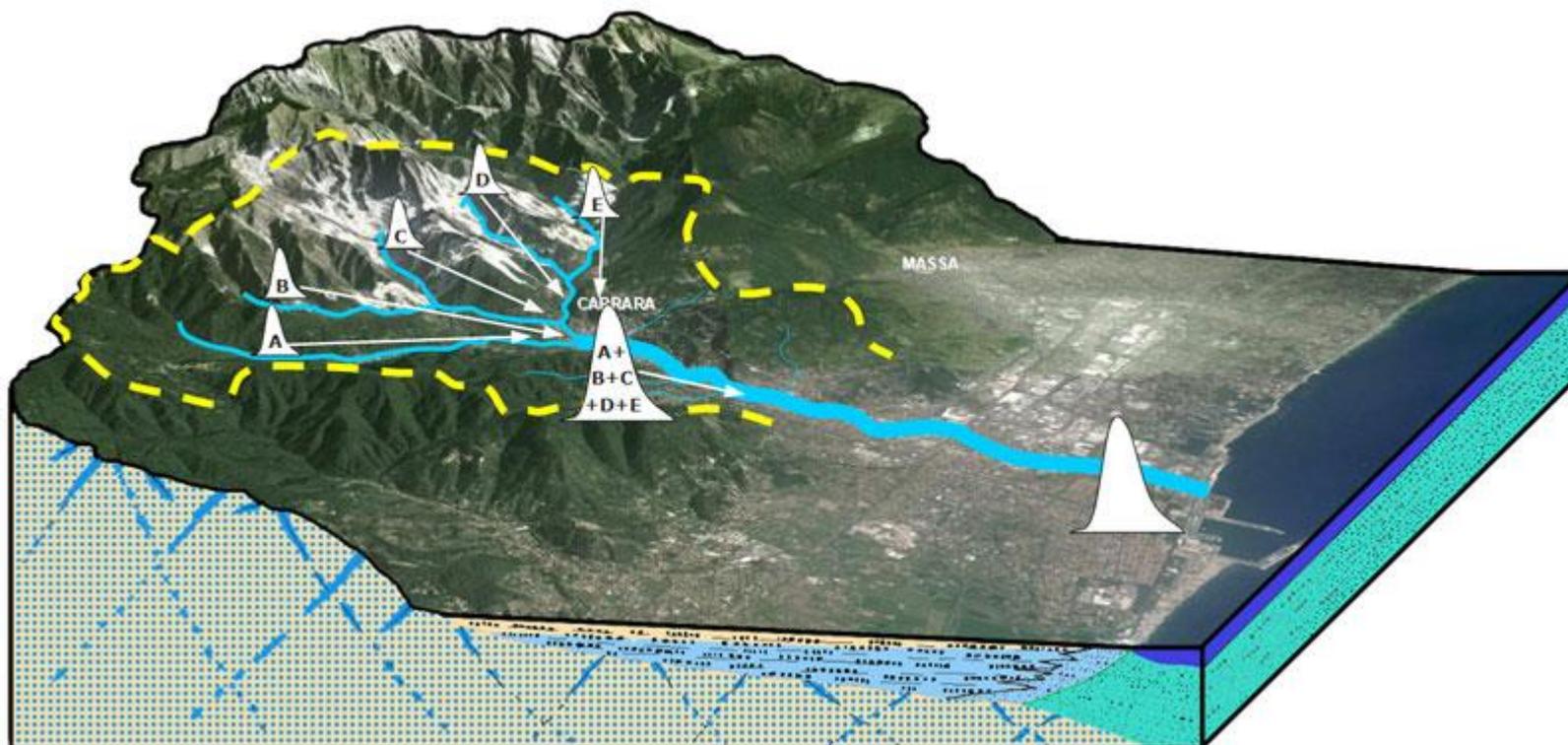
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



## Il Rischio Idrogeologico a Carrara

La città di Carrara raccoglie le acque defluenti da 5 sottobacini inseriti nelle Alpi Apuane





Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



# Il Rischio Idrogeologico a Carrara

- Le sezioni sono di dimensioni ridotte
- Ponti storici le riducono ulteriormente





**Interreg**



UNIONE EUROPEA

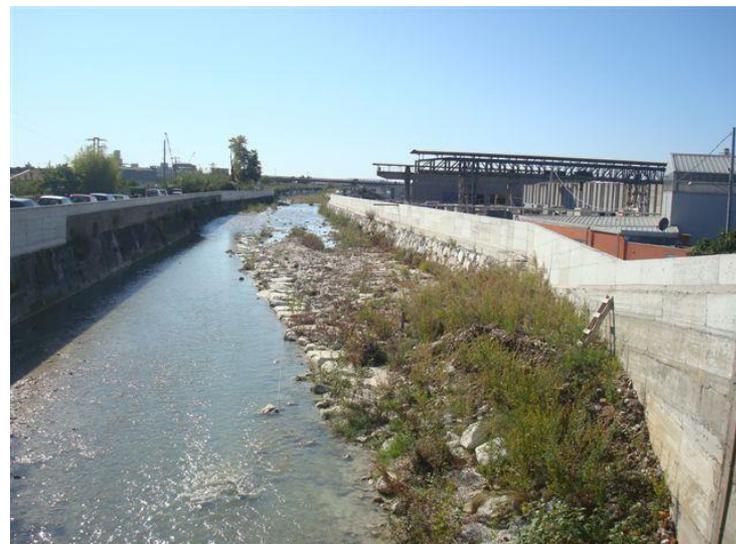
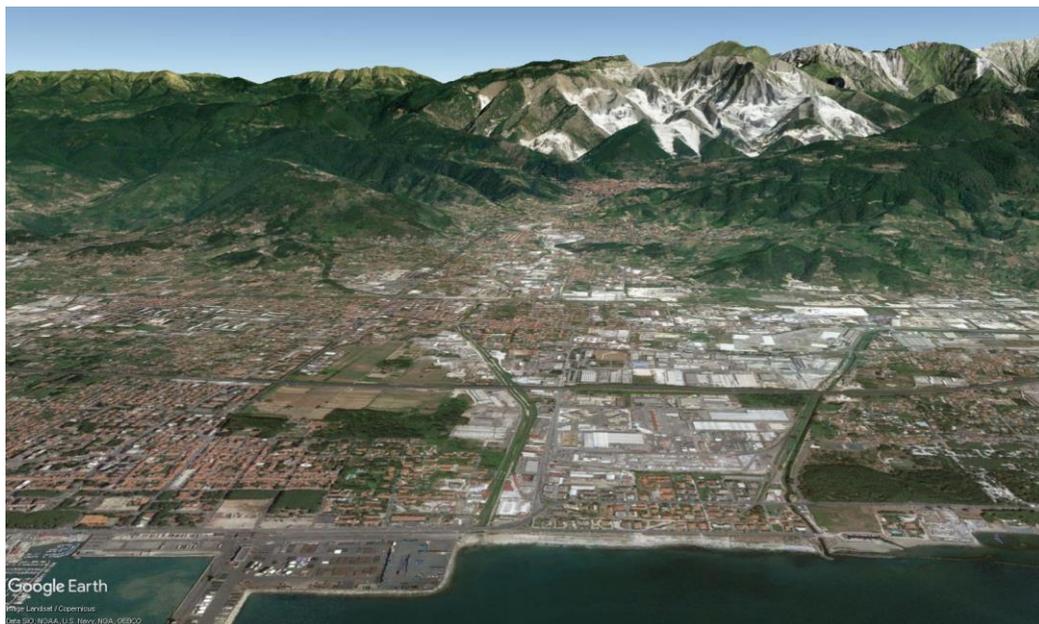
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



## Il Rischio Idrogeologico a valle di Carrara

- Alveo pensile: più alto della pianura circostante
- Completamente arginato fino al mare
- Pianura completamente urbanizzata: insediamenti e industrie per la lavorazione del marmo





Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



# L'idrologia del Carrione

## Un tema complesso

- Alta piovosità, con valori annui che possono raggiungere 3000 mm;
- Elevata intensità delle precipitazioni
- Morfologia del bacino, con forte acclività nella parte montana: grande capacità di trasportare a valle sedimenti di notevole dimensione e generare correnti detritiche (debris flows)
- Forte e disordinata antropizzazione: viabilità e insediamenti in aree a pericolosità molto elevata
- Risultato, **esondazioni frequenti**: 23 settembre 2003; 1° novembre 2010; 11 novembre 2012; 28 novembre 2012; 5 novembre 2014



**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



# Il Rischio Idrogeologico a valle di Carrara

- Un recente studio idraulico finanziato da Regione Toscana (2016) ha ben evidenziato le criticità e proposto soluzioni per la mitigazione del rischio per la città di Carrara e la piana circostante
- Con il nostro studio vogliamo analizzare la possibilità di impiegare tecniche a basso impatto ambientale (Nature Based Solutions) a supporto e integrazione degli interventi previsti nel masterplan



**DICCA**  
**Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e  
Ambientale**  
**Università di Genova**

Studio idraulico del Torrente Carrione con analisi dei possibili  
interventi per la mitigazione del rischio

(15 Marzo 2016)

Committente: Regione Toscana

Relatori:

Prof. Ing. Giovanni Seminara

Prof. Ing. Marco Colombini

Collaboratori:

Prof. Ing. Riccardo Berardi

Dott. Ing. Bianca Federici

Dott. Ing. Rossella Luchi



**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



# Analisi della vegetazione



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



## I ravaneti dell'area marmifera

Sono depositi di materiale lapideo risultante dall'estrazione del marmo

Nei secoli le diverse tecniche estrattive hanno prodotto depositi con granulometrie diverse, spesso stratificati uno sull'altro

Si ipotizza che i ravaneti a matrice più permeabile (principalmente quelli antichi) abbiano un ruolo positivo nel trattenere l'acqua di pioggia ritardandone l'arrivo a valle, quindi **laminando i picchi di piena rispetto ad una situazione di roccia nuda**

I ravaneti ricchi di materiale fine (principalmente quelli più recenti) invece presentano delle importanti criticità:

- 1) **Scarsa capacità di infiltrazione:** gran parte della pioggia ruscella in superficie causando erosione e contribuendo ad innalzare le portate dei corsi d'acqua
- 2) **Problemi di debris flows:** rischio per le infrastrutture sottostanti, grande apporto di sedimenti al reticolo idrografico, soprattutto durante gli eventi estremi
- 3) **Problemi di qualità dell'acqua:** durante le piogge intense la polvere di marmo ruscella in superficie e raggiunge i corsi d'acqua, oppure si infiltra nel sottosuolo e inquina le acque di falda

NEGLI ULTIMI ANNI ALCUNI GESTORI DI CAVE HANNO INZIATO A «SMONTARE» I RAVANETI, ASPORTANDO IL MATERIALE GROSSOLANO, CHE PRESENTA UN CERTO VALORE ECONOMICO PER LA PRODUZIONE DI CARBONATO DI CALCIO. L'AMMINISTRAZIONE RITIENE PERO' CHE ALCUNI RAVANETI SIANO DA TUTELARE, PROPRIO PER IL RUOLO RUOLO IDROLOGICO E PER LA TESTIMONIANZA STORICA DELL'ESTRAZIONE DEL MARMO (RAVANETI ANTICHI)



**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

## I ravaneti dell'area marmifera





**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

# I ravaneti dell'area marmifera





**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

# I ravaneti dell'area marmifera





**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

# I ravaneti dell'area marmifera





**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

# I ravaneti dell'area marmifera





**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

## I ravaneti dell'area marmifera



Mediterraneo  
Méditerranée



**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

## I ravaneti dell'area marmifera





**Interreg**



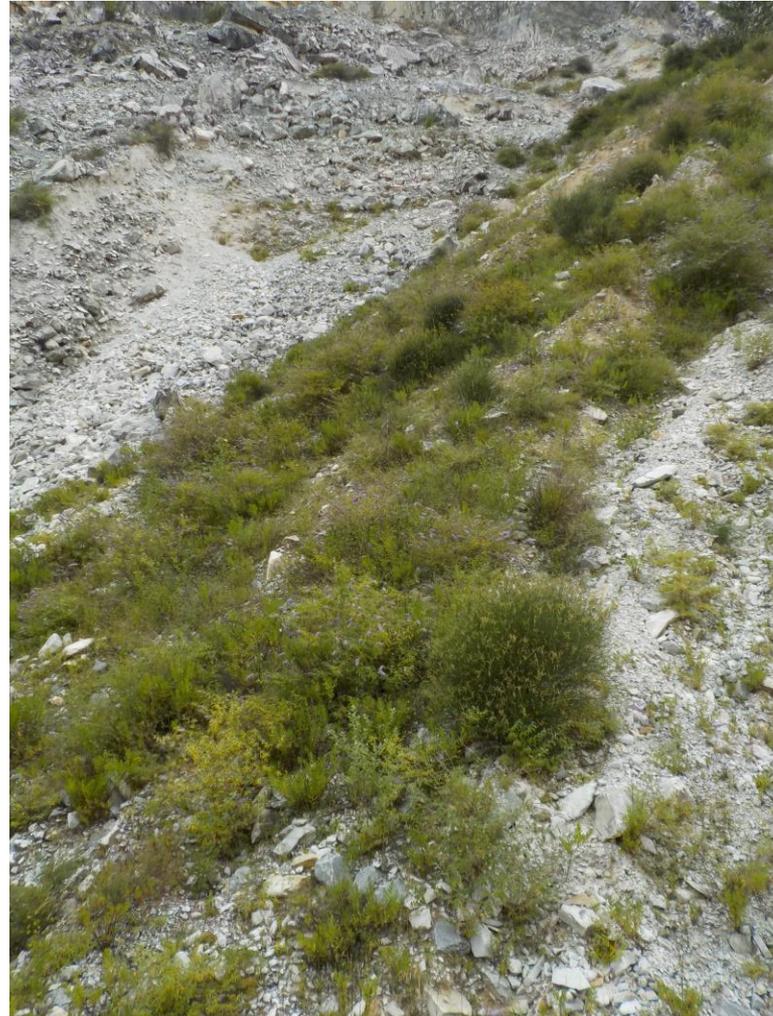
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

## L'insediamento di vegetazione sui ravaneti: comprendere le dinamiche naturali per massimizzarne i benefici





**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



## Il ruolo della vegetazione sui ravaneti

La vegetazione si insedia spontaneamente sui ravaneti; sono presenti formazioni, erbacee, arbustive ed arboree, continue o a nuclei.

Dove le condizioni sono più favorevoli, la successione vegetazionale arriva allo stadio di bosco di alto fusto (principalmente boschi a *Ostrya carpinifolia*, *Fraxinus ornus*, *Quercus pubescens*, *Quercus ilex*)

La vegetazione può svolgere un ruolo importante nel contrastarne le criticità dei ravaneti :

- Aumento della capacità di infiltrazione, riduzione del ruscellamento superficiale
- Difesa dall'erosione, contrasto ai fenomeni di debris flow: riduzione dell'apporto di sedimenti dai versanti al reticolo idrografico
- Fissazione delle polveri di marmo nel suolo, riduzione dell'inquinamento delle acque

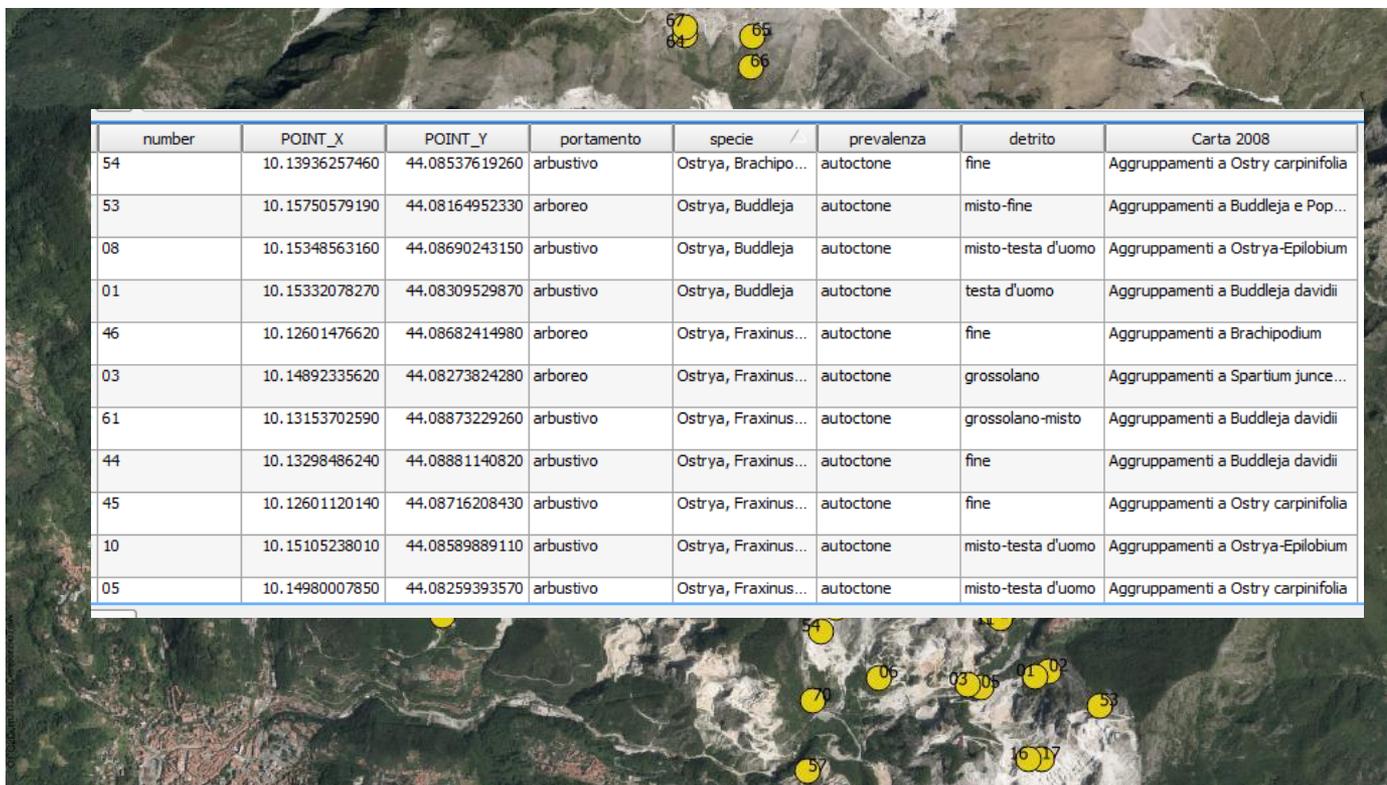
PER COMPRENDERE LE DINAMICHE DI SUCCESSIONE SUI RAVANETI E' STATO PREDISPOSTO UNO STUDIO CONOSCITIVO, BASATO SU UN RILIEVO BOTANICO DISTRIBUITO ALL'INTERNO DELL'INTERA AREA ESTRATTIVA



# Analisi della vegetazione

- 1) Ripetizione del rilievo botanico (2008) su 74 punti dislocati all'interno del bacino marmifero, prevalentemente su ravaneto
- 2) Popolamento di un database con le informazioni raccolte nel rilievo
- 3) Spazializzazione dei dati rilevati a terra tramite fotointerpretazione (Università degli Studi di Pisa, Dipartimento di Scienze della Terra)

I confini delle aree vegetate sono stati tracciati su base fotointerpretativa e classificati tramite controlli a terra eseguiti durante il rilievo botanico





Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

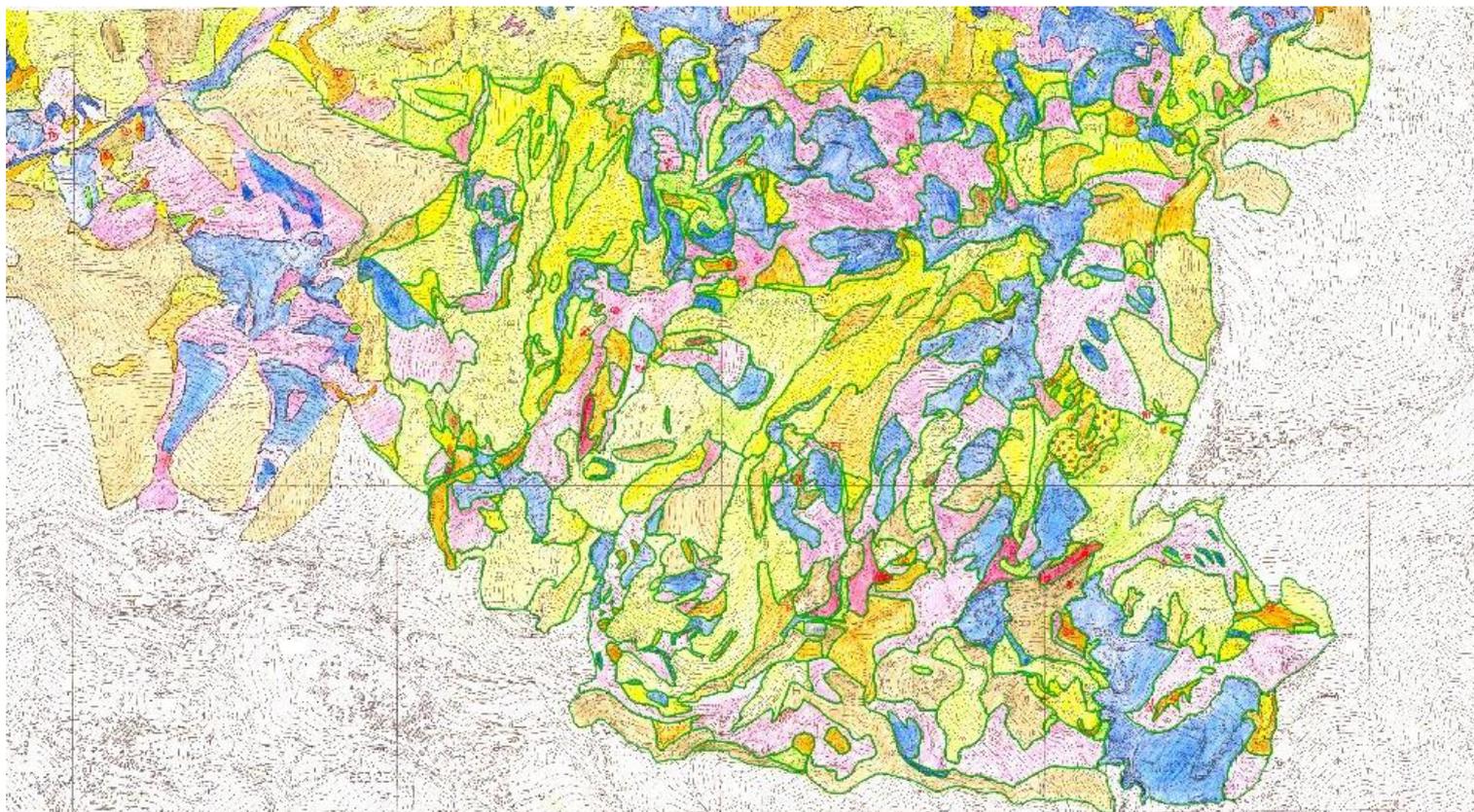
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



## Analisi della vegetazione

4) Confronto dei dati attuali con i dati contenuti nella Carta della Vegetazione del 2008: Gentili, R. (2008).

**E' importante comprendere il trend evolutivo naturale per progettare misure di protezione, interventi di rimboschimento o di manutenzione efficaci**





**Interreg**



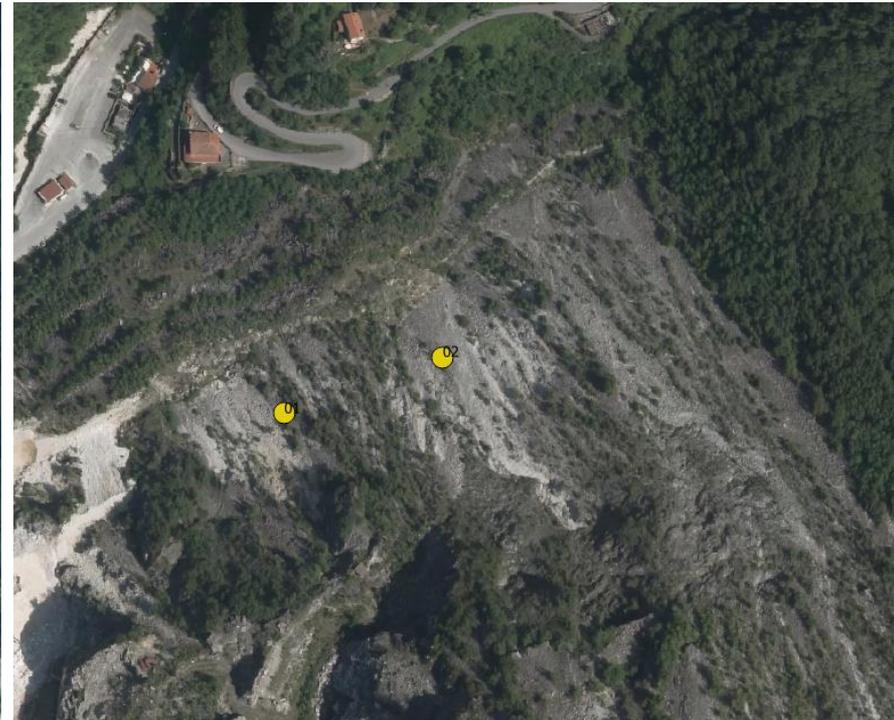
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



2008



2017



**Interreg**   
UNIONE EUROPEA

**MARITTIMO-IT FR-MARITIME**

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



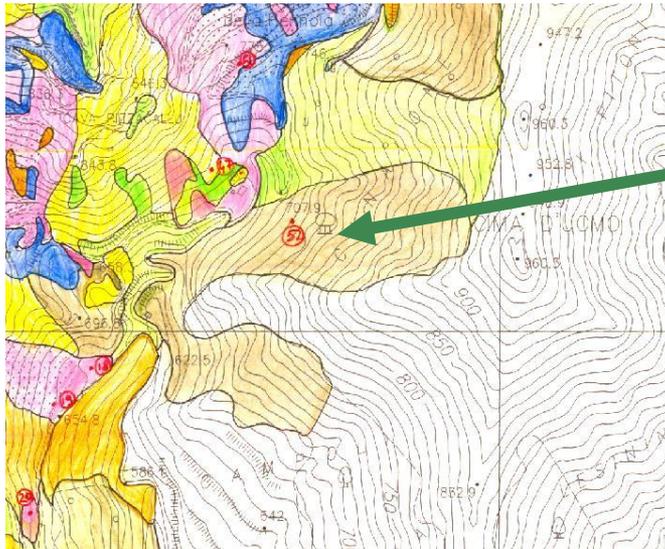
2008



2017

## Esempio di ravaneto con vegetazione sviluppata

- Copertura prossima al 100 %
- Portamento arboreo
- Assenza di segni di deperienza o sofferenza
- Assenza di specie alloctone
- Presenza di suolo organico
- Presenza di specie rare ed endemismi
- Nel 2008 era già censito bosco di carpino: popolamento stabile





**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

## Altri esempi di ravaneto con vegetazione sviluppata





**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

## Altri esempi di ravaneto con vegetazione sviluppata



e del Mediterraneo  
de la Méditerranée



**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



## **Individuazione dei ravaneti di maggior interesse: la “Carta dei ravaneti da sottoporre a tutela”**

In collaborazione con l’Università di Pisa, è in fase di realizzazione una carta finalizzata alla classificazione dei ravaneti, distinguendo quelli da tutelare da quelli che potrebbero essere asportati perché problematici o comunque non utili per la mitigazione del rischio idrogeologico a valle.

La scelta è effettuata intersecando vari strati, in particolare:

Assenza di dissesti

Copertura vegetale di specie autoctone e ben sviluppate

Tessitura

Contenuto in acqua gravimetrica media (Storage effect), dati di Gardin e Castelli

**Criteri di selezione in base alla vegetazione:** presenza di uno o più dei seguenti caratteri

- Elevato grado di copertura
- Portamento arbustivo o arboreo
- Prevalenza di specie autoctone
- Tendenza evolutiva promettente
- Presenza di specie rare/endemiche



**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



## Attività previste per la prossima stagione vegetativa:



- Indagine sugli apparati radicali di piante cresciute su ravaneti con differenti granulometrie dei sedimenti
- Modellazione della stabilità dei versanti vegetati sulla base delle evidenze sperimentali → stima del possibile apporto di sedimenti e Large Wood al reticolo idrografico tramite l'utilizzo di modelli di trasporto solido



**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



**ADAPT**

# Conclusioni

Gli studi sono ancora in corso, ma i primi risultati stanno permettendo di:

- Comprendere i trend evolutivi: come e dove ci dobbiamo aspettare lo sviluppo della vegetazione verso forme più strutturate e stabili?
- Individuare i ravaneti da sottoporre a tutela perché importanti sia da un punto di vista sia ecologico, sia idrogeologico
- Individuare le specie più adatte ad eventuali interventi di rinverdimento: ipotesi di cantieri sperimentali con opere di Ingegneria Naturalistica per favorire la stabilità e la rivegetazione di ravaneti da tutelare



**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Grazie per l'attenzione  
Merci pour l'attention



COMUNE DI  
LIVORNO



COMUNE DI  
ROSIGNANO MARITTIMO



CISPel CONF SERVIZI  
TOSCANA



COMUNE DI  
ALGHERO



COMUNE DI  
SASSARI



COMUNE DI  
ORISTANO



COMUNE DI  
LA SPEZIA



COMUNE DI  
SAVONA



COMUNE DI  
VADO LIGURE



COMMUNAUTÉ  
D'AGGLOMÉRATION  
DE BASTIA



VILLE DE  
AJACCIO



DÉPARTEMENT  
DU VAR



FONDAZIONE  
CIMA



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

La Cooperazione al cuore del Mediterraneo  
La Coopération au coeur de la Méditerranée