Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

In collaborazione con:

SCUOLE PER IL TERZO MILLENNIO

Con il patrocinio di:

Città metropolitana di Roma Capitale

ROMA

Progettare la città per il terzo millennio: la sfida della sostenibilità

Con particolare attenzione all'accessibilità

"Una città più resiliente"

Prof.Ing. Gianfranco Totani

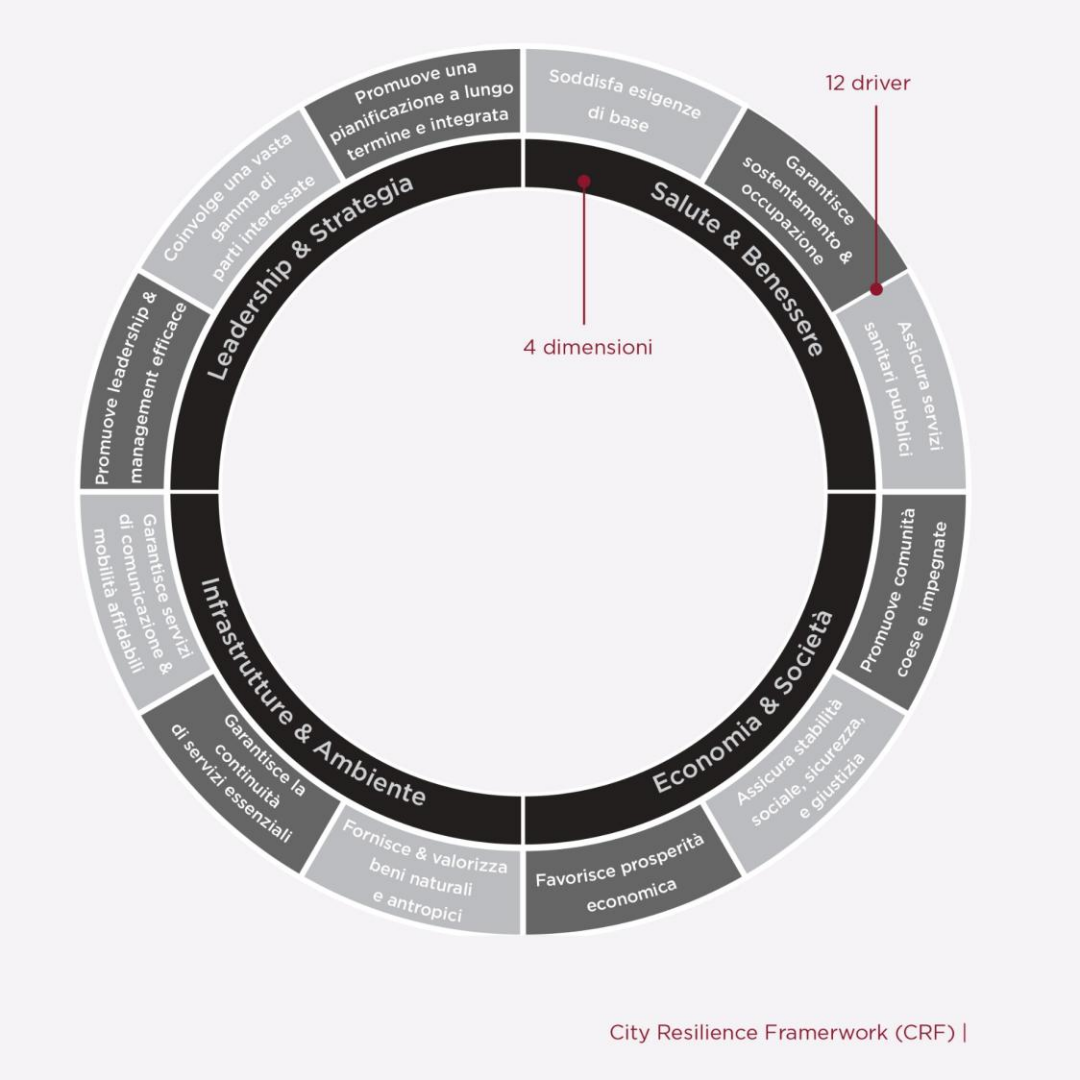
Università degli studi dell'Aquila

Le città sono i principali centri di sviluppo delle attività economiche, connessione sociale, opportunità e innovazione. L'abilità di una città di garantire il proprio funzionamento viene però spesso minacciata da shock acuti (terremoti, incendi, **inondazioni**, temporali e precipitazioni estreme, ondate di calore, ecc.) e stress cronici (mancanza di abitazioni economicamente accessibili, bassa qualità dell'aria, alto tasso di disoccupazione, cambiamenti demografici, ecc.). Shock improvvisi e shock che si accumulano possono portare al collasso infrastrutturale, ai disordini sociali e al declino economico di una città.

"La resilienza è quella proprietà dei sistemi complessi (quale una città) di reagire ai fenomeni di stress, attivando strategie di risposta e di adattamento al fine di rispristinare i meccanismi di funzionamento. I sistemi resilienti, a fronte di uno stress, reagiscono rinnovandosi ma mantenendo la funzionalità e la riconoscibilità dei sistemi stessi," (Holling 1996, Holling & Gunderson Lance 2002).

La Resilienza non implica quindi il ripristino ad uno stato iniziale, ma il ripristino della funzionalità attraverso il mutamento e l'adattamento.

La Strategia di Resilienza, adottata da Roma aderendo alle 100 Resilient Cities promosso da Rockefeller Foundation, ridefinisce la governance urbana e le modalità con cui gli ecosistemi urbani interagiscono.



Per divenire più resiliente, la città di Roma deve attuare iniziative e progetti che si fondino sulla cooperazione di attori diversi che sappiano:

- mappare debolezze e opportunità;

- salvaguardare il patrimonio culturale;

- ammodernare i sistemi di trasporto;

- adattare la città ai cambiamenti climatici, cioè progettare e realizzare infrastrutture pilota per mitigare il rischio di allagamento e inondazione;

- gestire in maniera sostenibile le risorse idriche;

- gestire con efficienza i rifiuti solidi urbani;

…

Le indagini, il monitoraggio e gli studi orientati a valutare lo stato di ammaloramento e di stabilità delle opere infrastrutturali e geotecniche in esercizio devono costituire una fase determinante e propedeutica ad ogni attività progettuale orientata al miglioramento prestazionale e alla riqualificazione ambientale.

"La piena del Tevere a Roma del 1846"

(Acquarello di Salomon Corrodi, 1810-1892. Collezione privata)

ARGINI DEL FIUME TEVERE

Indagini campione in tre distinti siti nel tratto compreso tra Castelgiubileo e la foce

- INDAGINI GEOTECNICHE
- CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI SITI
- VERIFICHE DI STABILITA' DEGLI ARGINI

Autorità di Bacino del Fiume Tevere

Università dell'Aquila – Facoltà di Ingegneria

SOMMARIO

- Criteri di scelta e ubicazione 3 siti campione
- Indagini geotecniche
- Caratterizzazione geotecnica corpi arginali e terreni di fondazione
- Verifiche di stabilità argini esistenti per differenti stati idrometrici fiume Tevere (livello ordinario, max piena, svaso)
- Conclusioni

CRITERI DI SCELTA SITI CAMPIONE

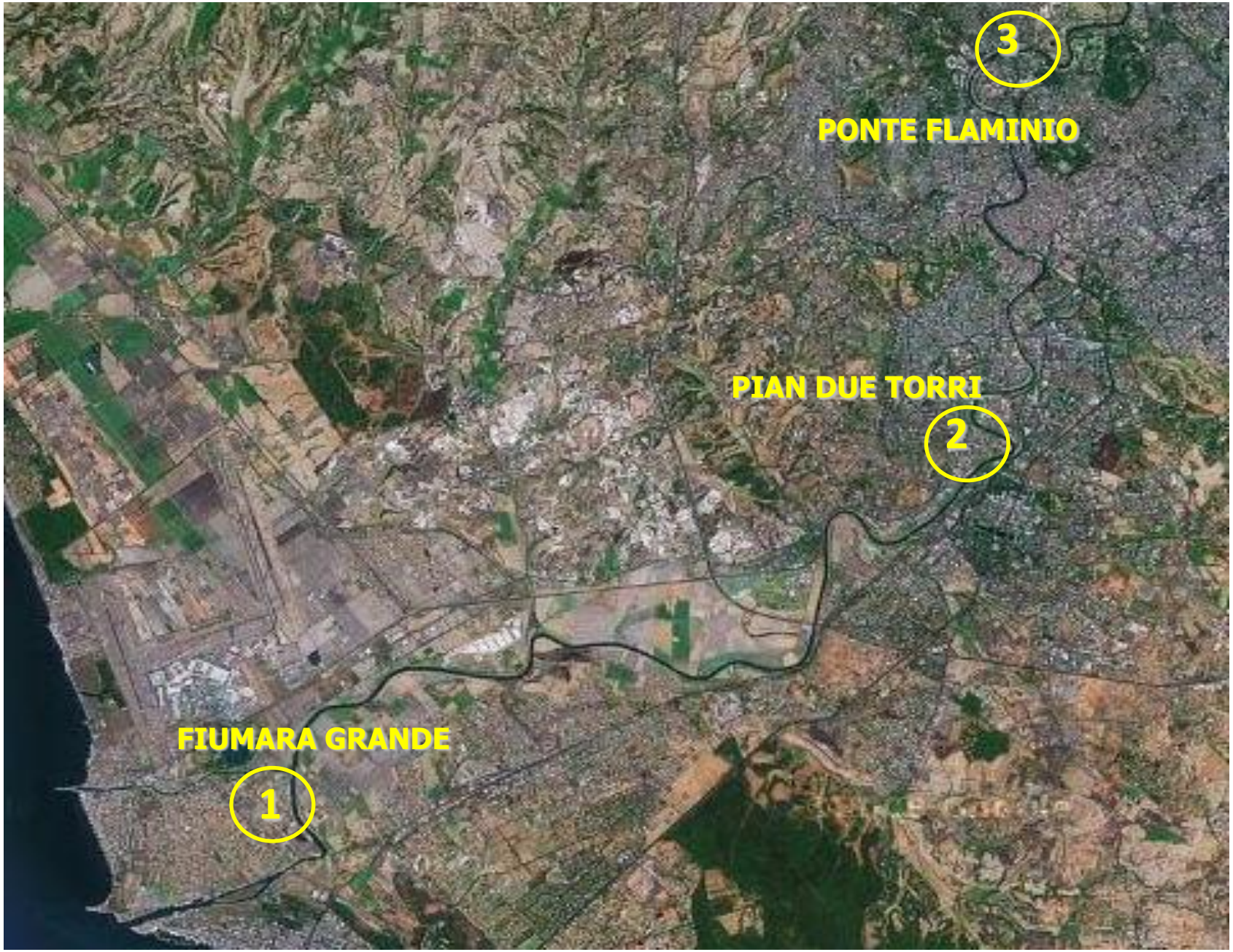
- Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche DIVERSE terreni di fondazione argini ➡ **TRE SITI CAMPIONE** rappresentativi nel tratto tra Castelgiubileo e la foce
- Scelta in base a esame dati esistenti, fonte: A.B. Tevere (> 270 sondaggi, CPTU ...)

Fiumara Grande ➡ SABBIE

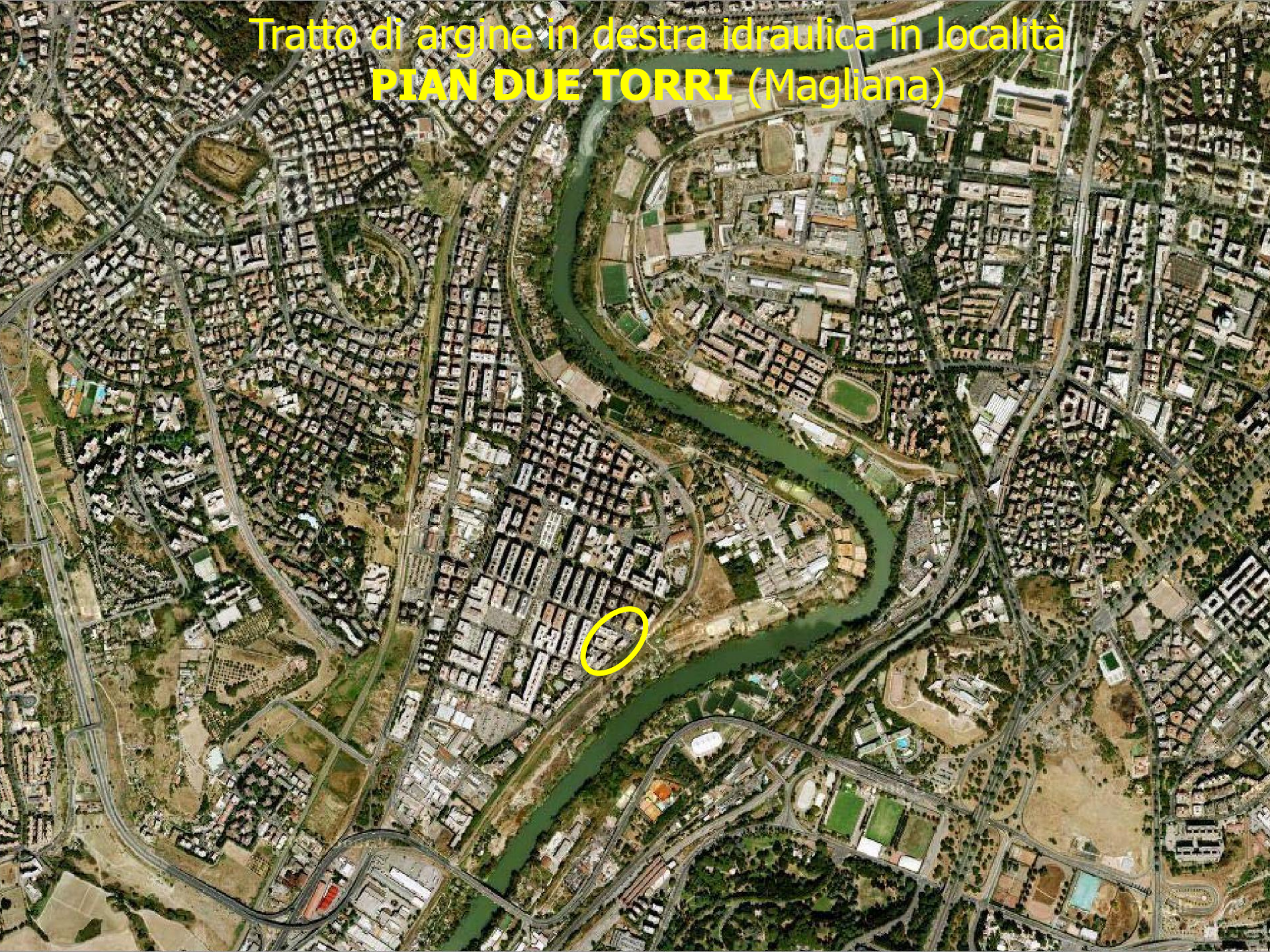
Pian Due Torri ➡ LIMI e SABBIE

Ponte Flaminio ➡ LIMI e ARGILLE

Fiume TEVERE tra Castelgiubileo e la foce



Tratto di argine in destra idraulica di FIUMARA GRANDE
a valle di Capo Due Rami (Fiumicino)


Tratto di argine in destra idraulica in località
PIAN DUE TORRI (Magliana)

Tratto di argine in destra idraulica a monte di
PONTE FLAMINIO

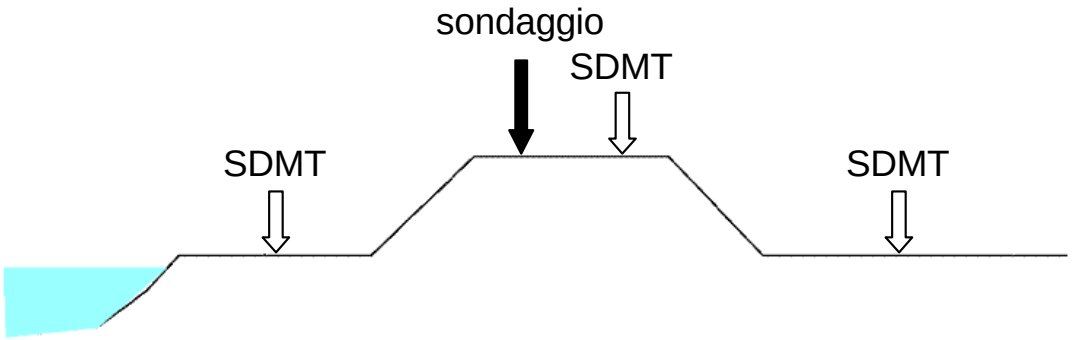
INDAGINI e RILIEVI

- RILIEVO TOPOGRAFICO ➡ **geometria sezioni arginali**
- INDAGINI GEOFISICHE (georadar, sismica a rifrazione) ➡ **identificazione unità stratigrafiche** ("semiqualitativa")
- INDAGINI GEOTECNICHE (in sito + Lab) ➡ **dati geotecnici per analisi di stabilità**
- MISURE PIEZOMETRICHE ➡ **monitoraggio pressioni neutre**

INDAGINI GEOTECNICHE

- Stratigrafia e caratteristiche geotecniche ARGINI e TERRENI DI FONDAZIONE ➡ **unità geotecniche differenziate** (resistenza, deformabilità, permeabilità)
- Dati per classificazione sismica terreni di fondazione ➡ verifiche di stabilità argini in condizioni sismiche (**NTC 2008**)
- Falda e pressioni neutre (piezometri)

Schema indagini geotecniche in ciascun sito

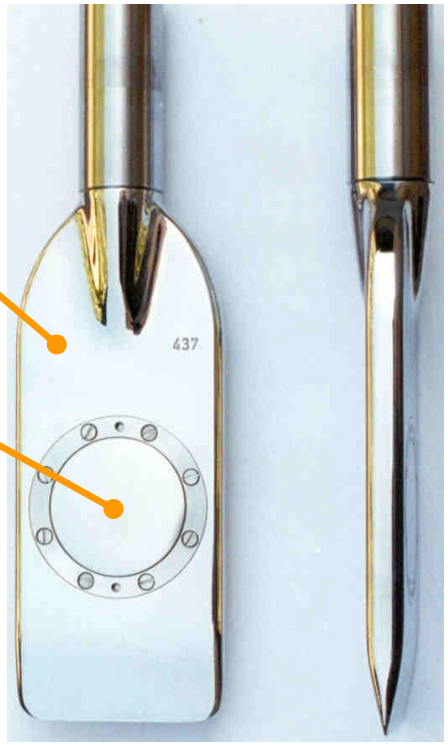


- **1 sondaggio** (30 m) + **SPT** + campioni (indisturbati e rimaneggiati) ➡ **LAB** (Univ. AQ – DISAT)
- **3-5** prove in sito con **dilatometro sismico** (**SDMT**) con misura velocità onde di taglio Vs (30 m)
- **2 prove di permeabilità** Lefranc in foro di sondaggio (k argine + terreni fondazione)
- **2 piezometri Casagrande**

DILATOMETRO PIATTO (DMT)

- **TC 16 ISSMGE** (2001)
- **ASTM** (2001)
- **Eurocodice 7** (2007)

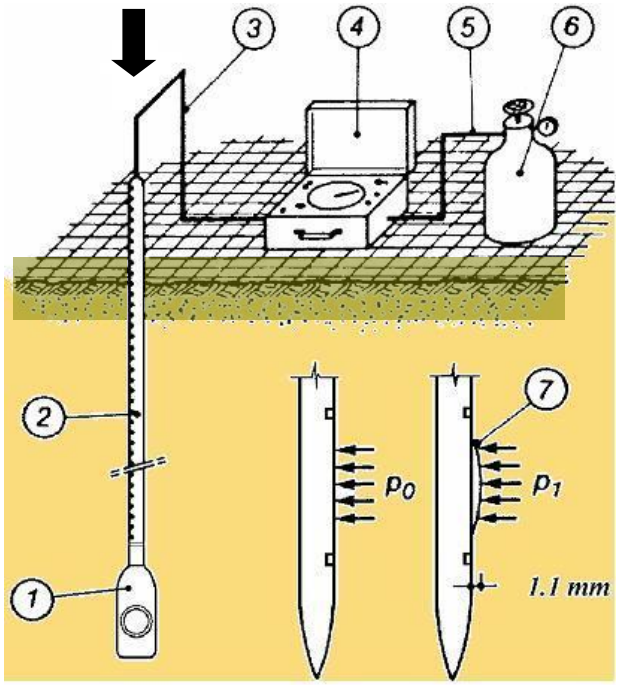
meccanico



www.marchetti-dmt.it
sito biblio

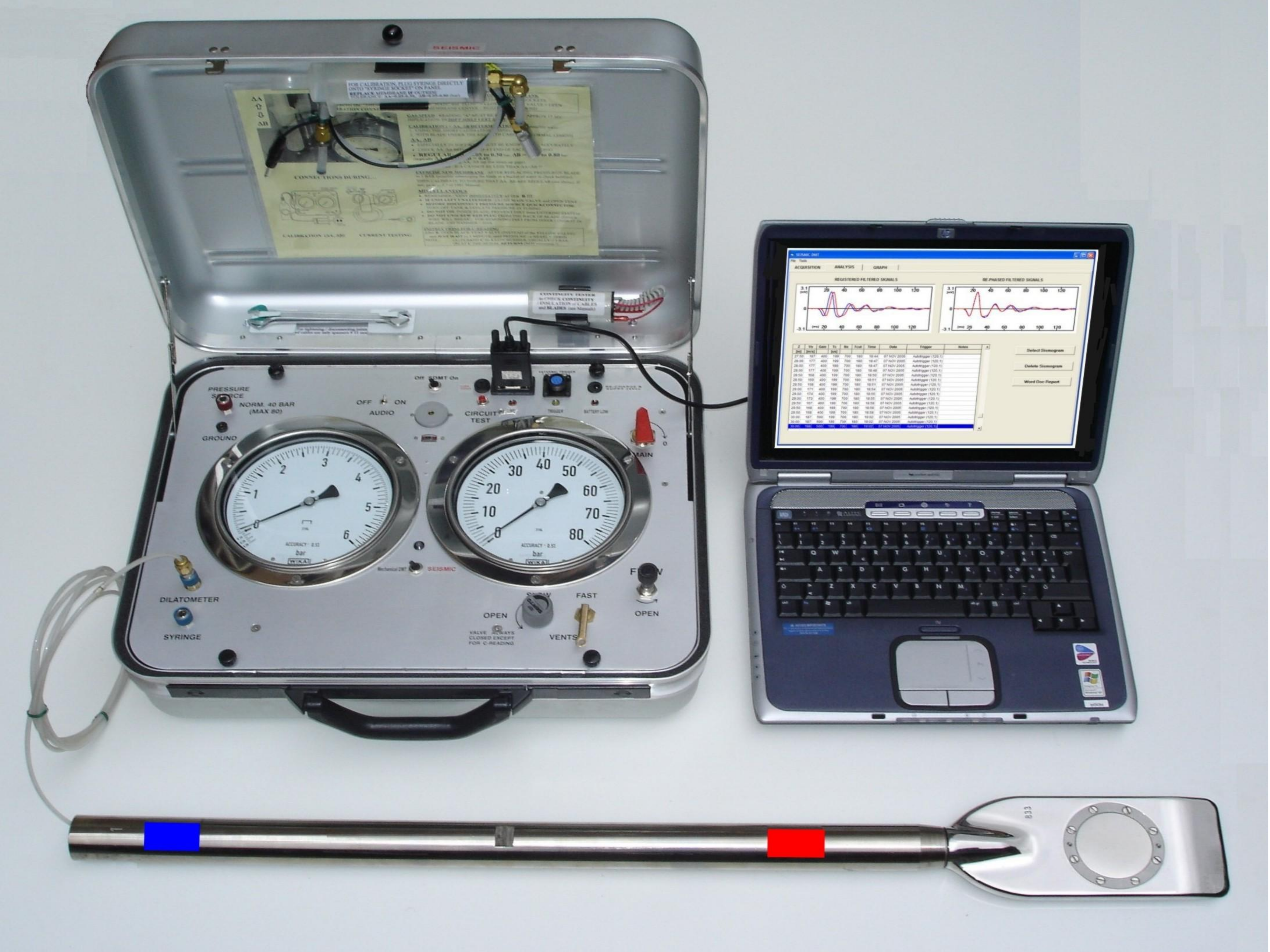
Schema generale prova DMT

Spinta fornita da penetrometro o sonda



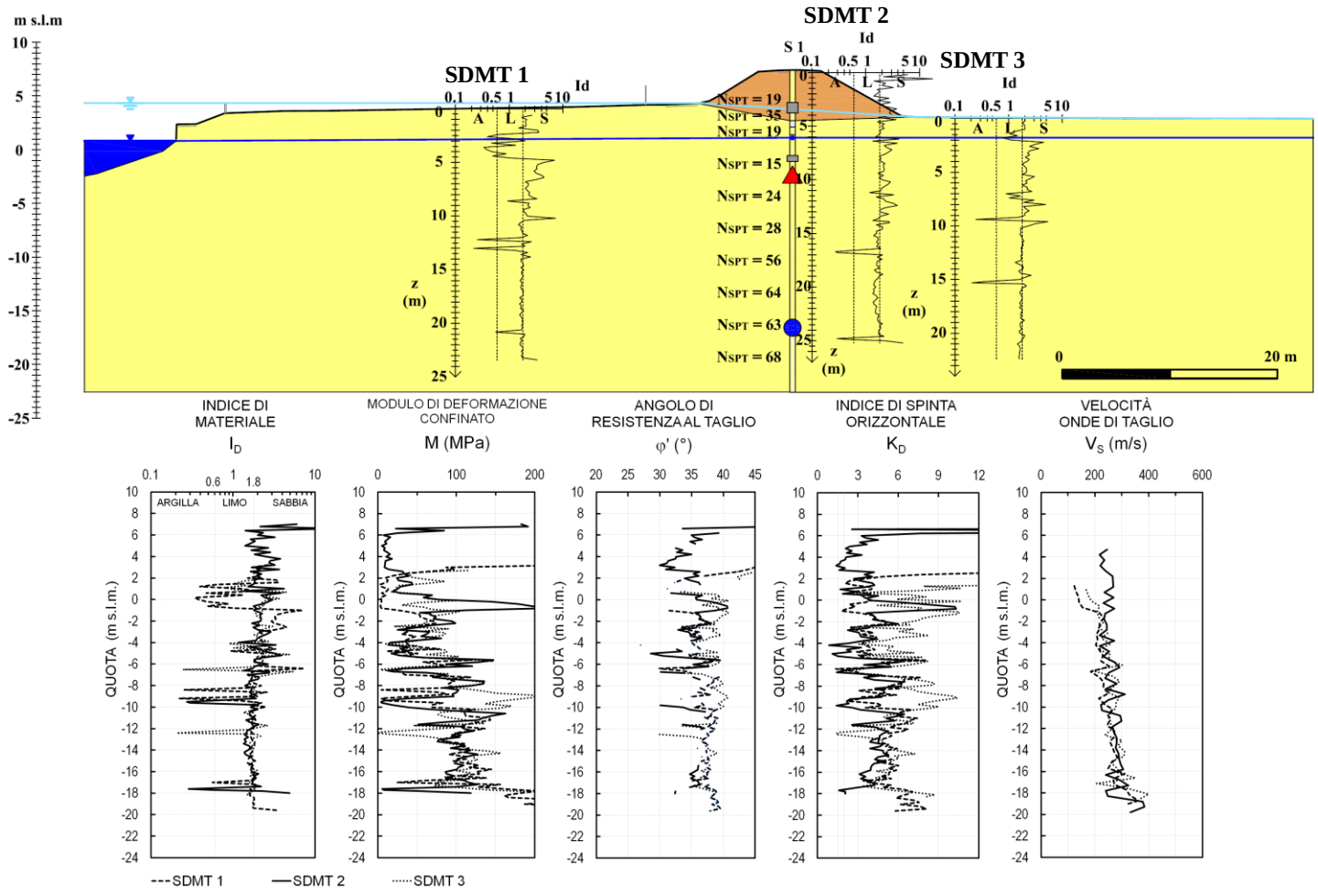
① Lama DMT
② Aste di spinta (ad es. CPT)
③ Cavo elettro-pneumatico
④ Centralina di misura
⑤ Cavo pneumatico
⑥ Bombola di gas
⑦ ESPANSIONE MEMBRANA

letture p_0 & p_1 ogni 20 cm di profondità

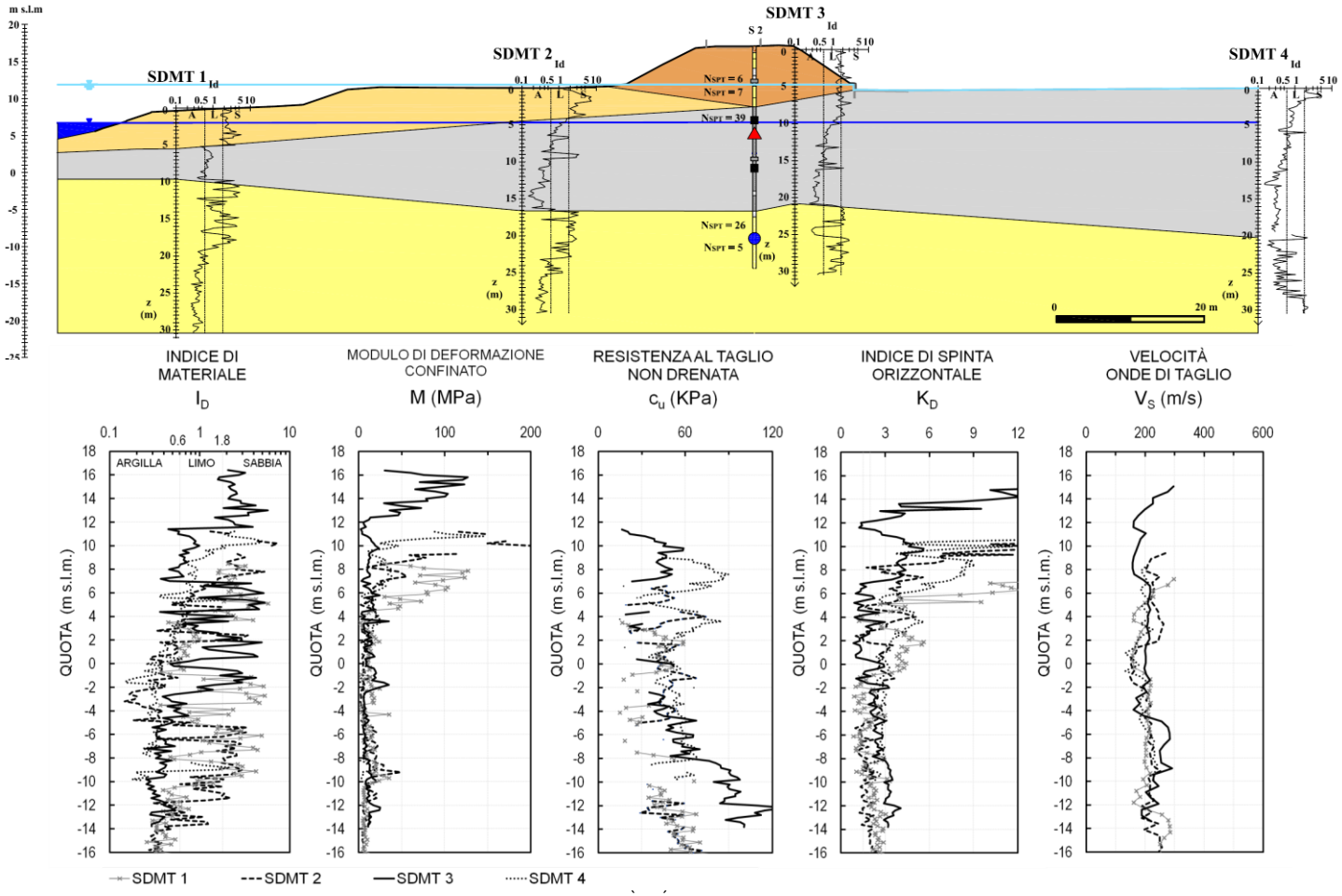

SEISMIC
NORM. 40 BAR
(MAX 80)
GROUND
OFF ON
AUDIO
CIRCUIT
TEST
MAIN
DILATOMETER
SYRINGE
Mechanical DMT
OPEN
FAST
VENTS
OPEN
VALVE ALWAYS
CLOSED EXCEPT
FOR C-READING
bar
ACQUISITION
ANALYSIS
GRAPH
REGISTERED FILTERED SIGNALS
RE-PHASED FILTERED SIGNALS
Select Sismogram
Delete Sismogram
Word Doc Report

Proper hammer orientation: a line from the rods to the center of the source is perpendicular to the axis of the source

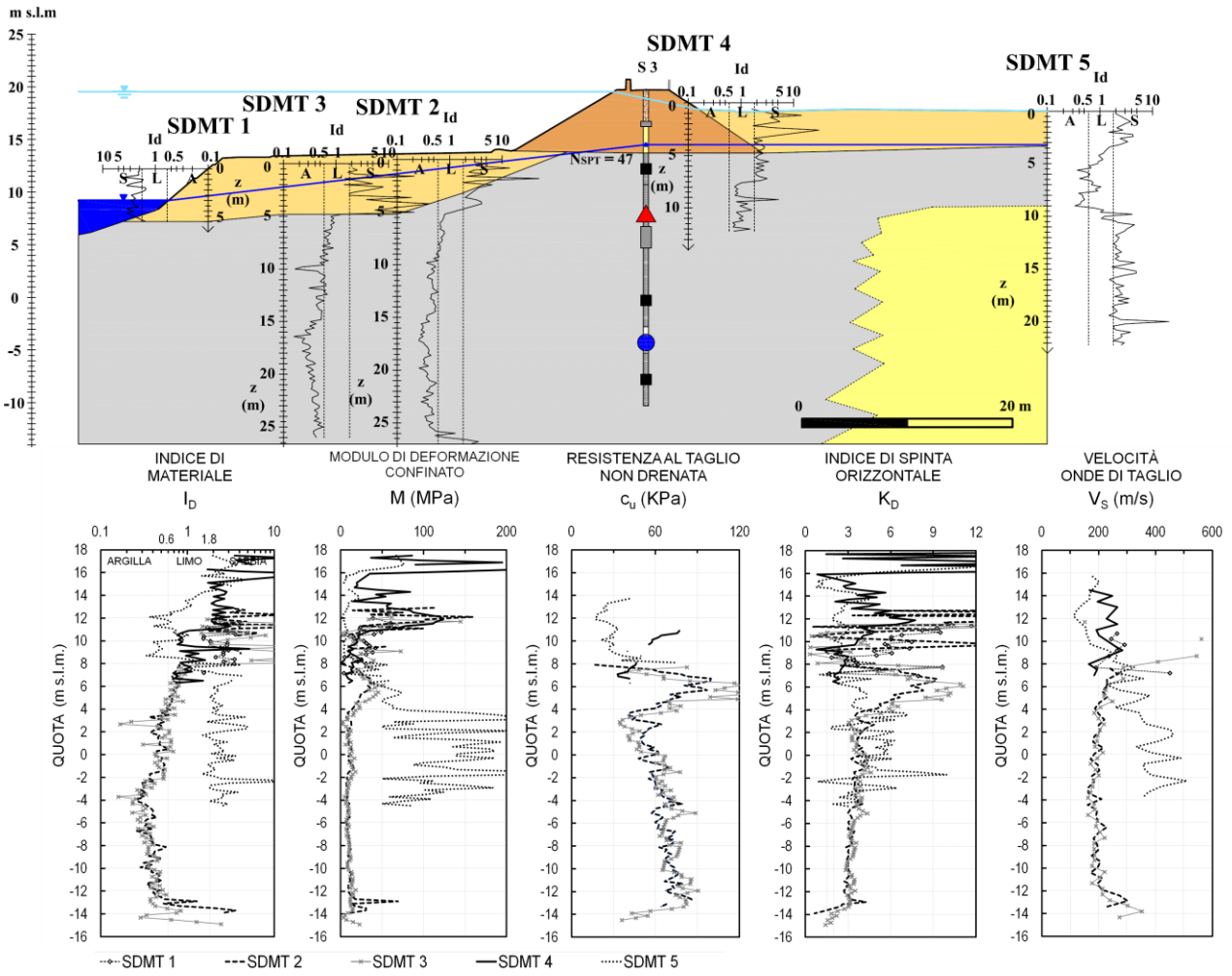
FIUMARA GRANDE



PIAN DUE TORRI



PONTE FLAMINIO

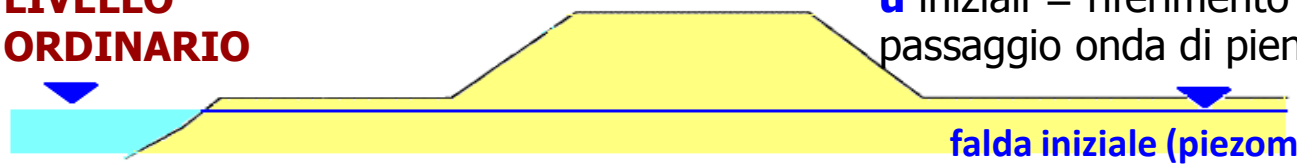


Analisi di stabilità argini

- Verifiche di stabilità per diversi scenari idraulici + azioni sismiche secondo NTC 2008
- Modellazione FEM *(Plaxis)* del comportamento meccanico argini + terreni fondazione *(legame costitutivo Mohr-Coulomb)* al variare di stati idrometrici Tevere
- Approccio **Phi-c reduction** = riduzione progressiva c', tan φ' (valori caratteristici) fino a rottura in una delle scarpate ➡ localizzazione **superficie di scorrimento,** valutazione **Fs**

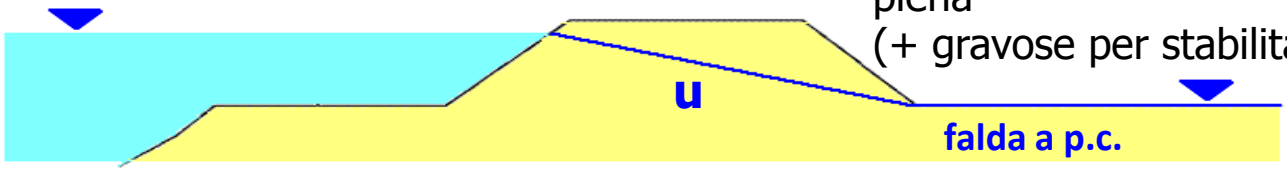
Stati idrometrici Tevere e pressioni neutre

LIVELLO ORDINARIO



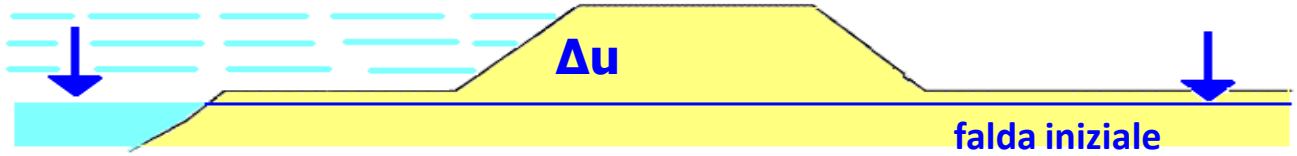
u iniziali = riferimento per valutare effetti passaggio onda di piena

MASSIMA PIENA



u calcolate per moto di filtrazione stazionario, indipendenti da tempo permanenza picco di piena
(+ gravose per stabilità scarpate)

SVASO

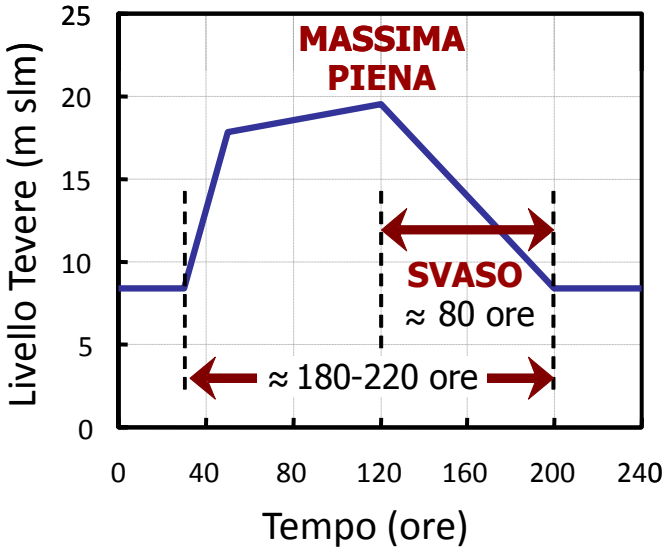


Δu (consolidazione) calcolate per durata svaso = 80 ore (idrogrammi di piena) in più fasi di calcolo intermedie

Dati idraulici di calcolo

(da studi idraulici precedenti AdB Tevere)

	LIVELLO ACQUA FIUME TEVERE	
	ORDINARIO	MAX PIENA
FIUMARA GRANDE	1.10 m s.l.m.	4.34 m s.l.m.
PIAN DUE TORRI	6.90 m s.l.m.	11.88 m s.l.m.
PONTE FLAMINIO	9.30 m s.l.m.	19.53 m s.l.m.



Idrogramma di piena

➡ caratterizzazione schematica evento di piena di riferimento

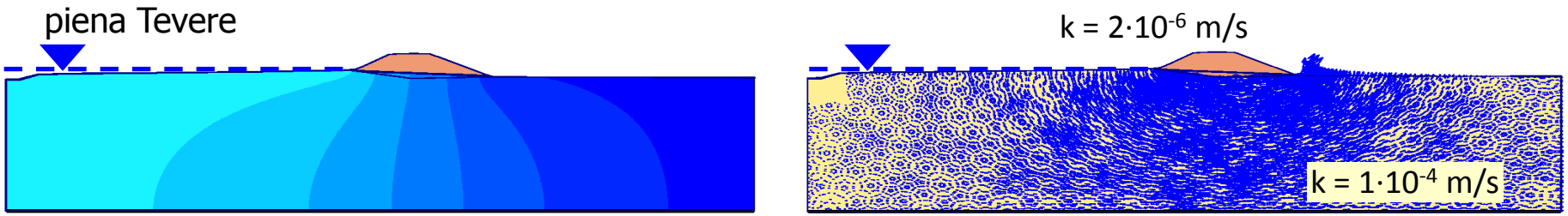
Analisi di stabilità argini in condizioni sismiche

- Analisi senza sisma e con sisma per ciascuna condizione idraulica
- Approccio **pseudostatico**
- 4 combinazioni di coefficienti sismici (NTC 2008): $K_h \rightleftarrows K_v \uparrow\downarrow$ ➡ combinazione + gravosa

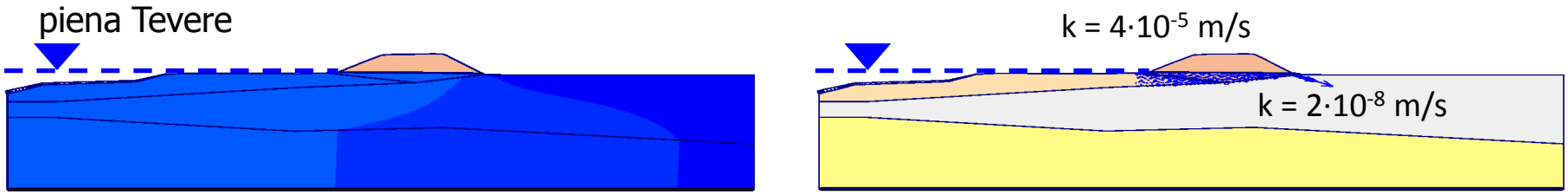
	a_g/g (-)	S (-)	a_{max}/g (-)	β_s (-)	$k_h = \beta_s \cdot a_{max}/g$ (-)	$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$ (-)
FIUMARA GRANDE	0.10	1.5	0.15	0.20	± 0.030	± 0.015
PIAN DUE TORRI	0.15	1.5	0.225	0.24	± 0.054	± 0.027
PONTE FLAMINIO	0.15	1.5	0.225	0.24	± 0.054	± 0.027

$V_{S,30}$ (SDMT) ➡ 3 siti Categoria C

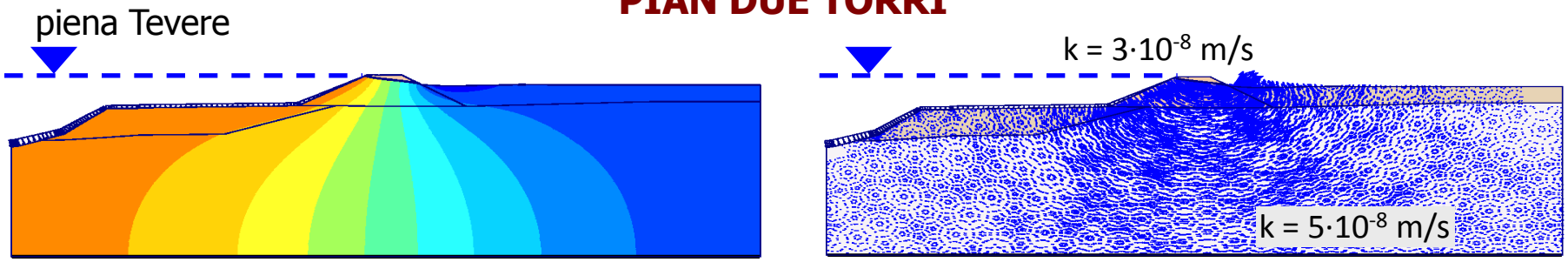
Massima piena: moti di filtrazione



FIUMARA GRANDE



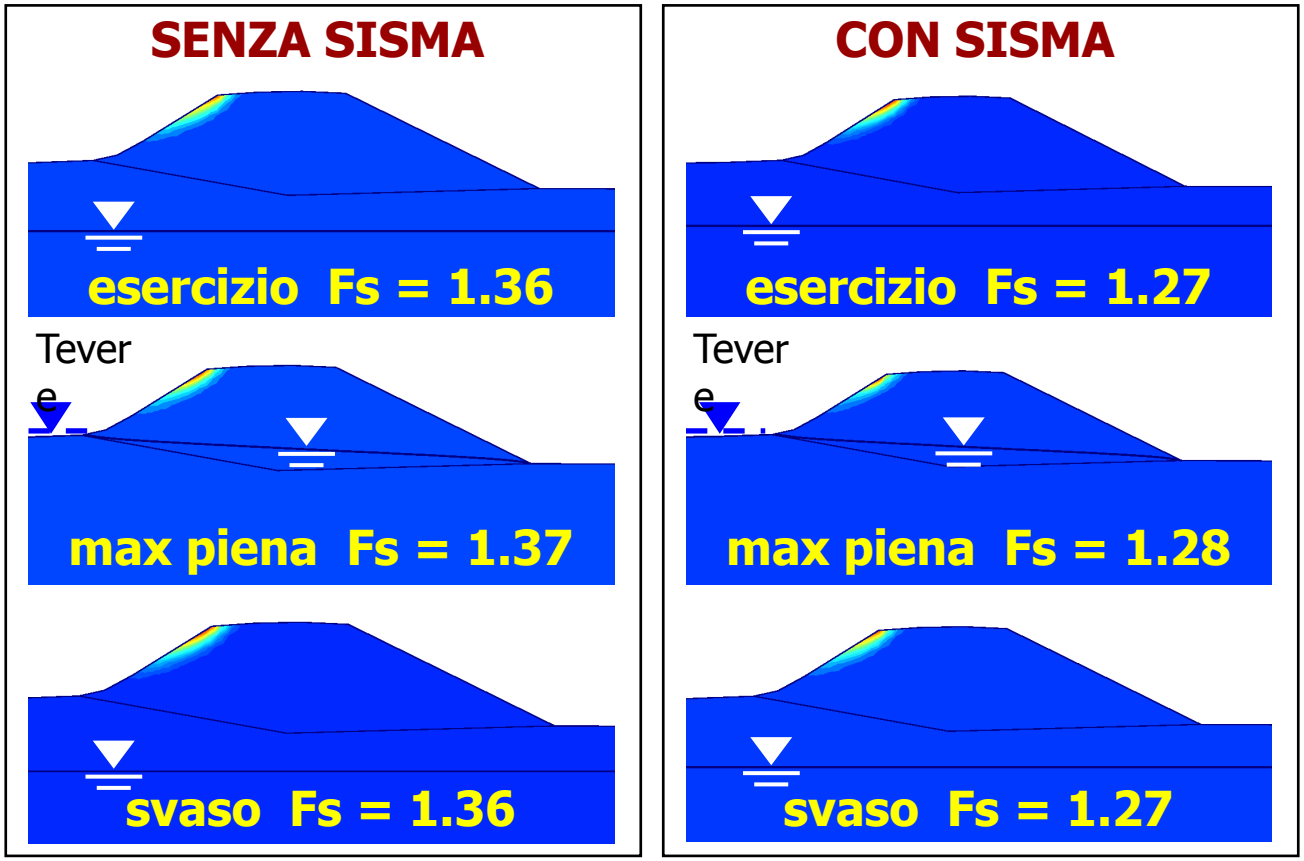
PIAN DUE TORRI



PONTE FLAMINIO

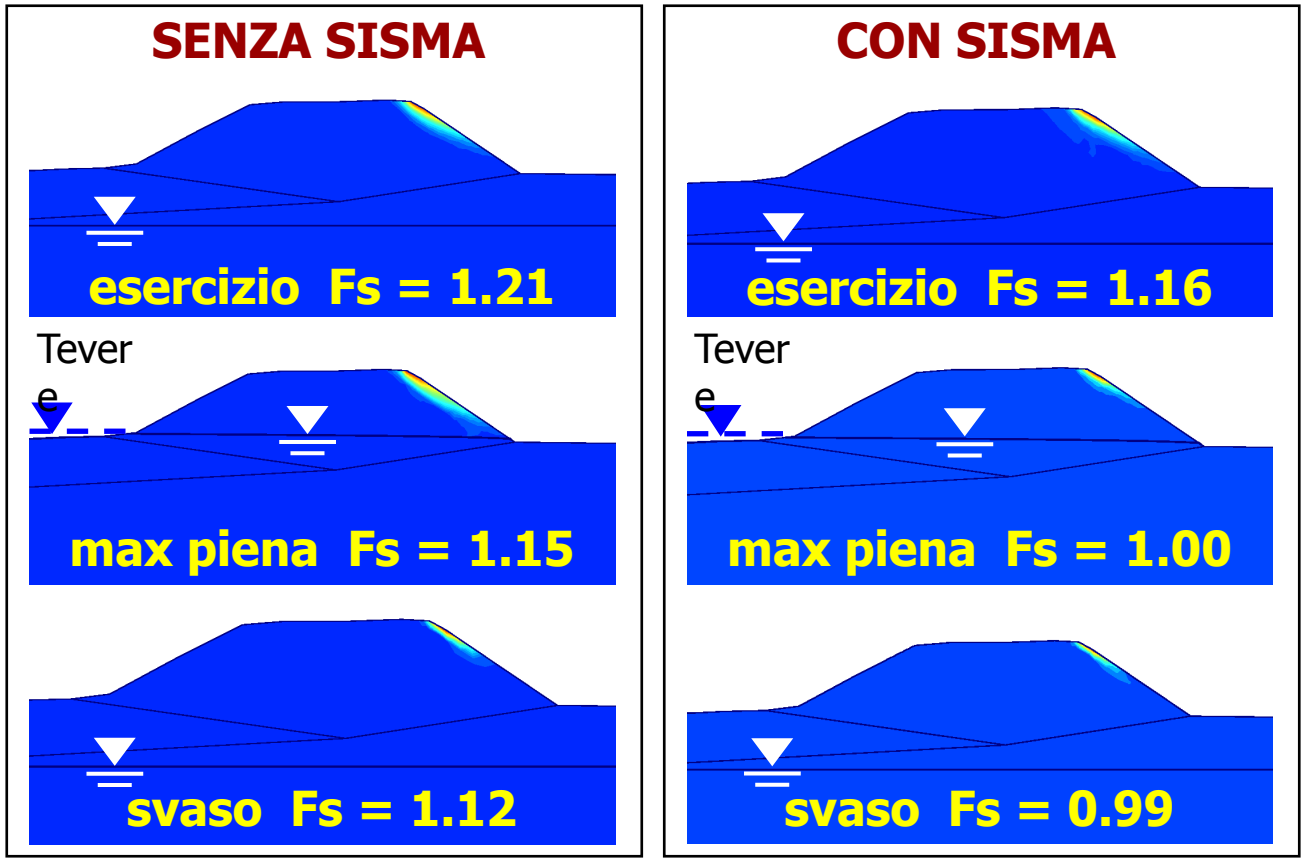
FIUMARA GRANDE

Fattori di sicurezza nelle varie condizioni



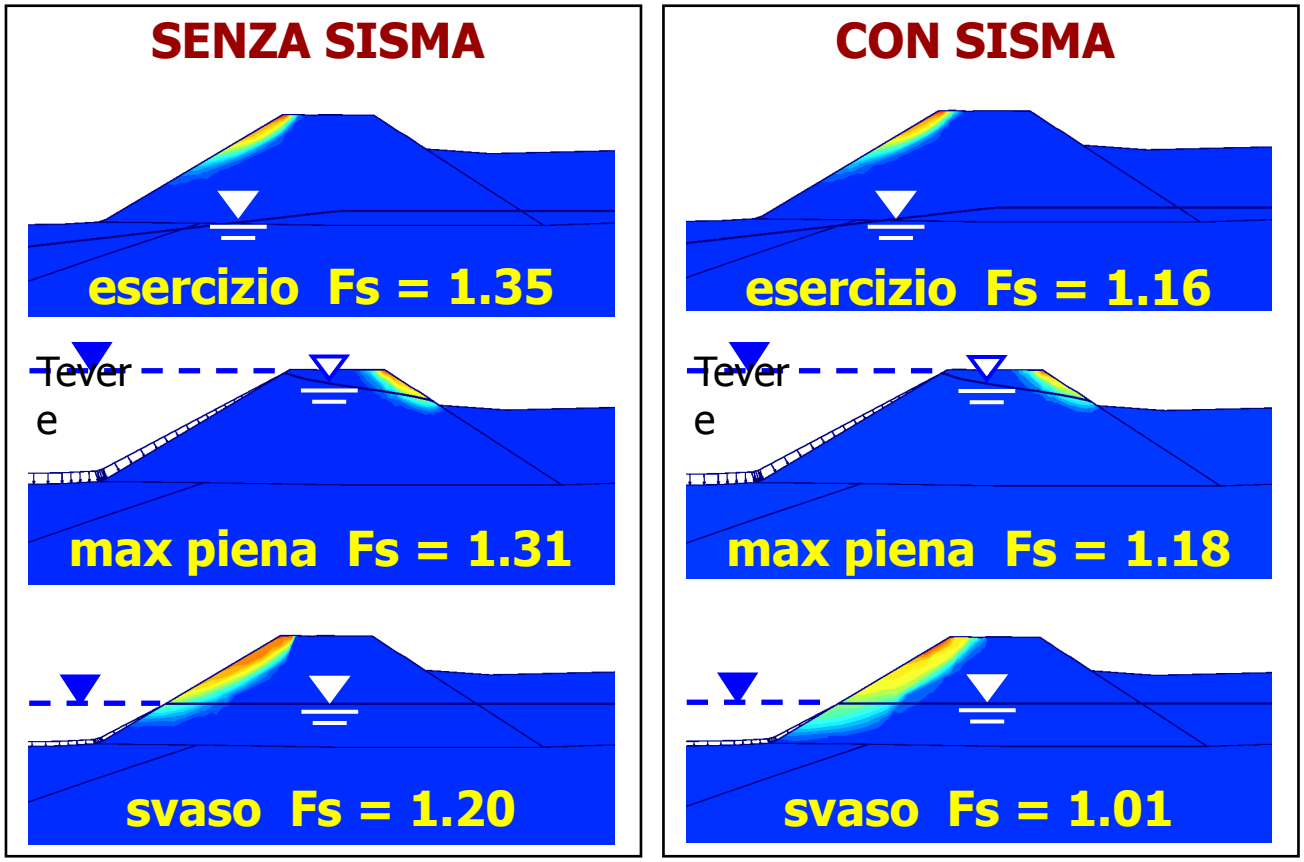
PIAN DUE TORRI

Fattori di sicurezza nelle varie condizioni



PONTE FLAMINIO

Fattori di sicurezza nelle varie condizioni



Fattori di sicurezza calcolati nei tre siti nelle diverse condizioni analizzate

	ESERCIZIO		MASSIMA PIENA		SVASO	
	senza sisma	con sisma	senza sisma	con sisma	senza sisma	con sisma
FIUMARA GRANDE	1.36 (F)	1.27 (F)	1.37 (F)	1.28 (F)	1.36 (F)	1.27 (F)
PIAN DUE TORRI	1.21 (C)	1.03 (C)	1.15 (C)	1.00 (C)	1.12 (C)	0.99 (C)
PONTE FLAMINIO	1.35 (F)	1.16 (F)	1.31 (C)	1.18 (C)	1.20 (F)	1.01 (F)

(F): collasso scarpata lato fiume
(C): collasso scarpata lato campagna

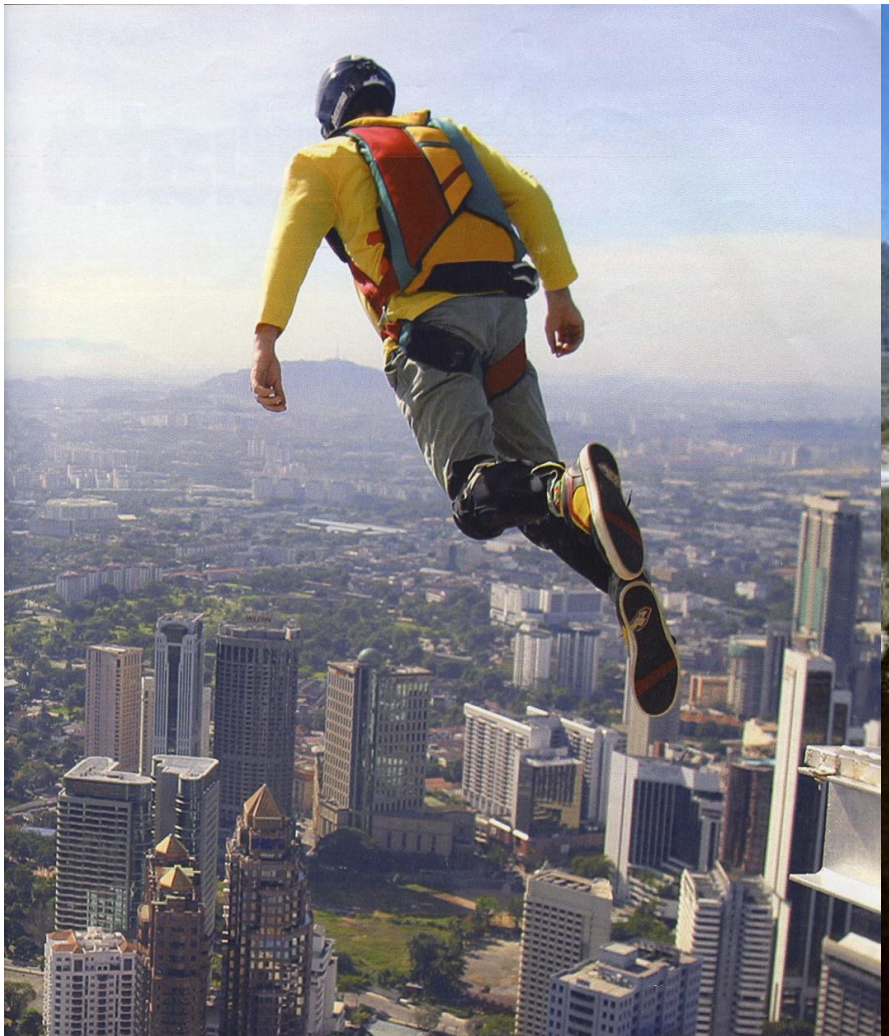
Commenti e considerazioni

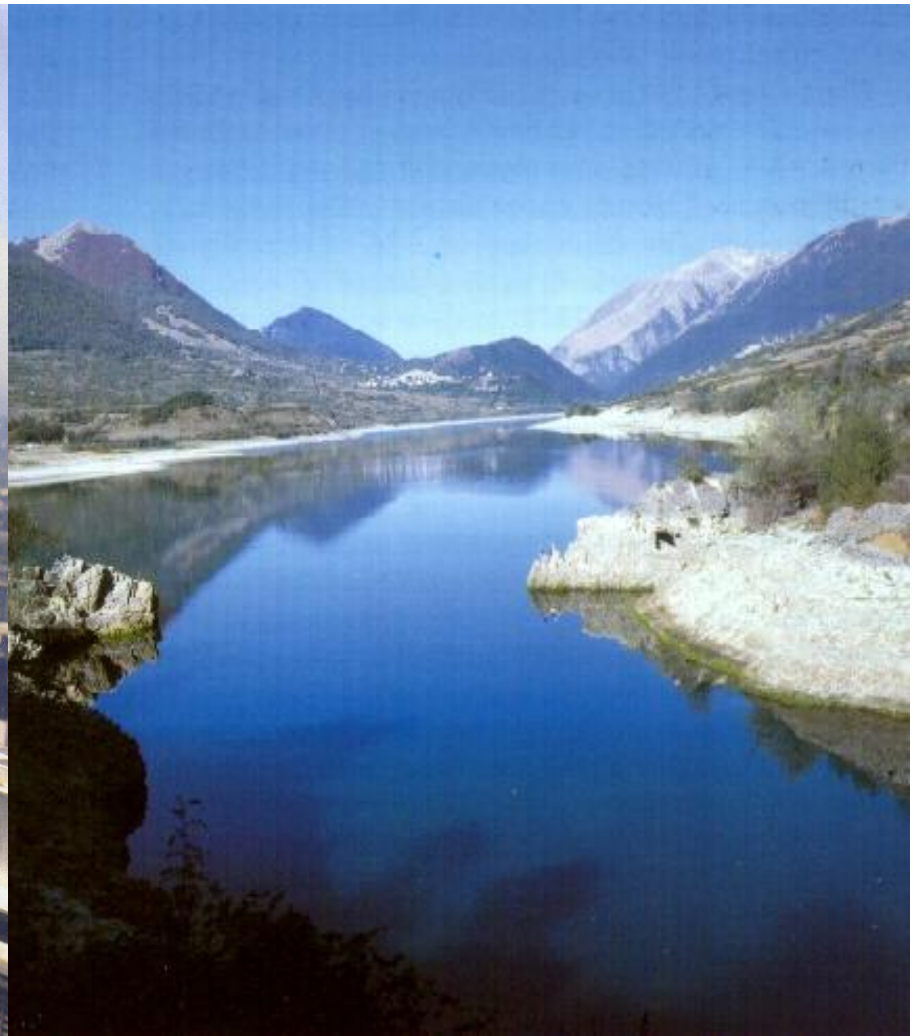
- Condizioni di stabilità argini nei tre siti accettabili (margine di sicurezza + ridotto: Pian Due Torri)
- Possibili problemi di stabilità (Fs ≈ 1) solo in concomitanza di eventi estremi *(max piena + sisma, o svaso + sisma)*
- Eventuali superfici di scorrimento di tipo corticale circoscritte a porzione superiore argine (sopra campo di filtrazione), no cinematismi profondi
- Anche in caso di dissesto corticale (Pian Due Torri, scarpata lato campagna) no problemi di officiosità idraulica

UN PATTO SOLIDALE TRA MONTAGNA E CITTA'

"Il ruolo di APE (Appennino Parco d'Europa) per il controllo

e la mitigazione dell'impatto antropico sui sistemi naturali"





Impatto antropico e risorse idriche

Sovrasfruttamento

(il prelievo supera la ricarica naturale fornita dalle precipitazioni).

Contaminazione

CONDIZIONE DI EMERGENZA

(Catastrofe idrogeologica)

Situazione nel Lazio

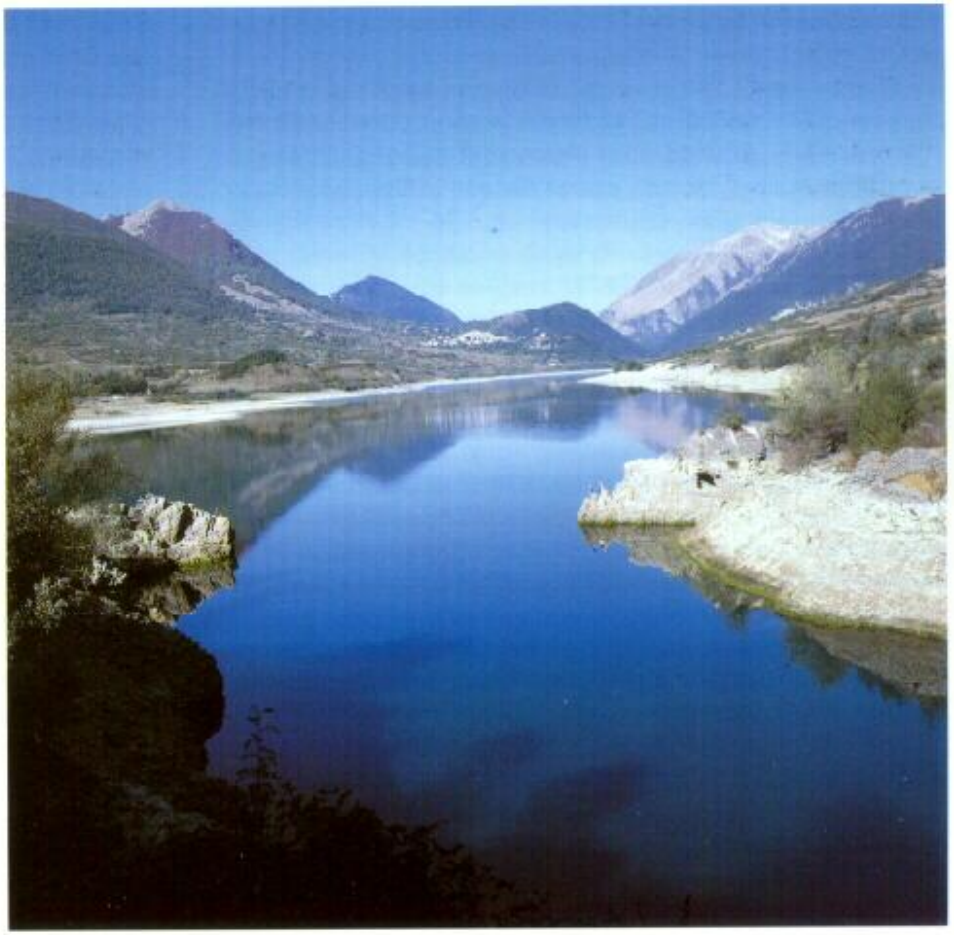
Non mancano alterazioni gravi agli ecosistemi per effetto della industrializzazione che ha invaso aree agricole o naturali.

Inquinamento più concentrato, più violento nelle aree a densità demografica più elevata (lungo la costa, lungo i principali fiumi)

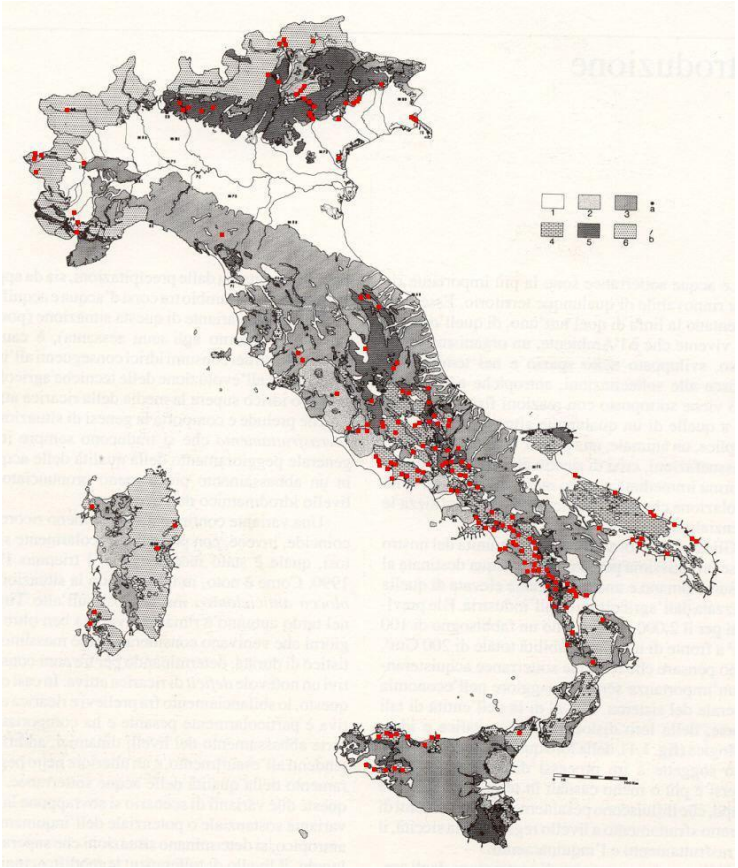
Sorgenti e riserve d’acqua dell’Abruzzo

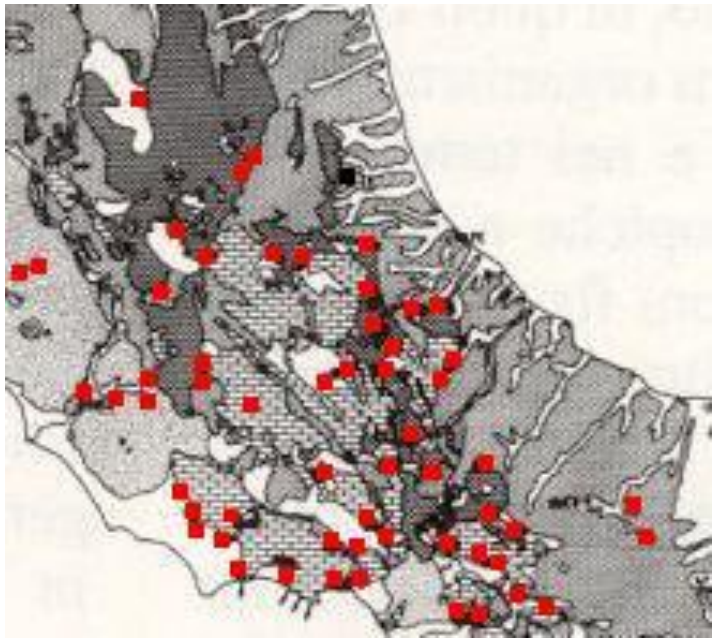
La regione Abruzzo è sede di importanti sorgenti e riserve d’acqua.

Il mantenimento della qualità di esse è il principale obiettivo da perseguire.



Sorgenti d’acqua in Abruzzo, Lazio e Molise





Sviluppo sostenibile

"Soddisfare i bisogni del presente senza compromettere la possibilità che le generazioni future soddisfino i loro bisogni" (definizione usata nel 1987 nel Rapporto "Il nostro futuro comune" dalla Commissione Mondiale sull'Ambiente e lo Sviluppo, istituita dall'ONU nel 1984).

Sviluppo sostenibile dal punto di vista degli ingegneri

Un sistema sostenibile è un sistema in equilibrio, che quindi funziona in una condizione stazionaria, oppure si modifica lentamente, con un gradiente ritenuto ammissibile.

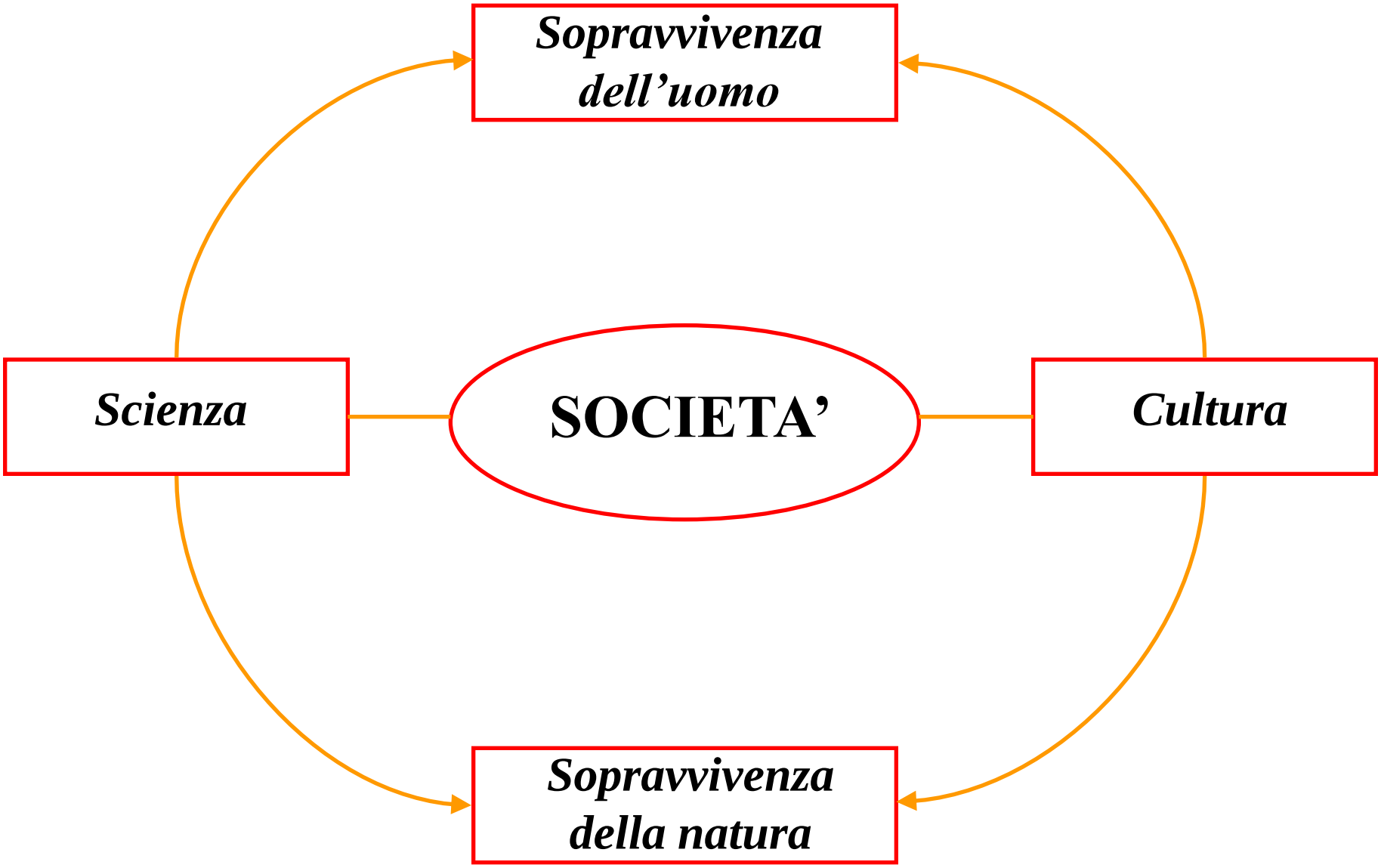
Le attività umane nelle città producono ricchezza
ma distruggono l’ambiente.

La città

In alcune aree del pianeta la crescita delle metropoli sarà spaventosa: in Asia le megalopoli si dilateranno ulteriormente, con problemi drammatici e colossali per la salute e l'inquinamento

Nella montagna si conserva la povertà ma anche la naturalità. La naturalità che oggi può esser capace, se ben finalizzata, di produrre ricchezza.

La natura appenninica è un'opportunità
per una crescita culturale e civile della
società nell'era della globalizzazione


Sopravvivenza dell'uomo
Scienza
SOCIETA'
Cultura
Sopravvivenza della natura

Uomo eroe

Svantaggio per l'uomo

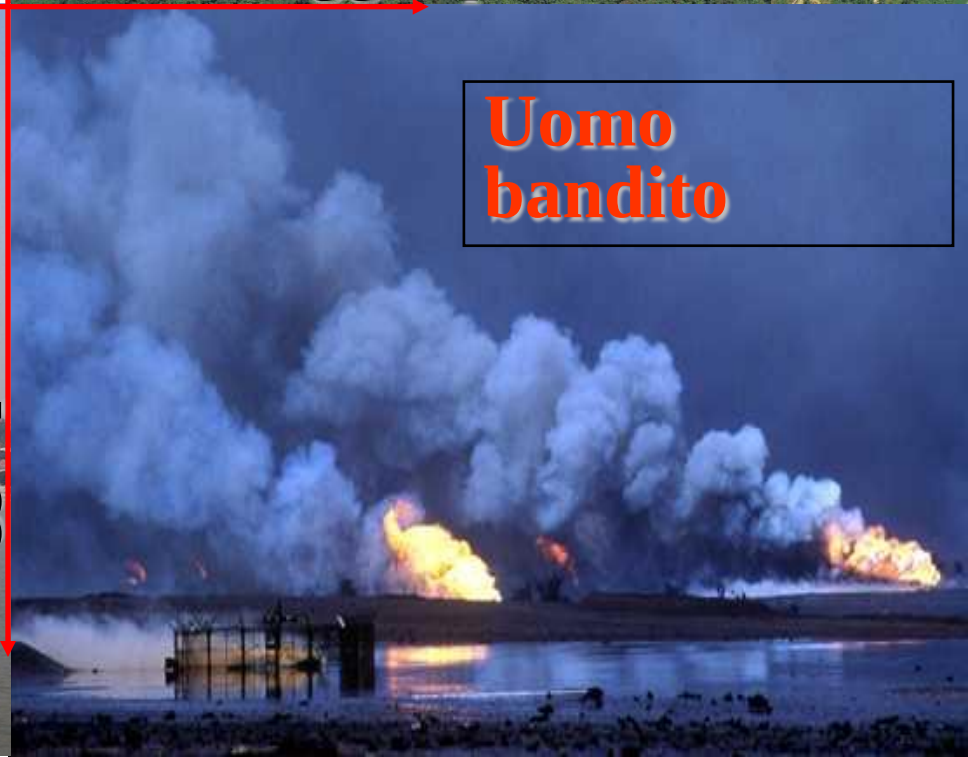
Vantaggio per la natura

Uomo intelligente

Vantaggio per l'uomo

Uomo idiota

Svantaggio per la natura



Uomo bandito

Un auspicio per Roma resiliente.

Che il suo sistema urbano e territoriale sia sempre più:

- **Riflessivo**
- **Concreto**
- **Ricco di risorse**
- **Ridondante**
- **Flessibile**
- **Integrato**