



Formazione

***Comportamento statico e sismico
di dighe in terra zonate***

Organizzato da:

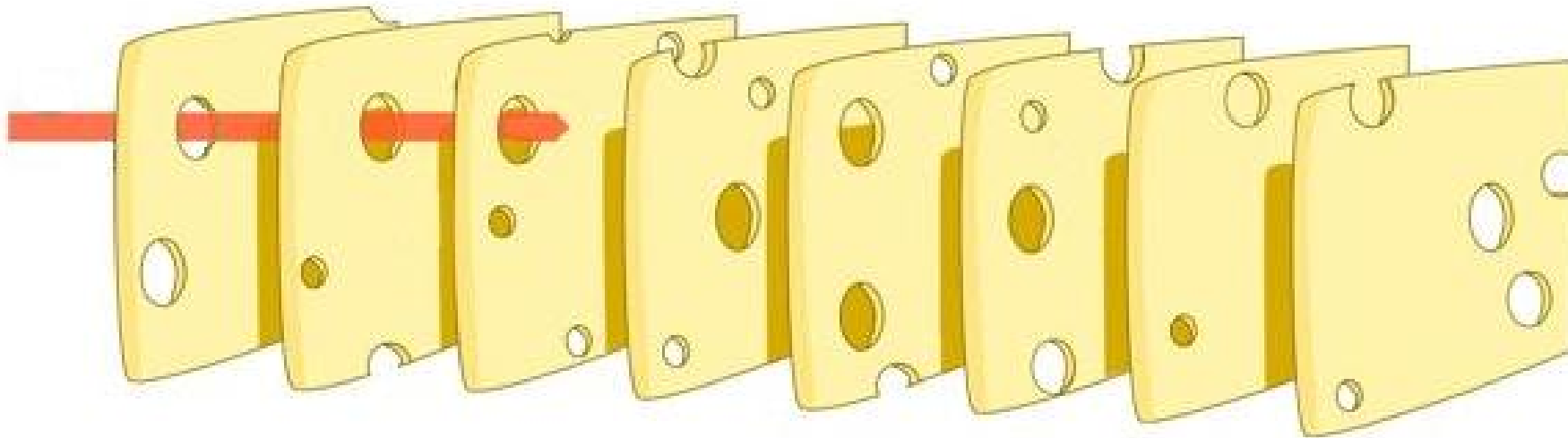
COMITATO ITALIANO GRANDI DIGHE

Le dighe in terra: inquadramento generale

Ing. Claudia Russo, DG Dighe - MIT



Il modello del formaggio svizzero applicato alla sicurezza delle dighe



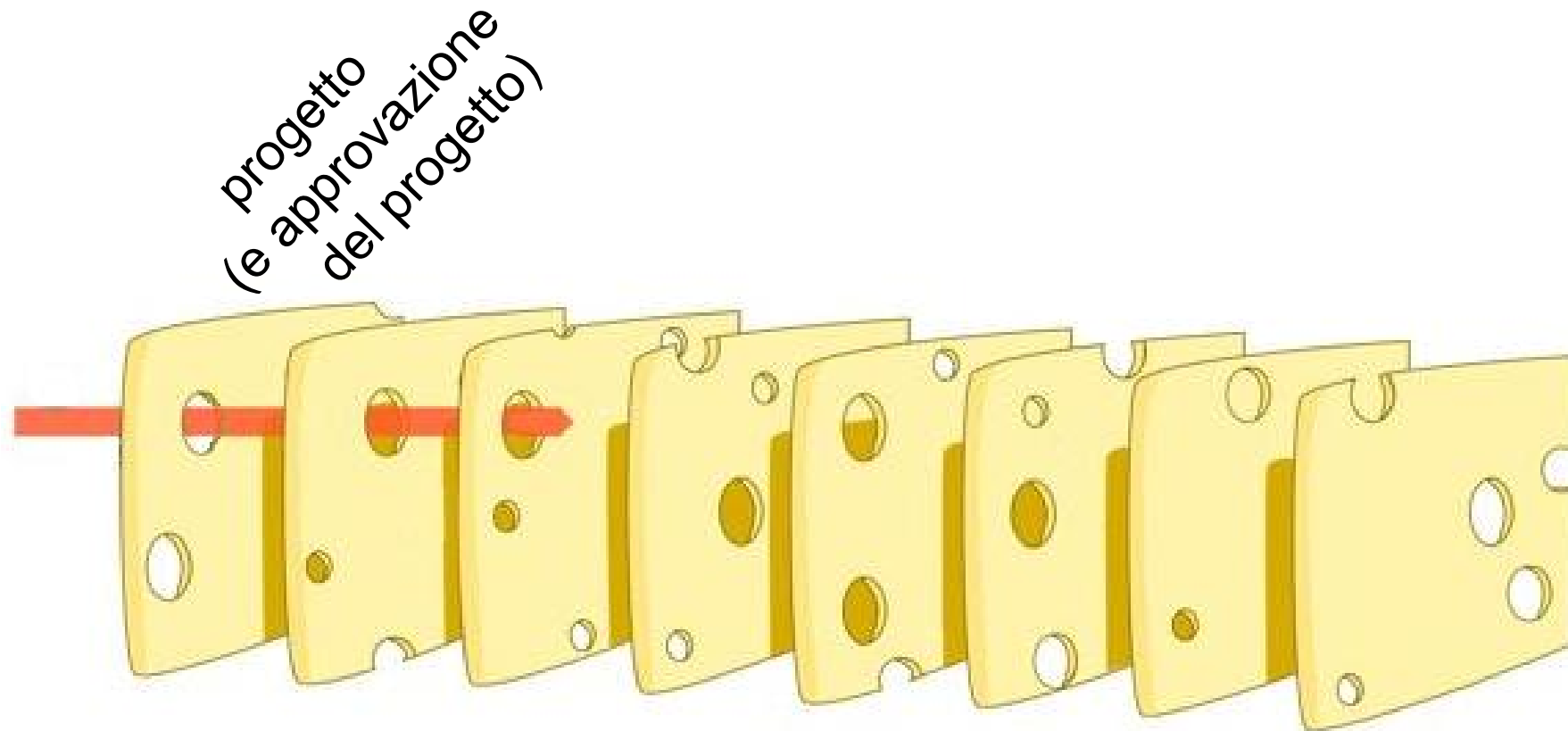
mod. da J. Reason, 1997

Il modello del formaggio svizzero applicato alla sicurezza delle dighe



mod. da J. Reason, 1997

Il modello del formaggio svizzero applicato alla sicurezza delle dighe



mod. da J. Reason, 1997

Insufficienza degli scarichi di superficie

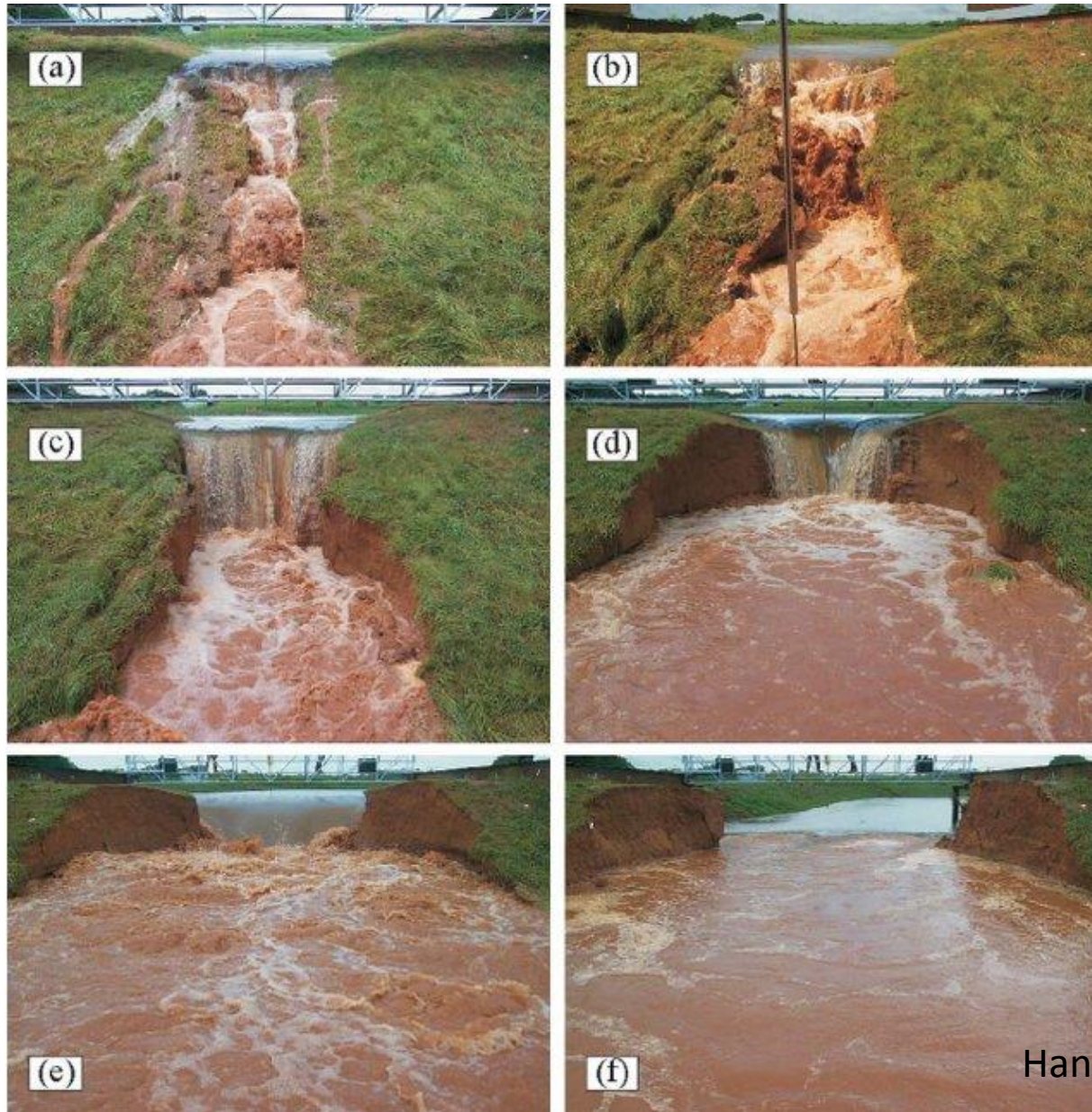


tracimazione



Diga di Glashütte, Germania (2002)

US Dept. of Agriculture: modello in vera grandezza degli effetti della tracimazione



Hanson et al., 2005



Diga 1, Norvegia



Diga 1, Norvegia



nuovo rivestimento
del paramento di monte

banchina al piede
di valle



Diga 1, Norvegia



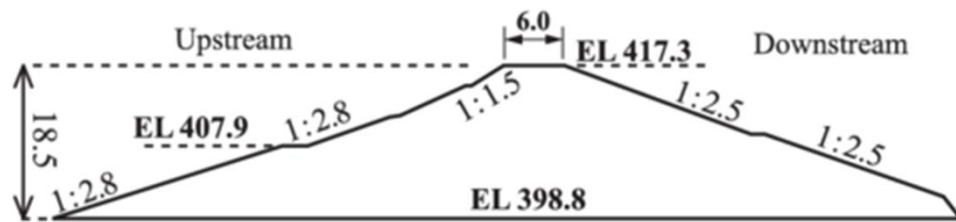
Diga di Tillgate, UK

intervento con 'grasscrete' sullo scarico di superficie

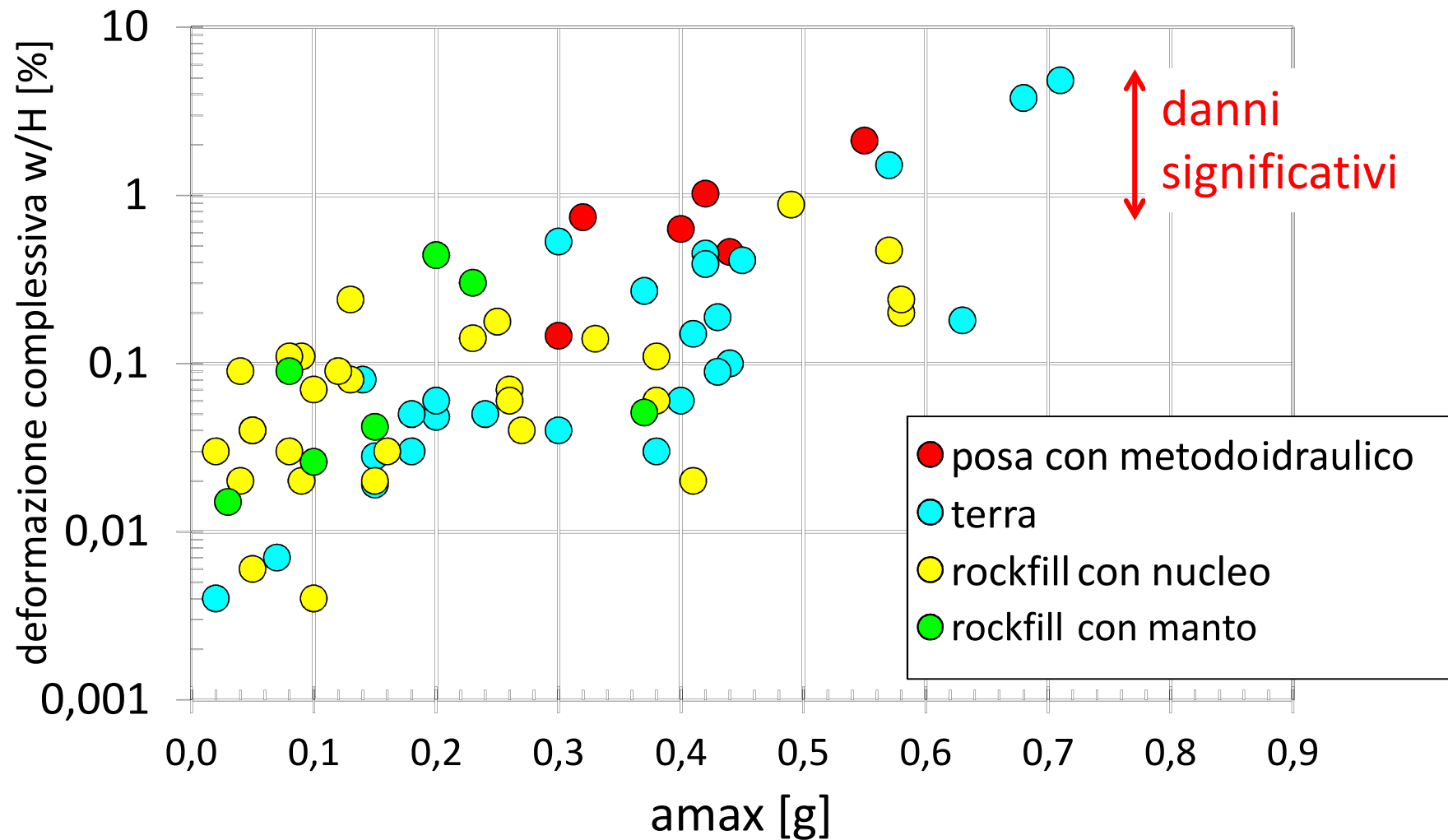


Diga di Fujinuma, Giappone

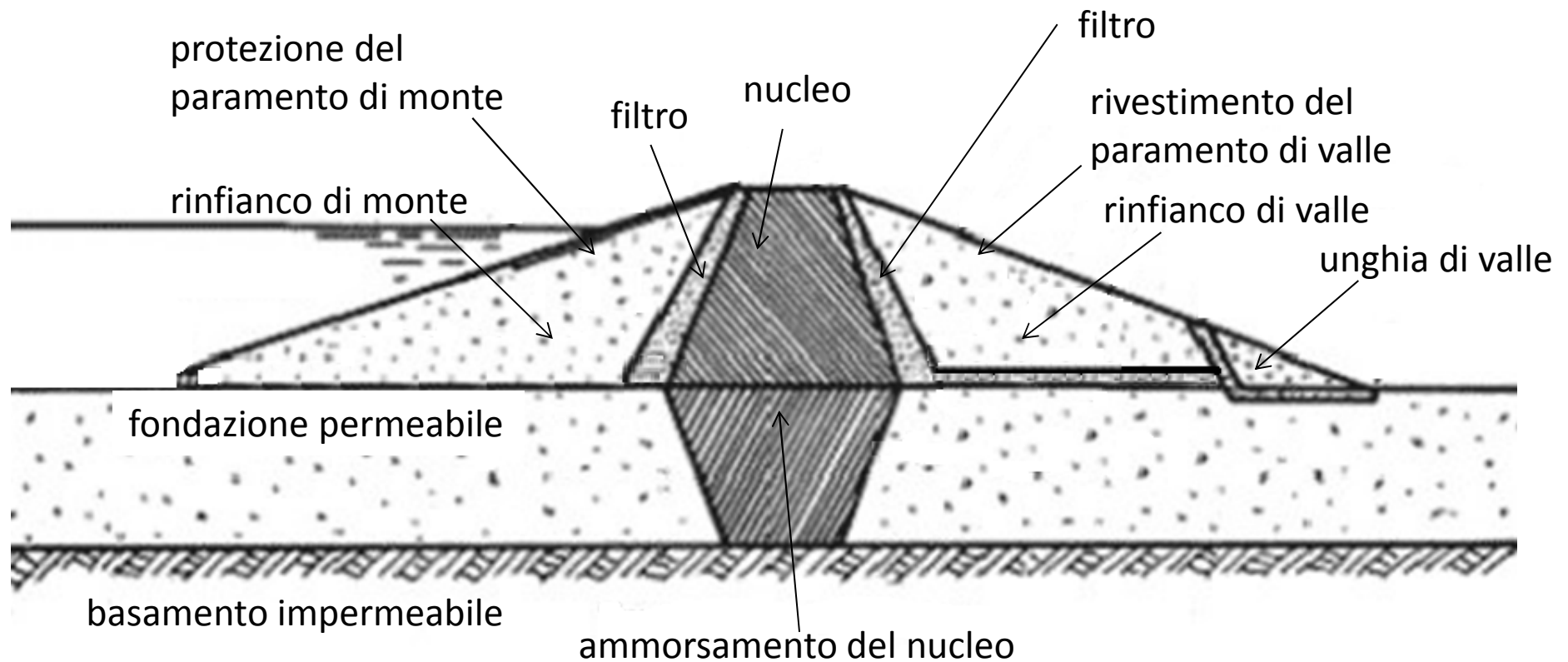
Terremoto di Tōhoku, 2011



Relazione tra deformazione complessiva e accelerazione massima al suolo



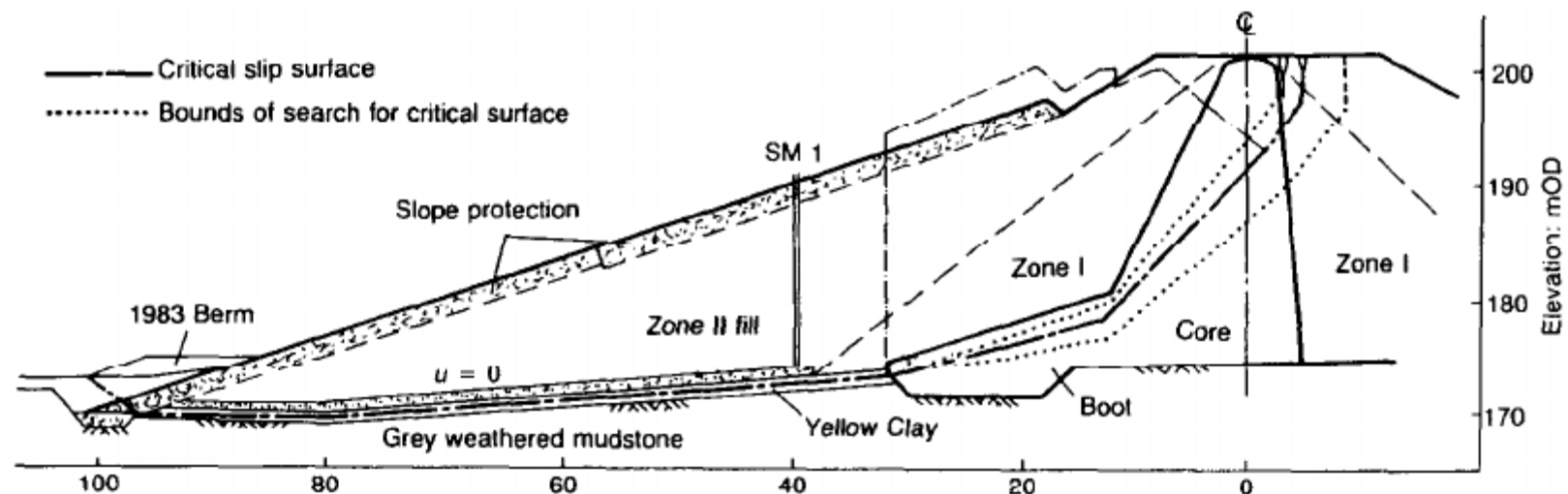
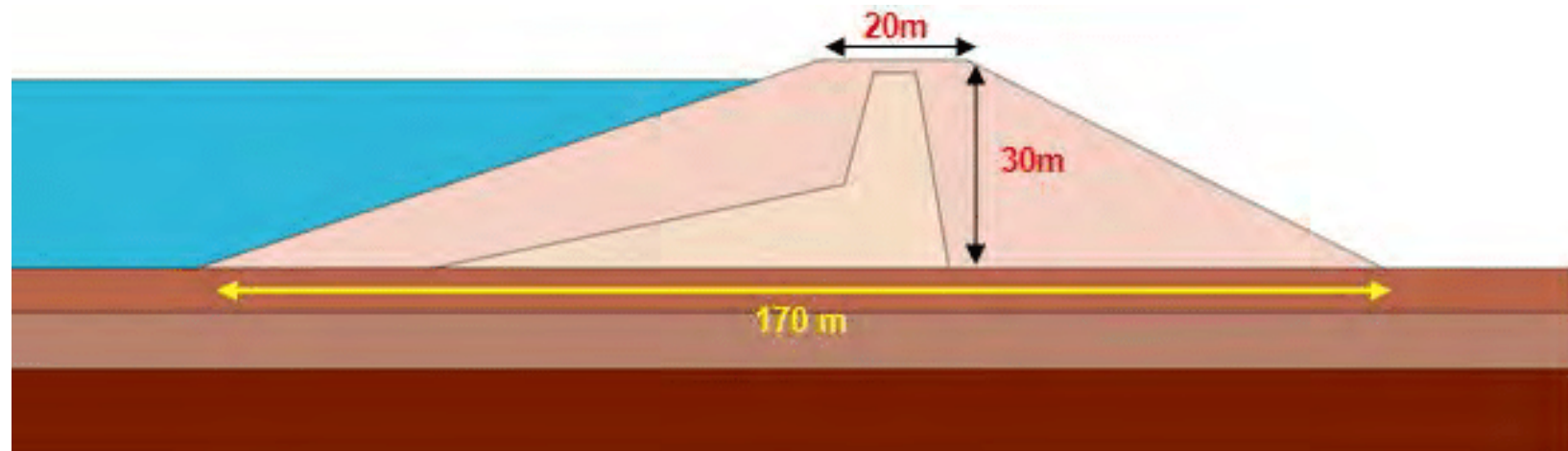
Schema base di diga in terra zonata



Diga di Carsington, 1984

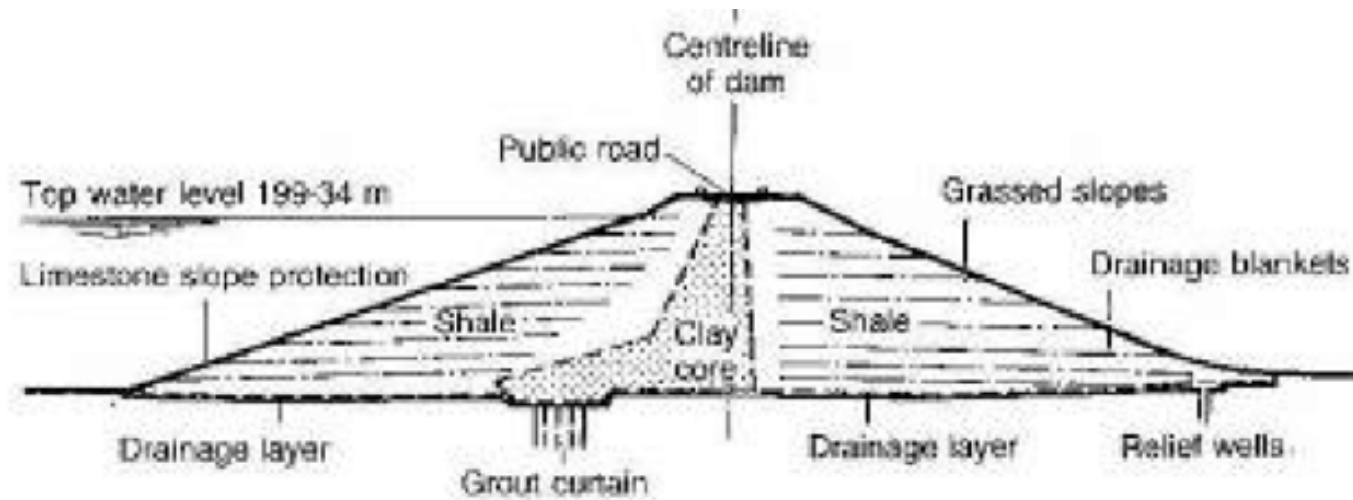


Diga di Carsington, 1984

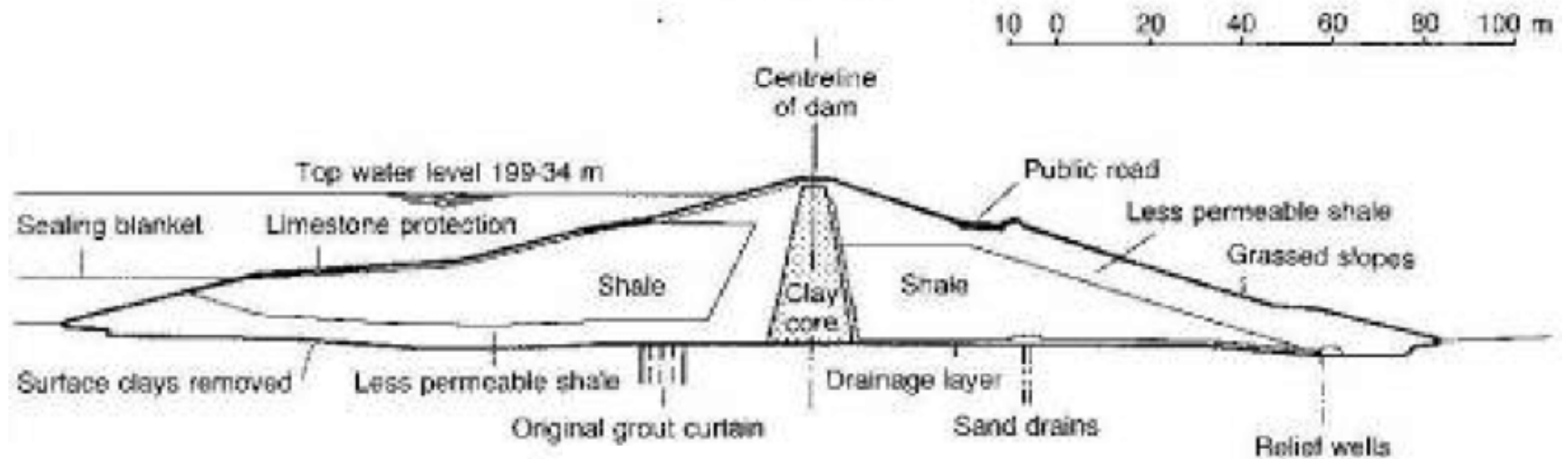


Skempton e Vaughan, 1993

Diga di Carsington, 1984

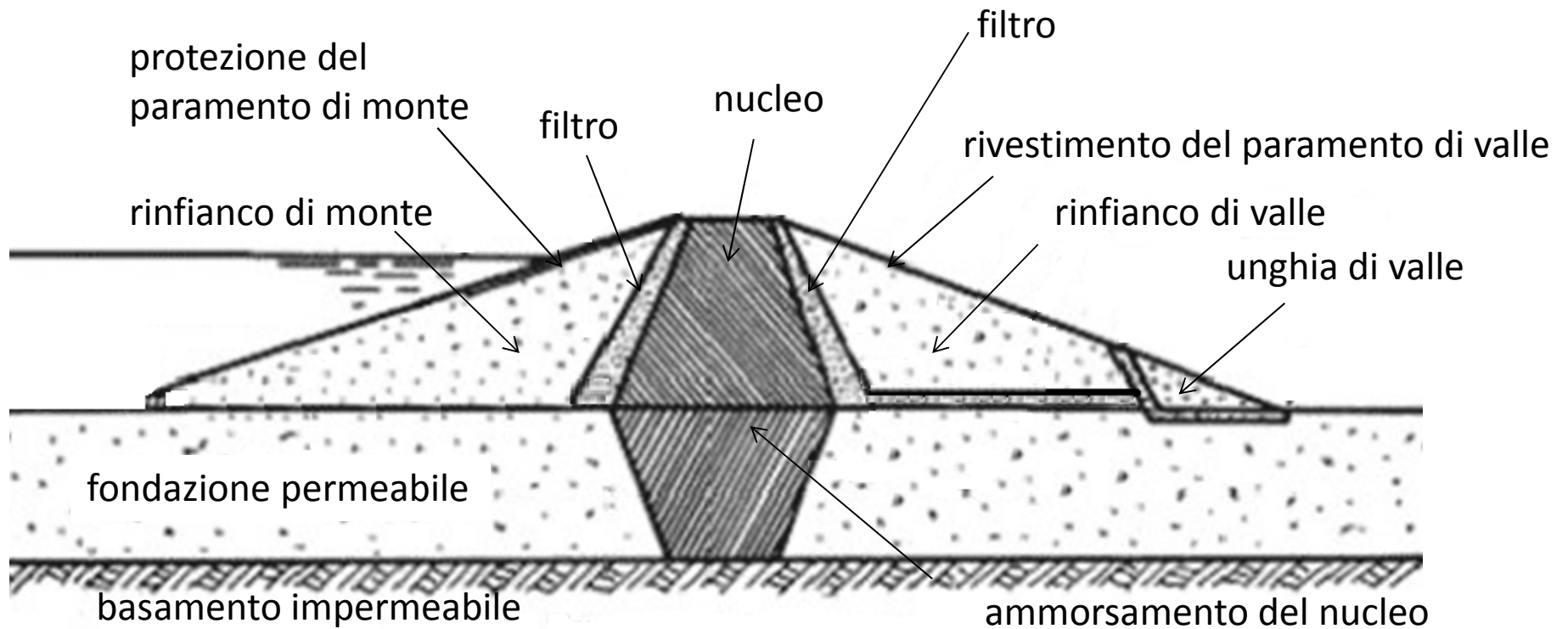


progetto originario

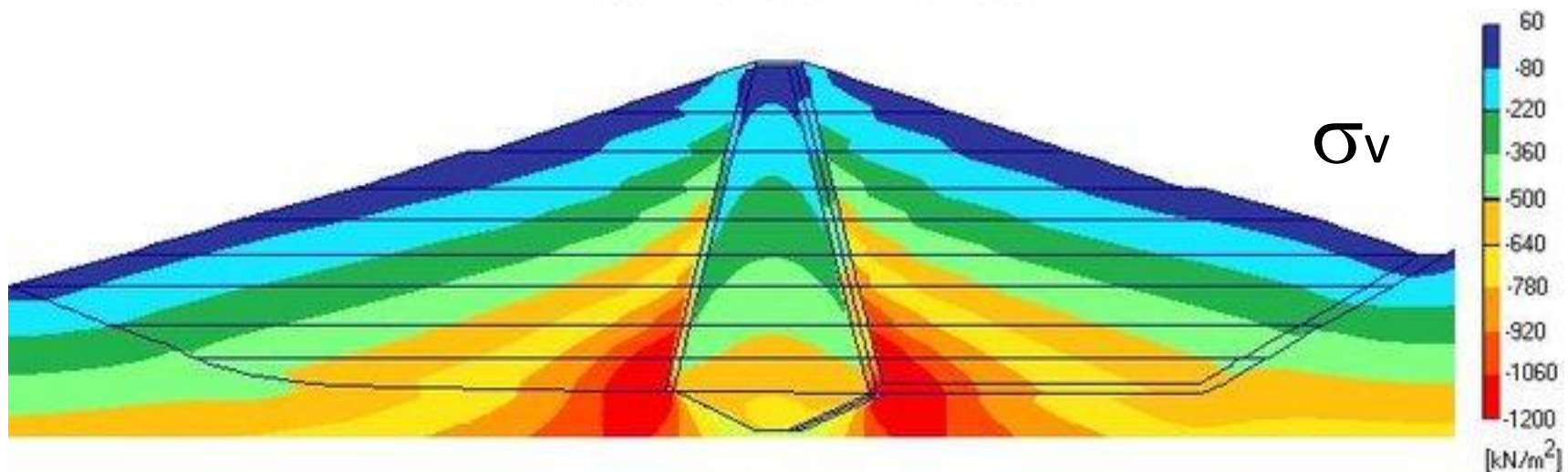
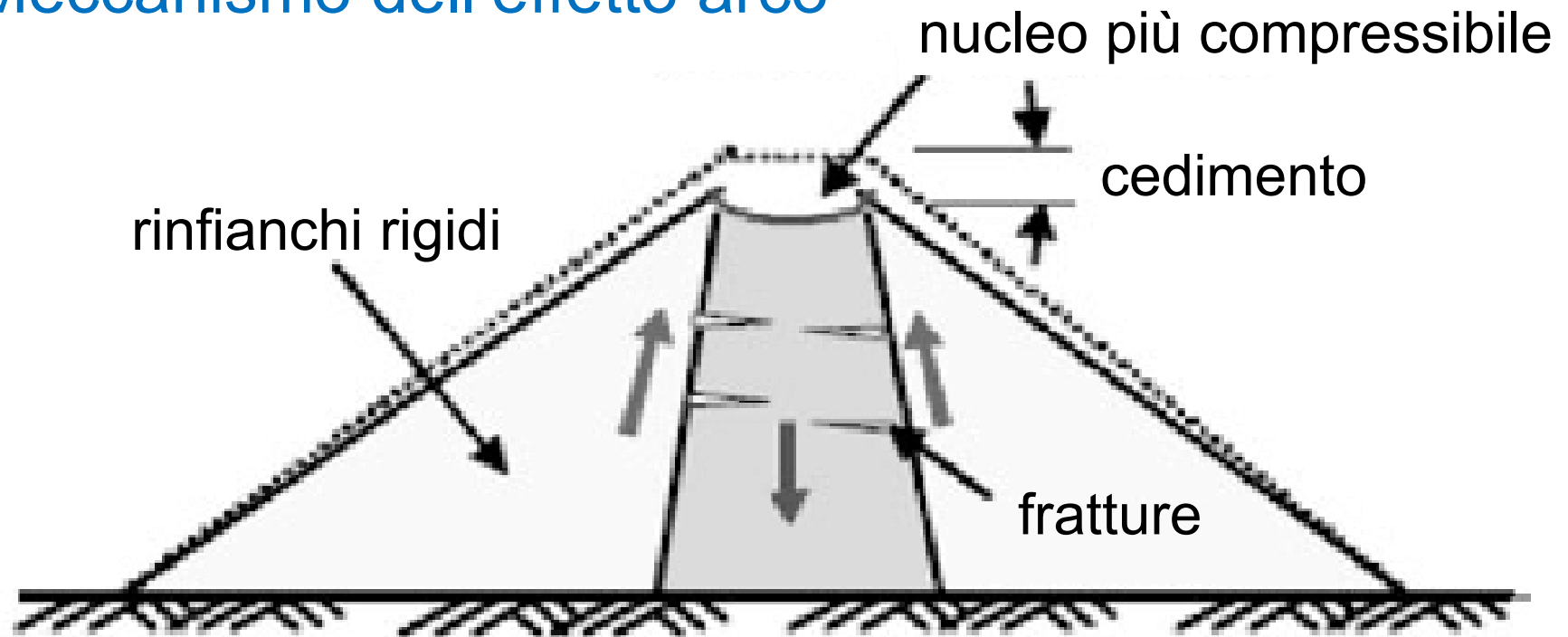


sezione della diga ricostruita

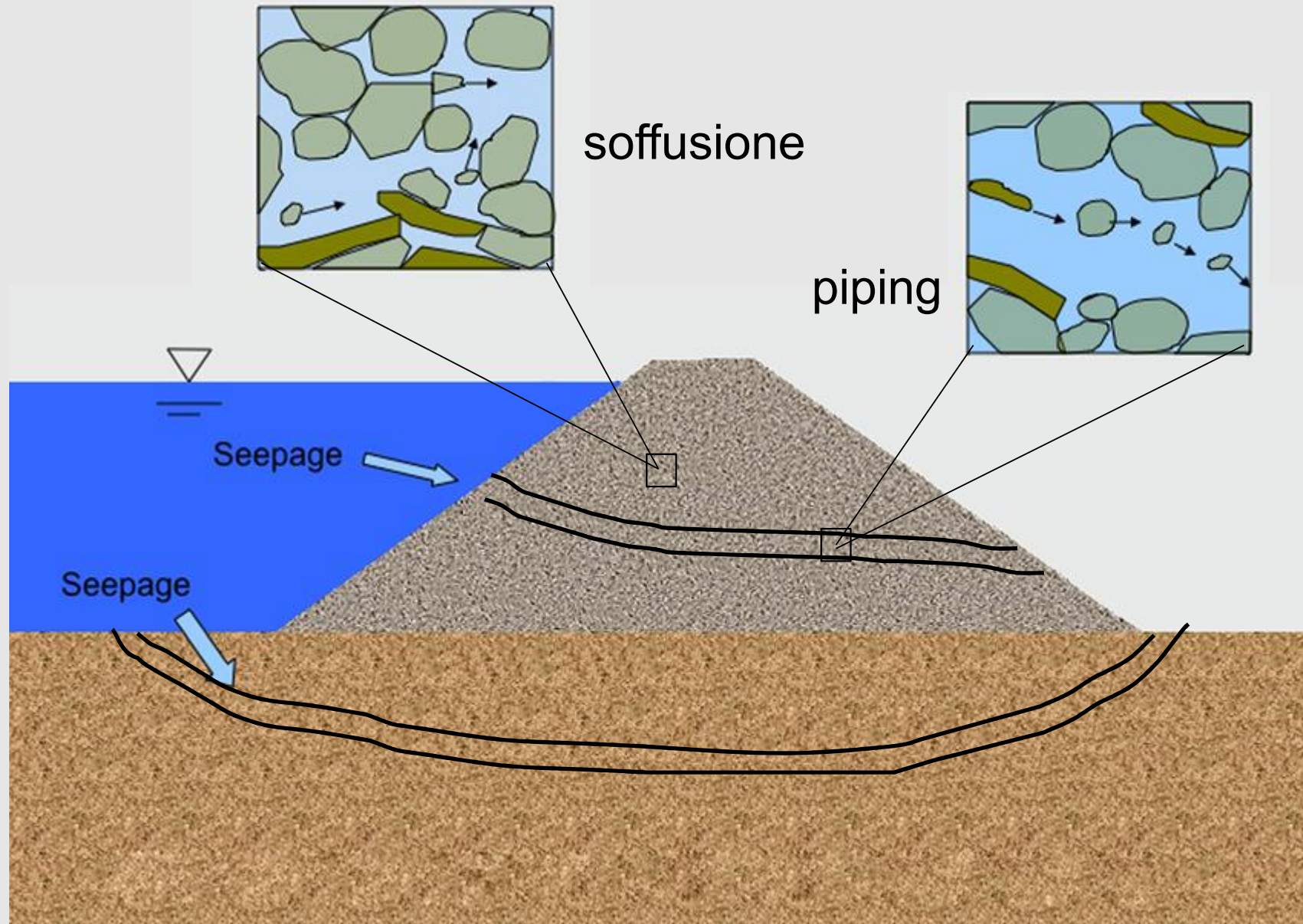
Schema base di diga in terra zonata



Meccanismo dell'effetto arco

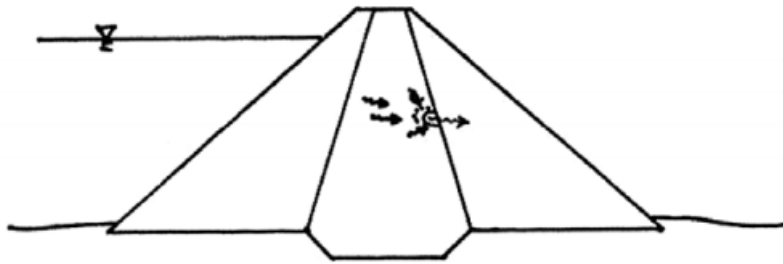


Erosione interna

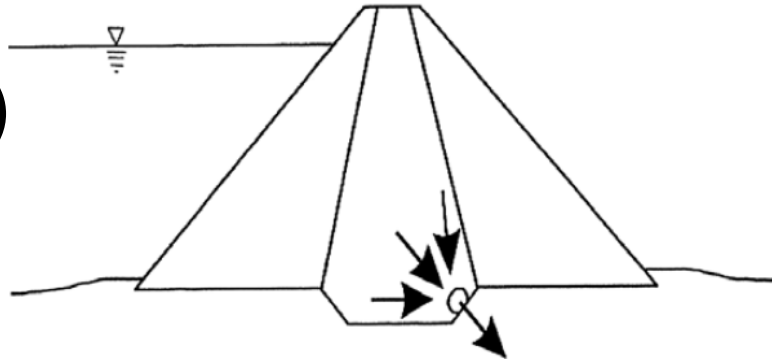


Possibili meccanismi di piping

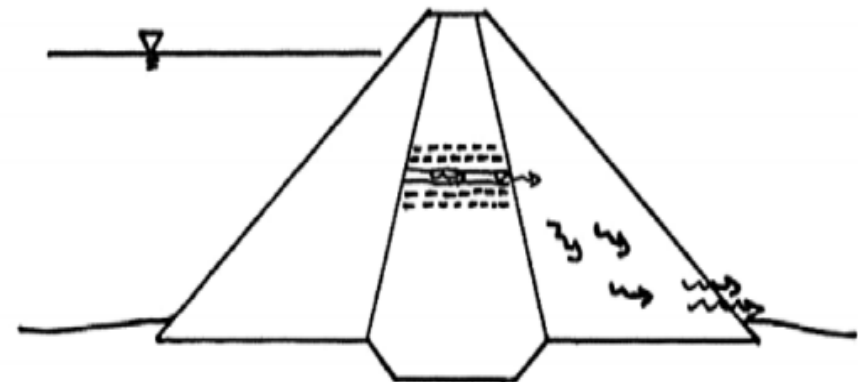
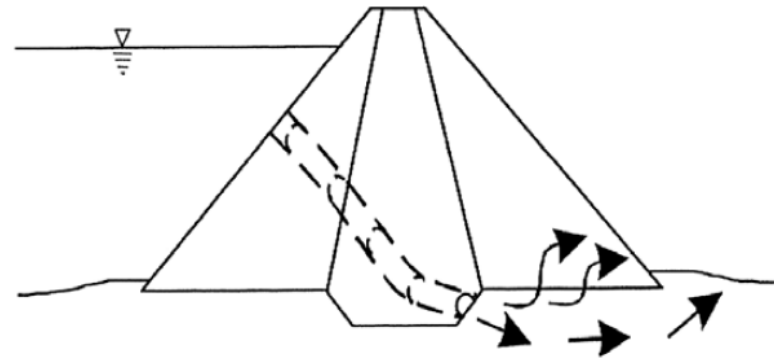
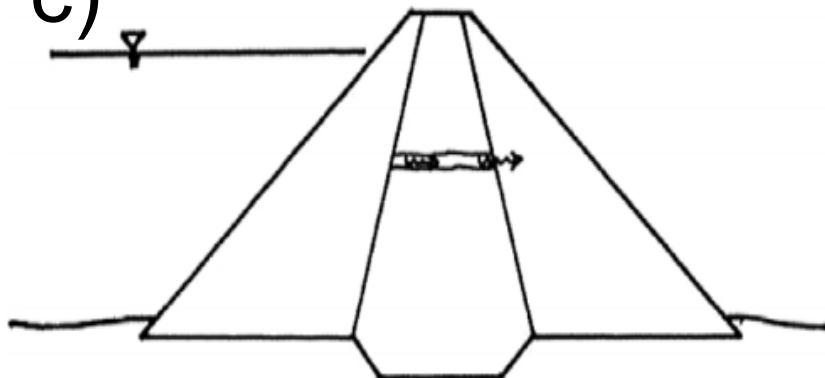
a)



b)



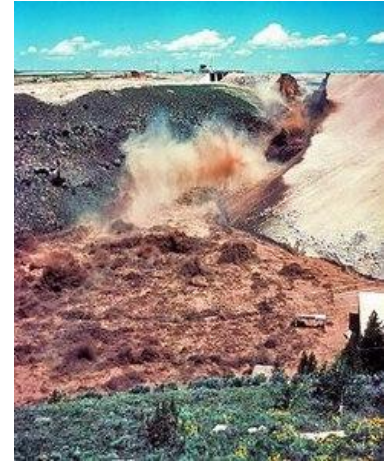
c)



Diga di Teton, 1976

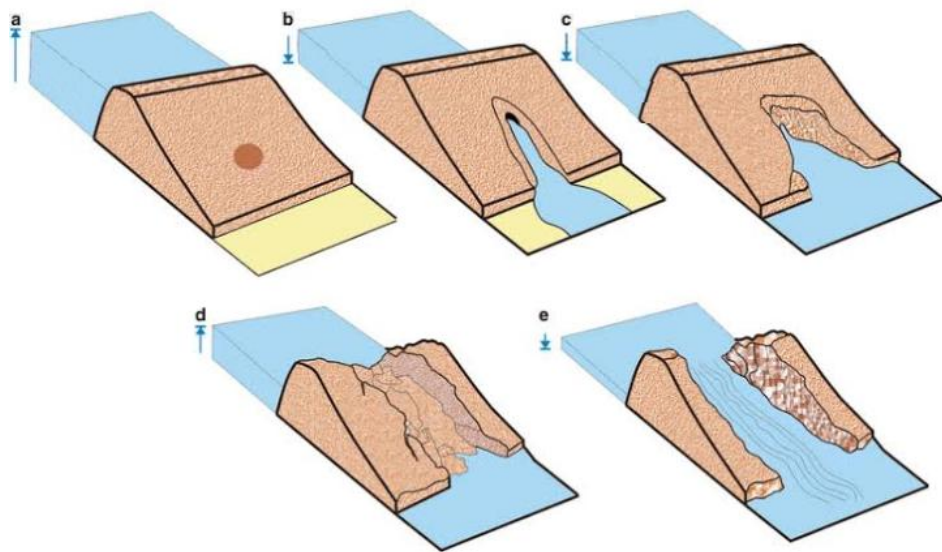


Diga di Teton, 1976



Diga di Teton, 1976





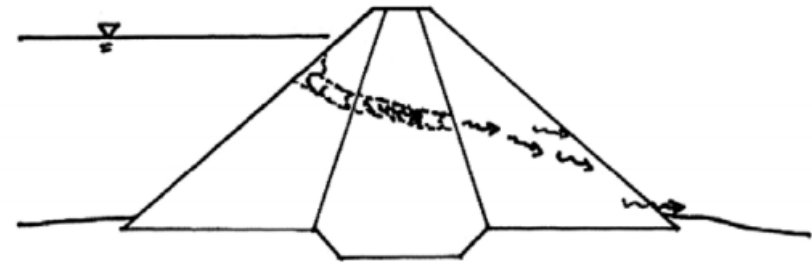
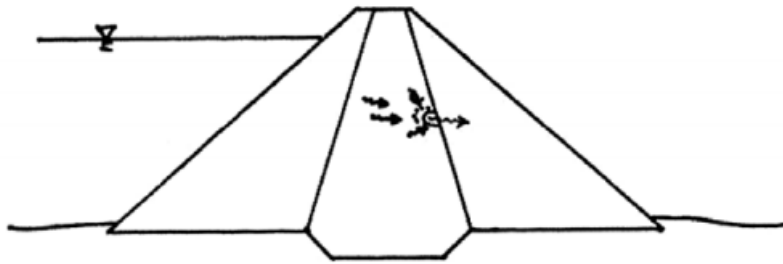
Diga Tunbridge, Tasmania



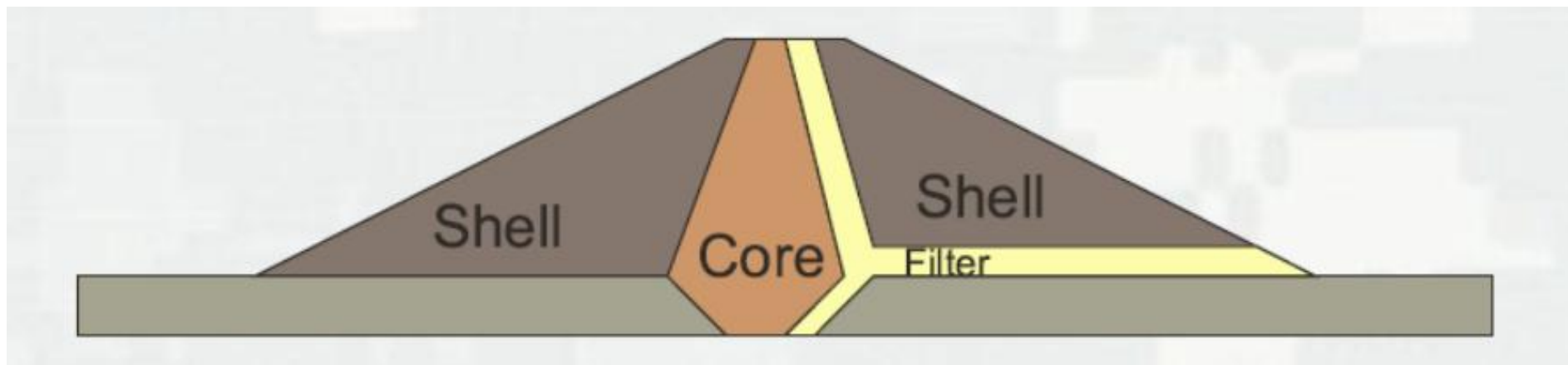
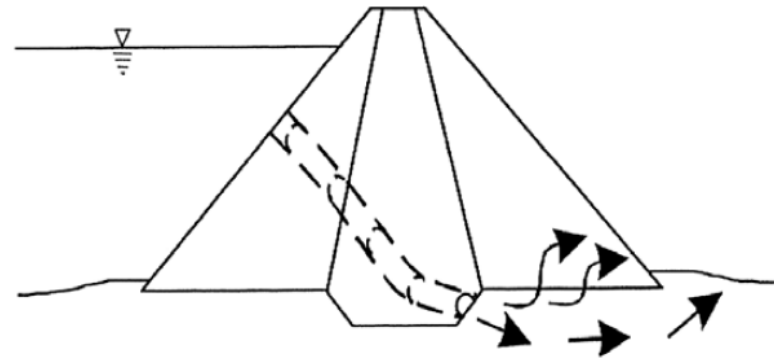
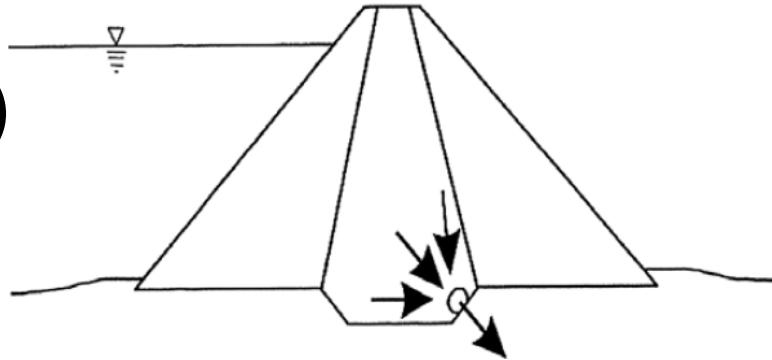
NHRI, 2009

Possibili meccanismi di erosione interna

a)



b)



Erosione interna intorno a tubazioni che attraversano il corpo diga



Erosione interna intorno a tubazioni che attraversano il corpo diga

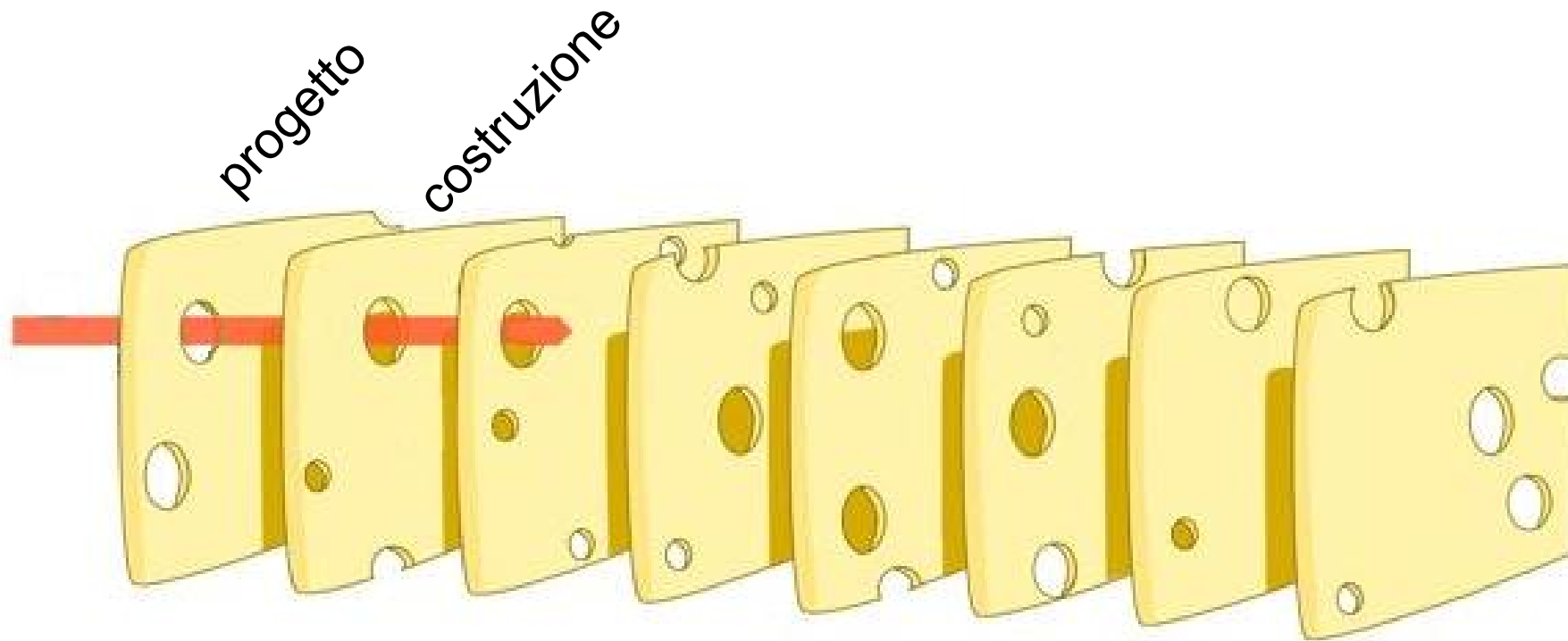


Best practice:
realizzare collari intorno
alle tubazioni

Erosione interna intorno a tubazioni che attraversano il corpo diga



Il modello del formaggio svizzero applicato alla sicurezza delle dighe



mod. da J. Reason, 1997

diga di Bomba – costruzione (1956-1962)



tratto da Casoli Punto TV

diga di Bomba – laboratorio di cantiere (1956-1962)



tratto da Casoli Punto TV

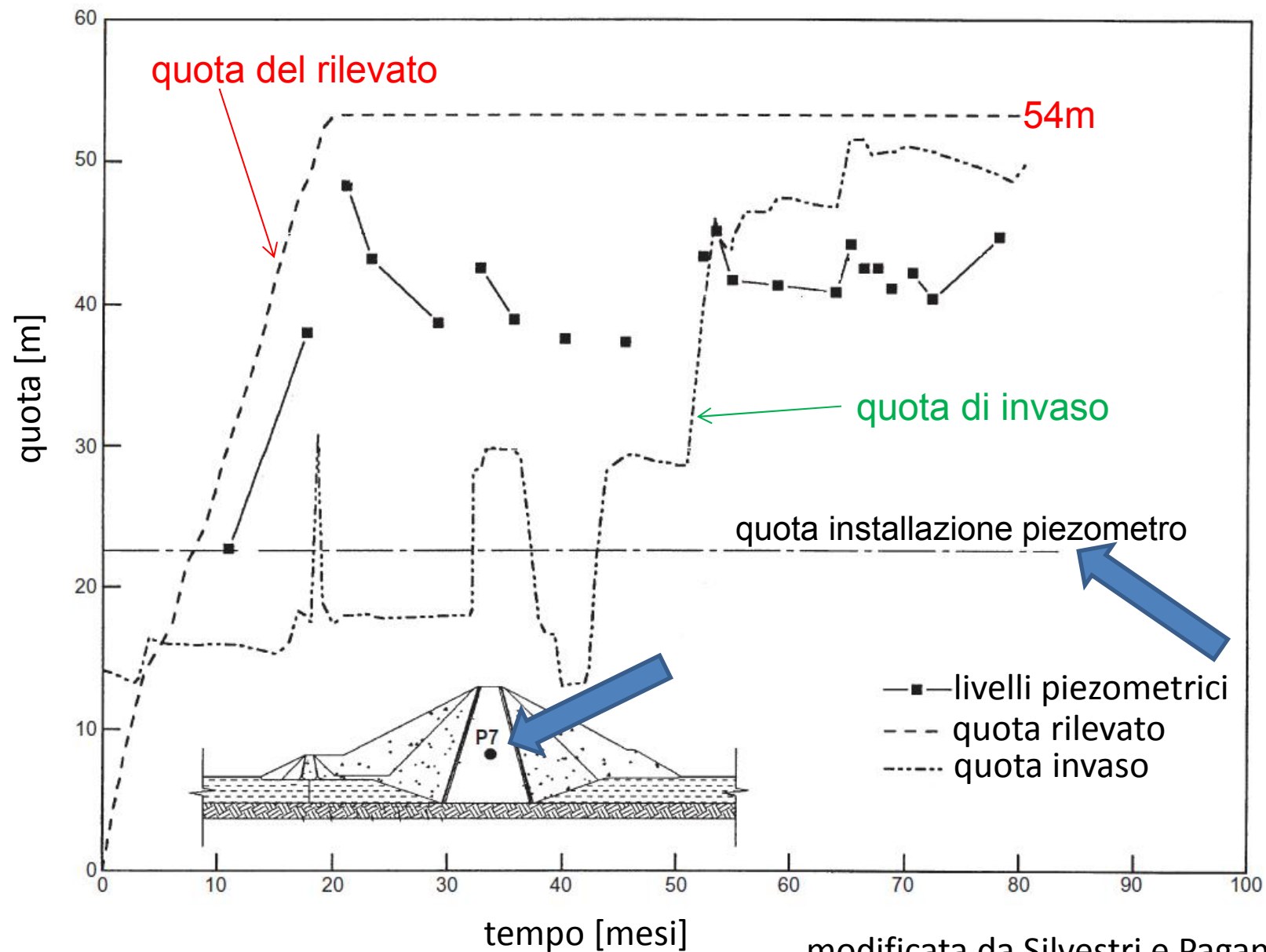
Diga di Papadia, Grecia



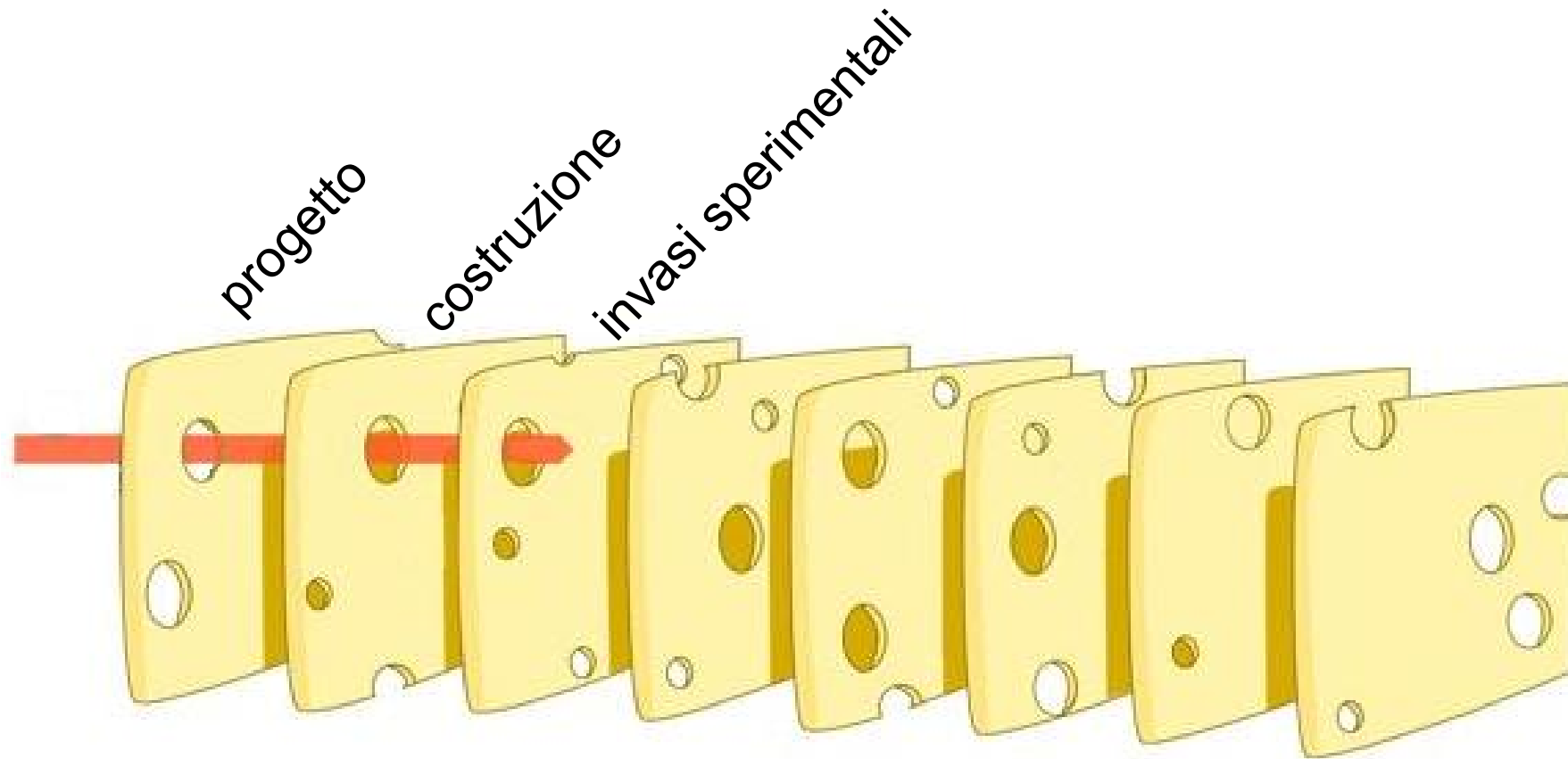
Diga di Papadia, Grecia



Diga di Beliche, Portogallo



Il modello del formaggio svizzero applicato alla sicurezza delle dighe

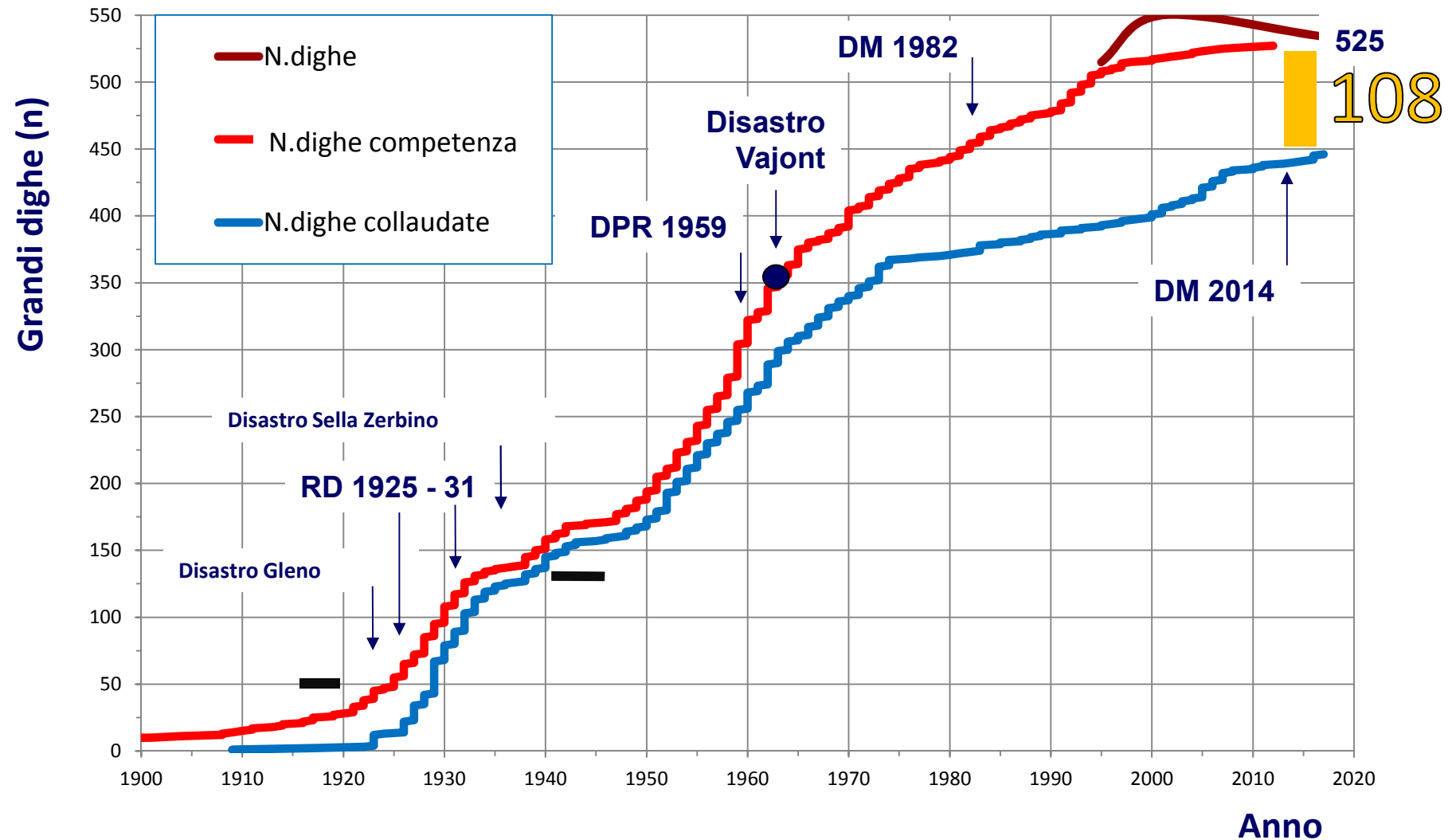


mod. da J. Reason, 1997

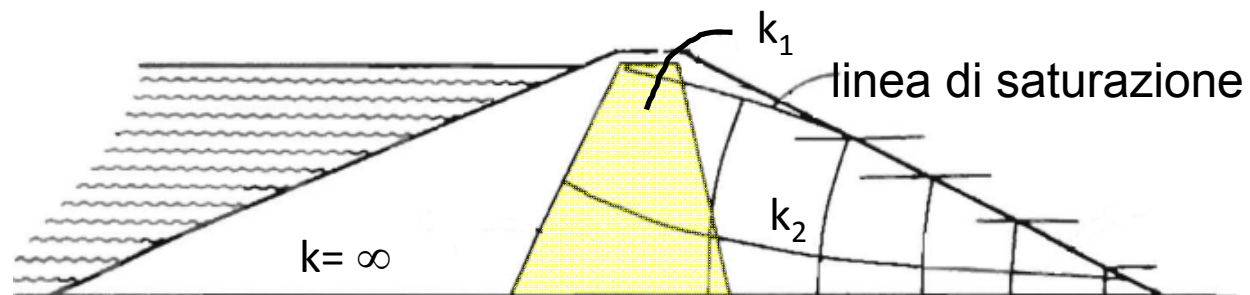
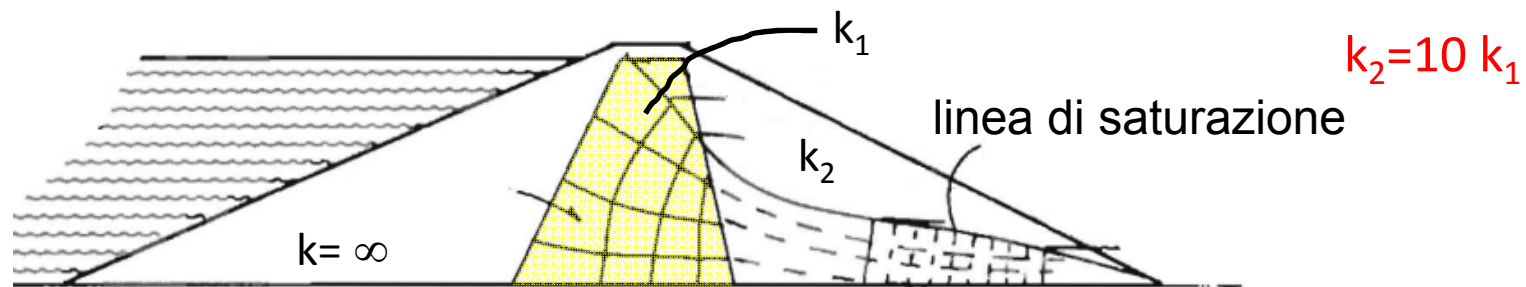
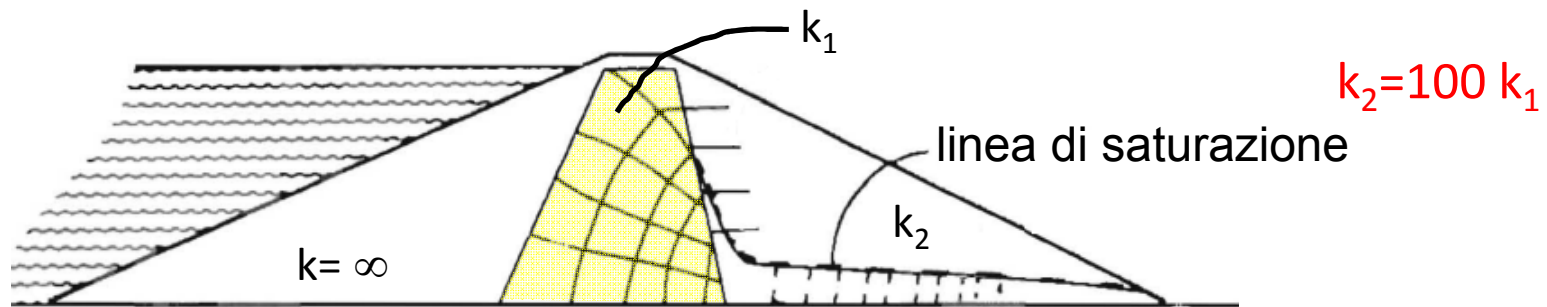
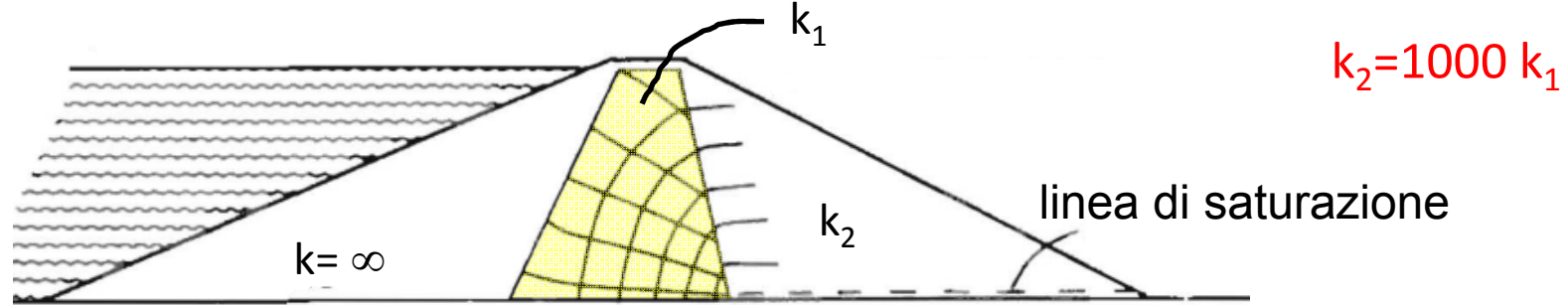
I numeri delle grandi dighe italiane

(courtesy of V. Chieppa)

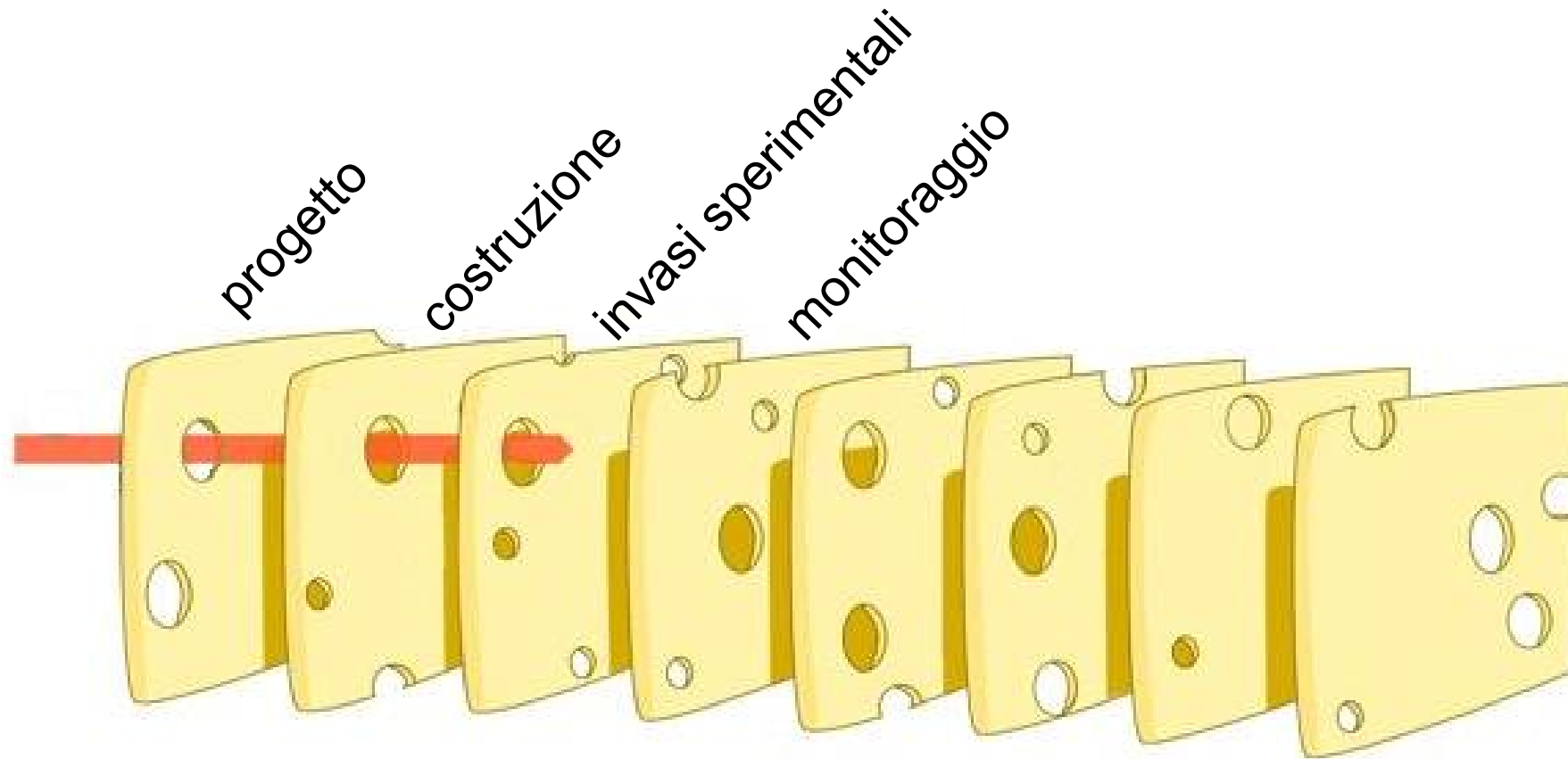
età media dighe 65 anni



Reti idrodinamiche attraverso una diga in terra zonata

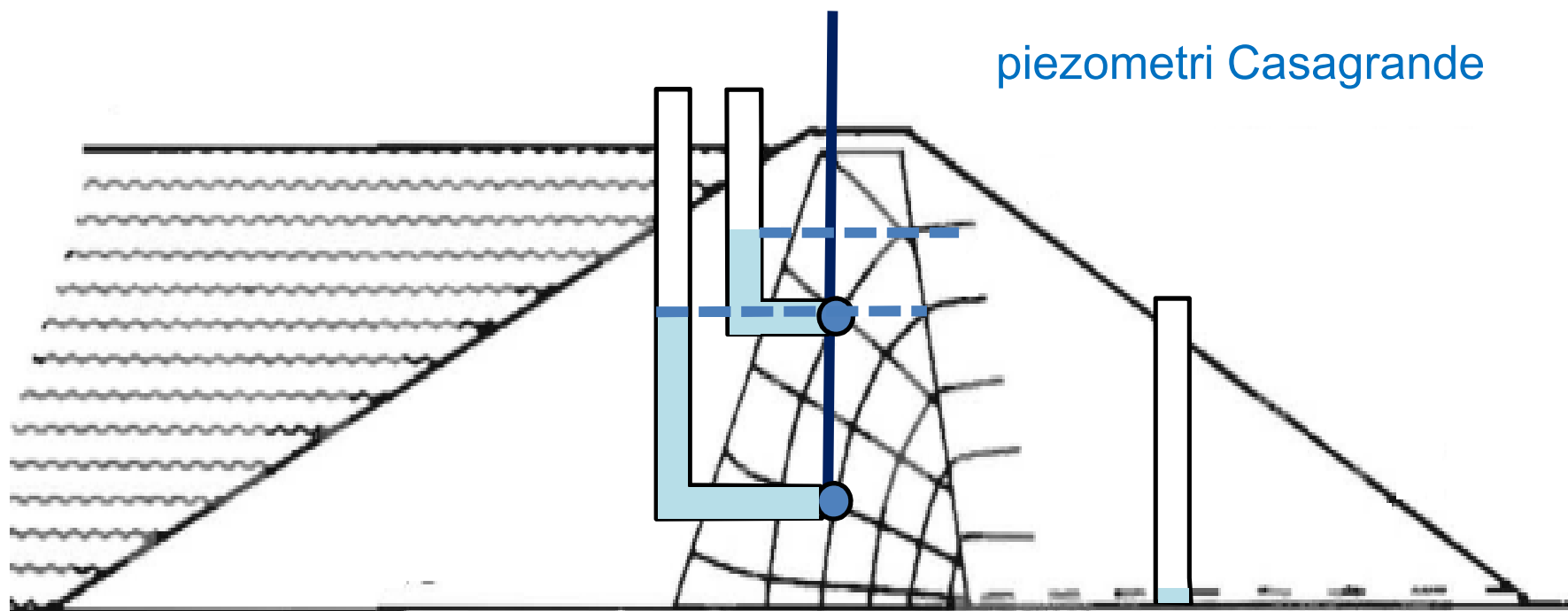


Il modello del formaggio svizzero applicato alla sicurezza delle dighe



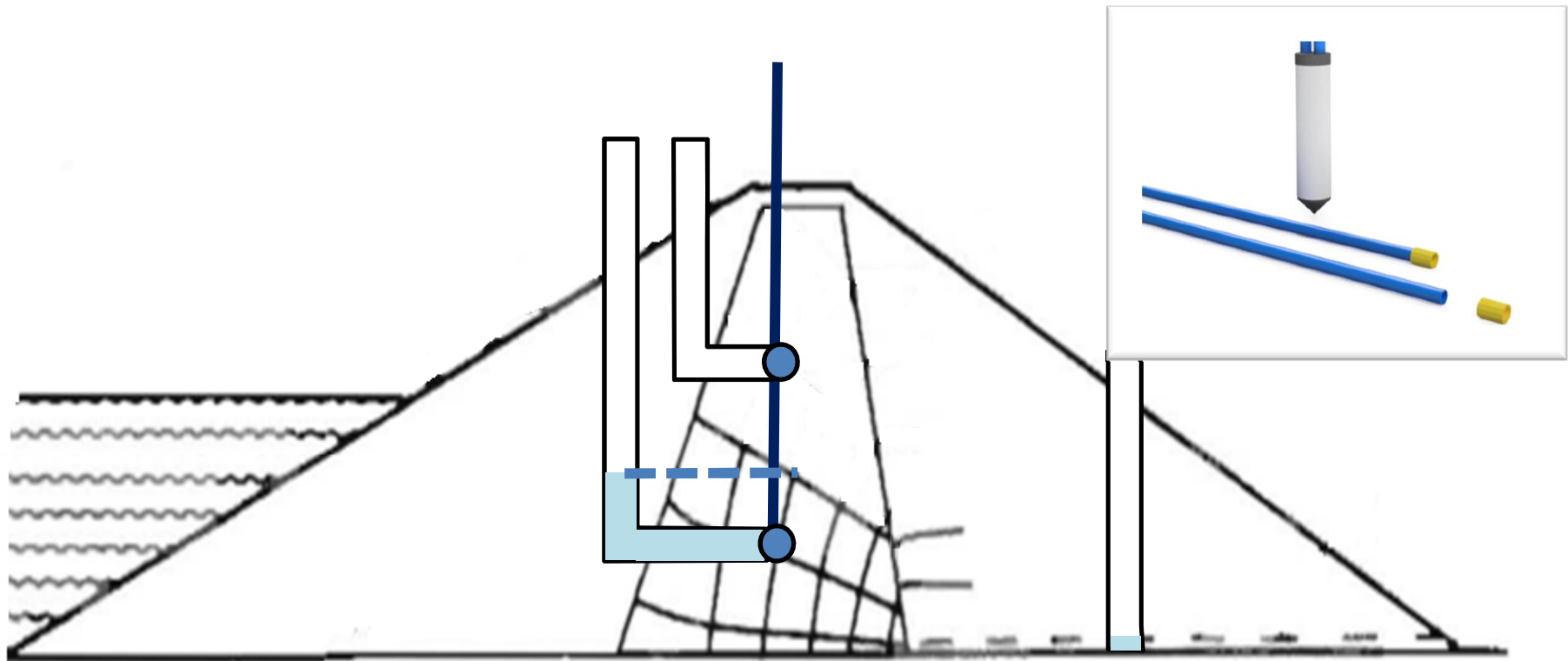
mod. da J. Reason, 1997

Misure piezometriche in dighe in terra



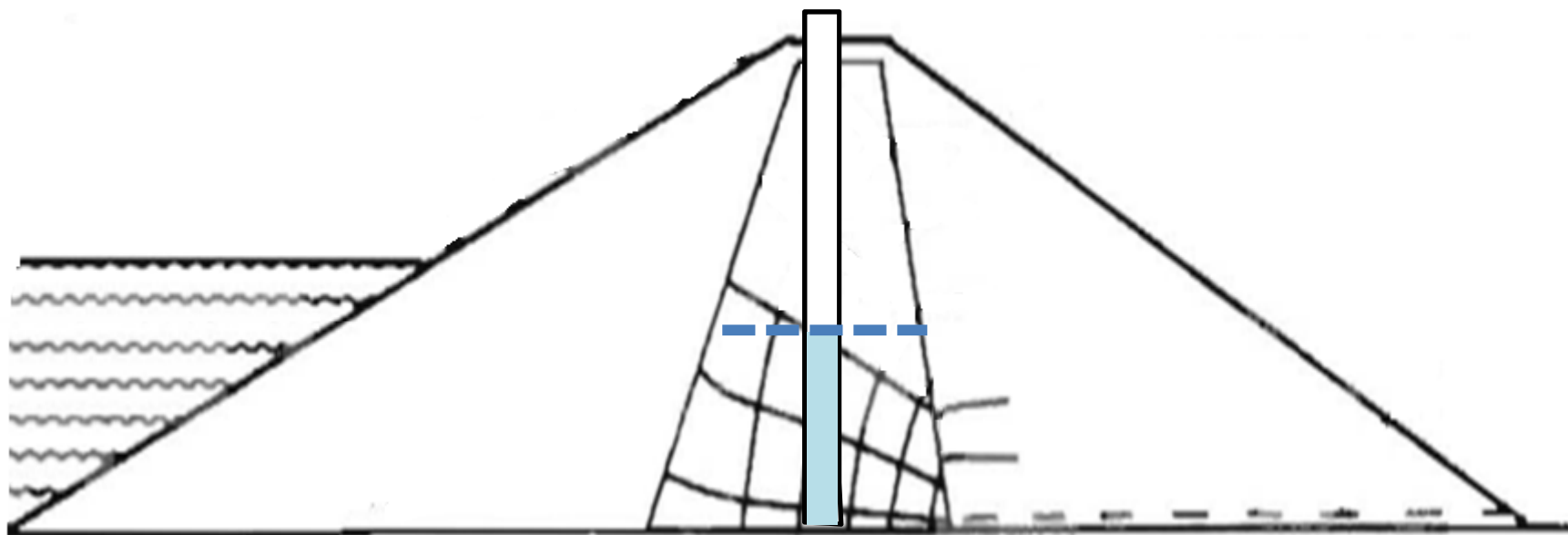
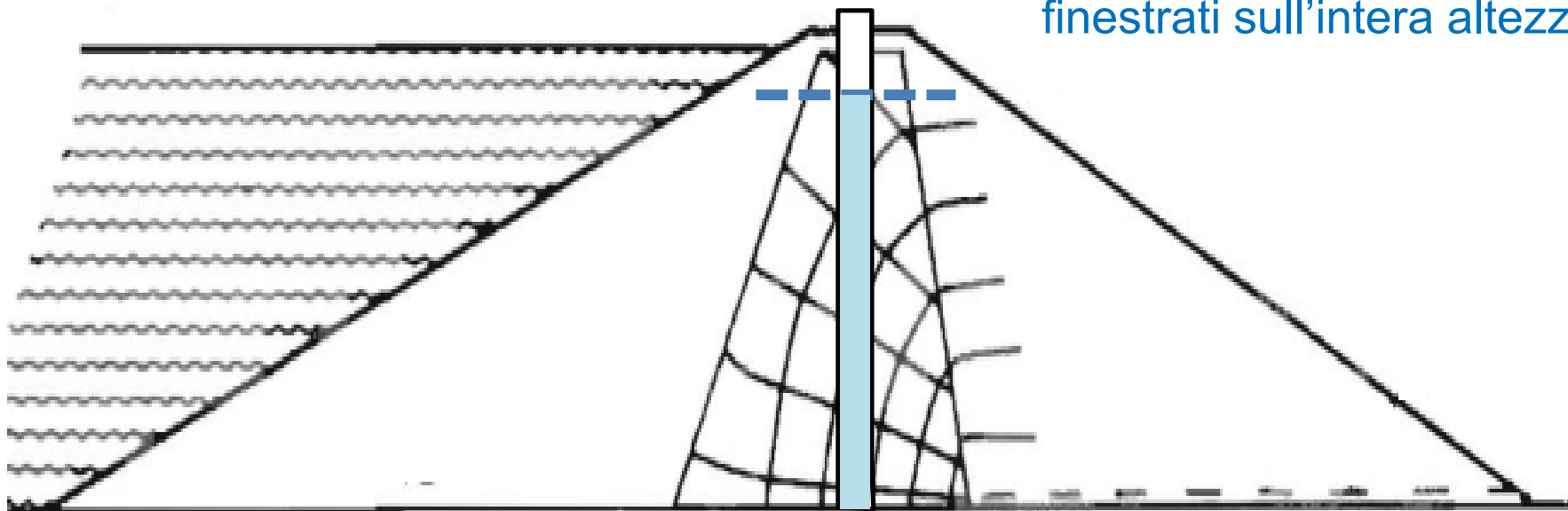
Misure piezometriche in dighe in terra

piezometri Casagrande

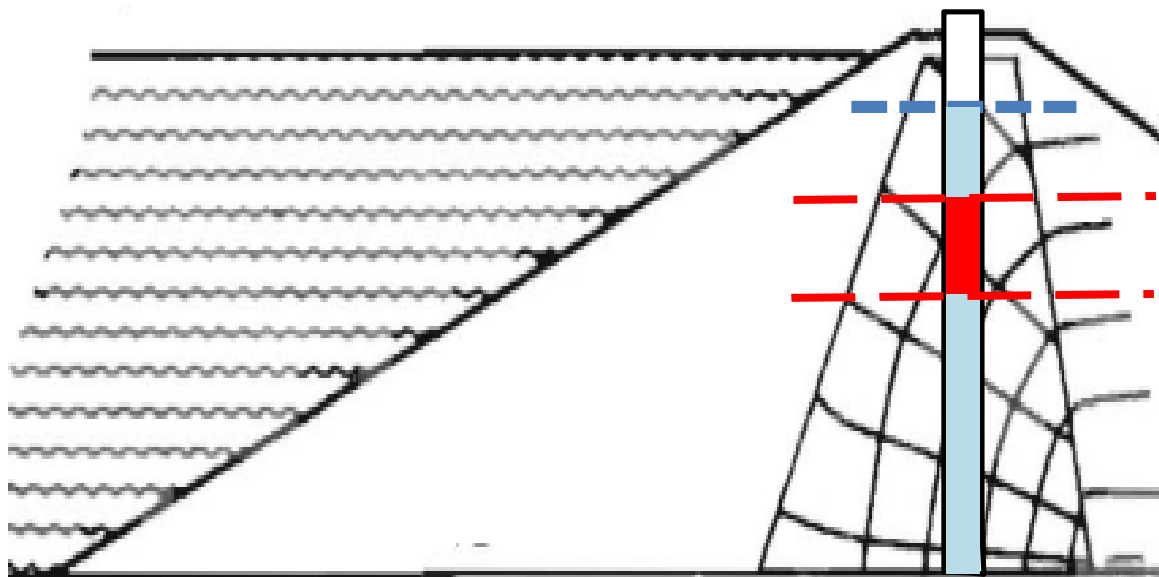


Misure piezometriche in dighe in terra

piezometri a tubo aperto
finestrati sull'intera altezza



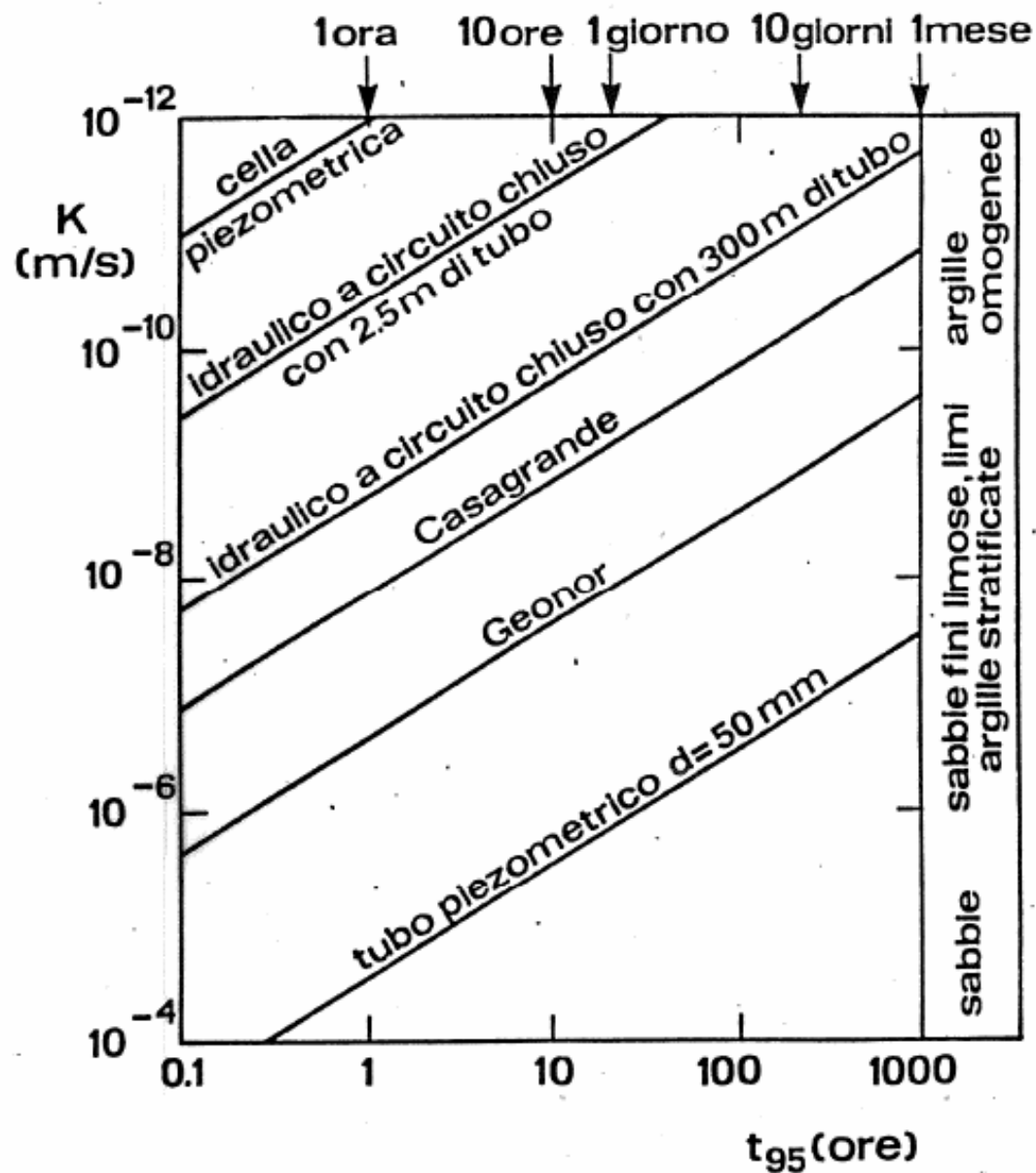
Misure piezometriche in dighe in terra



piezometri a tubo aperto
finestrati sull'intera altezza

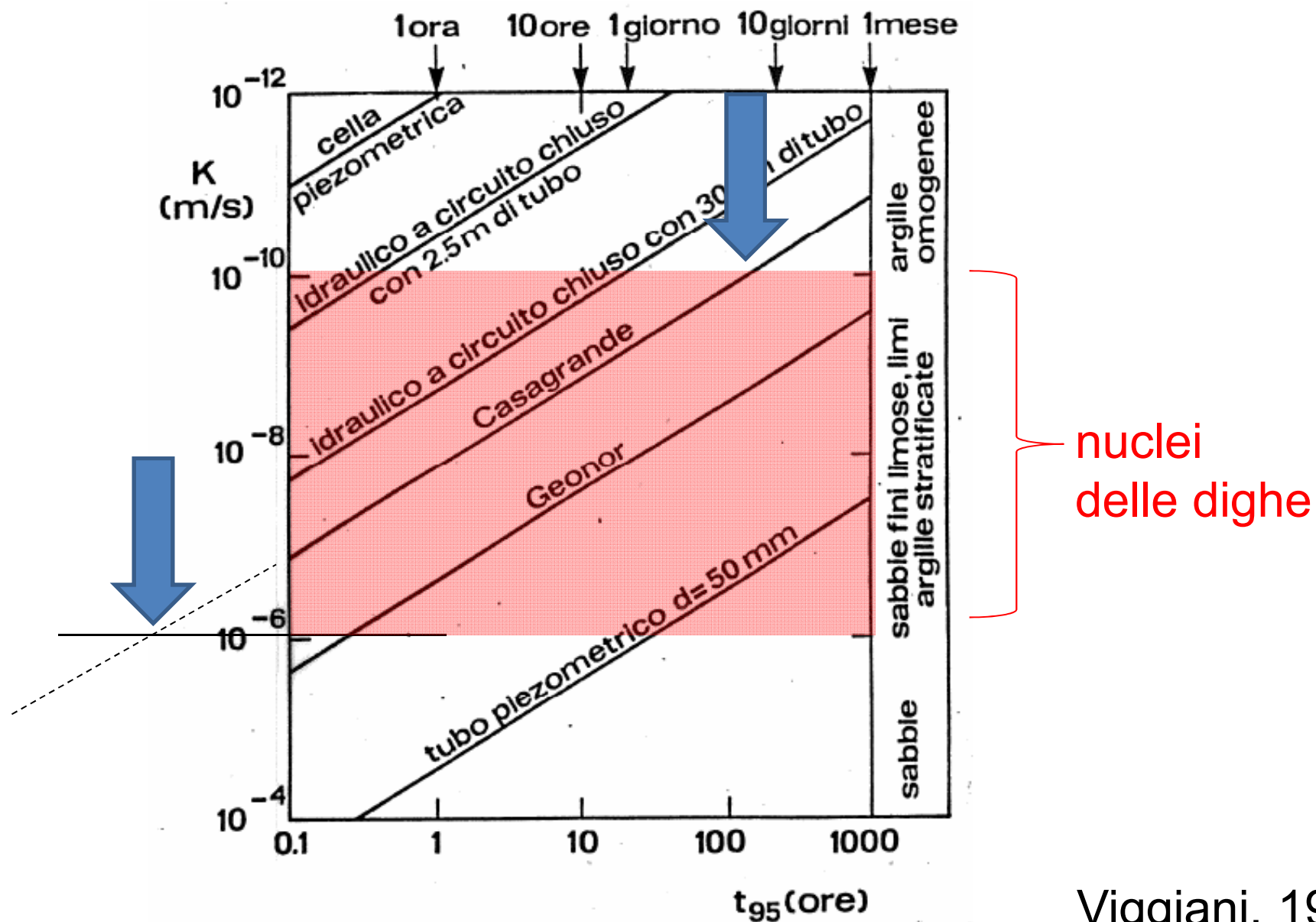


tempo di risposta di un piezometro



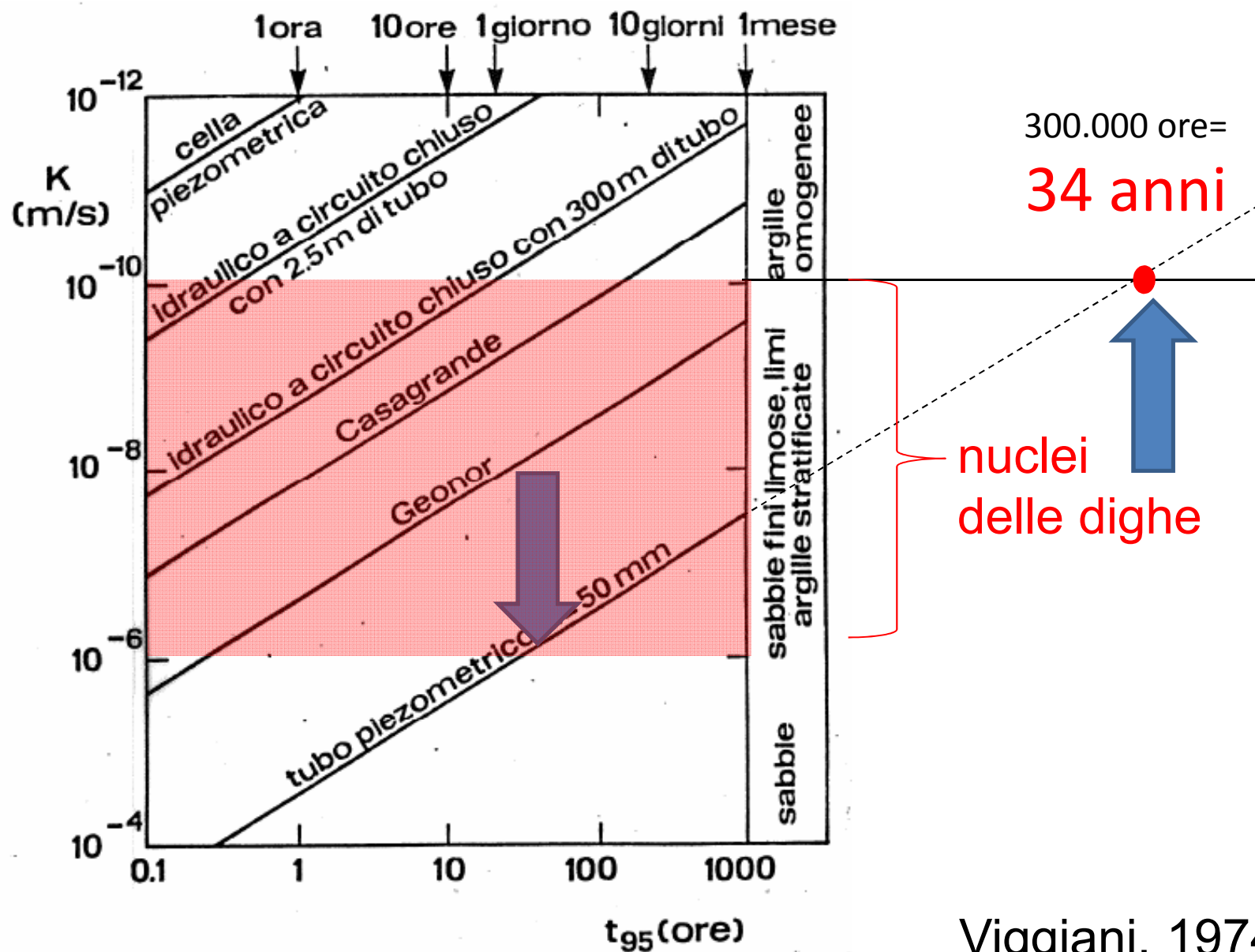
Viggiani, 1974

tempo di risposta di un piezometro



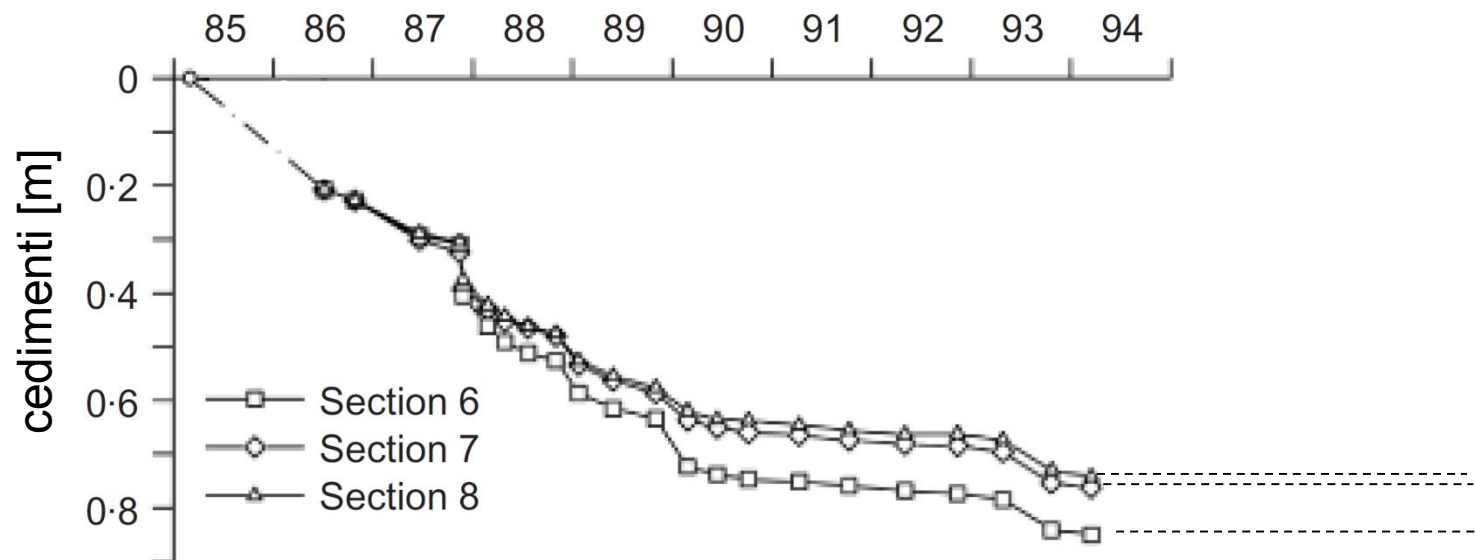
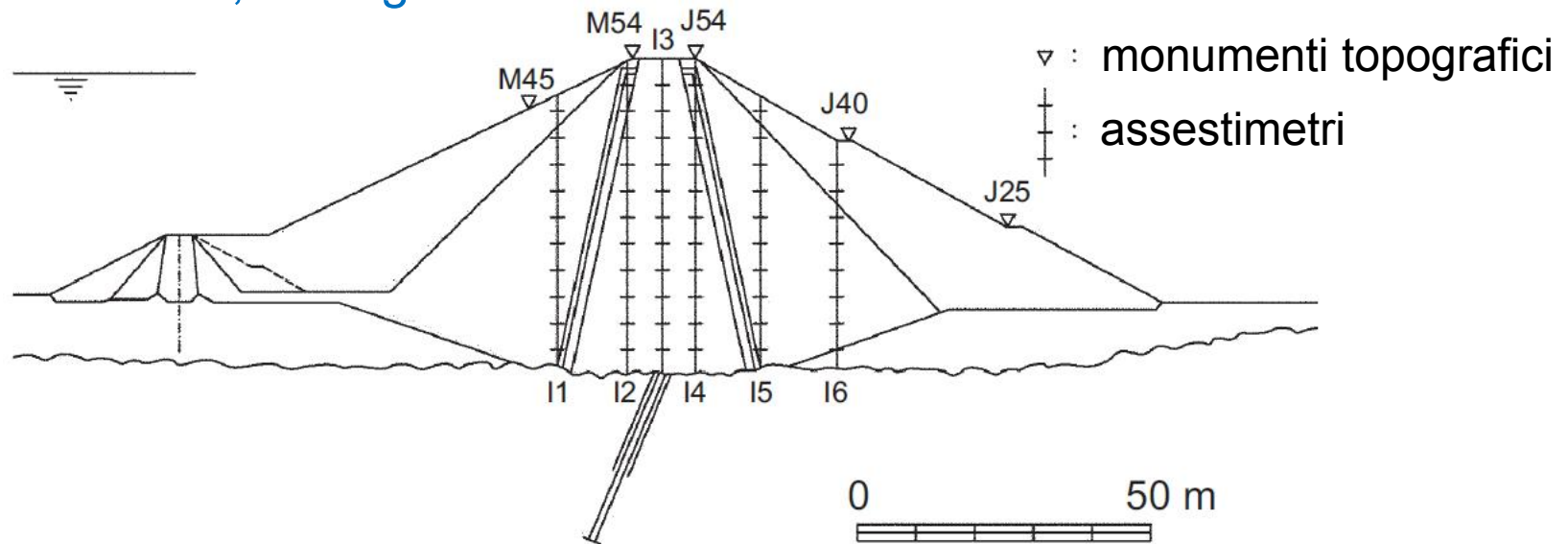
Viggiani, 1974

tempo di risposta di un piezometro



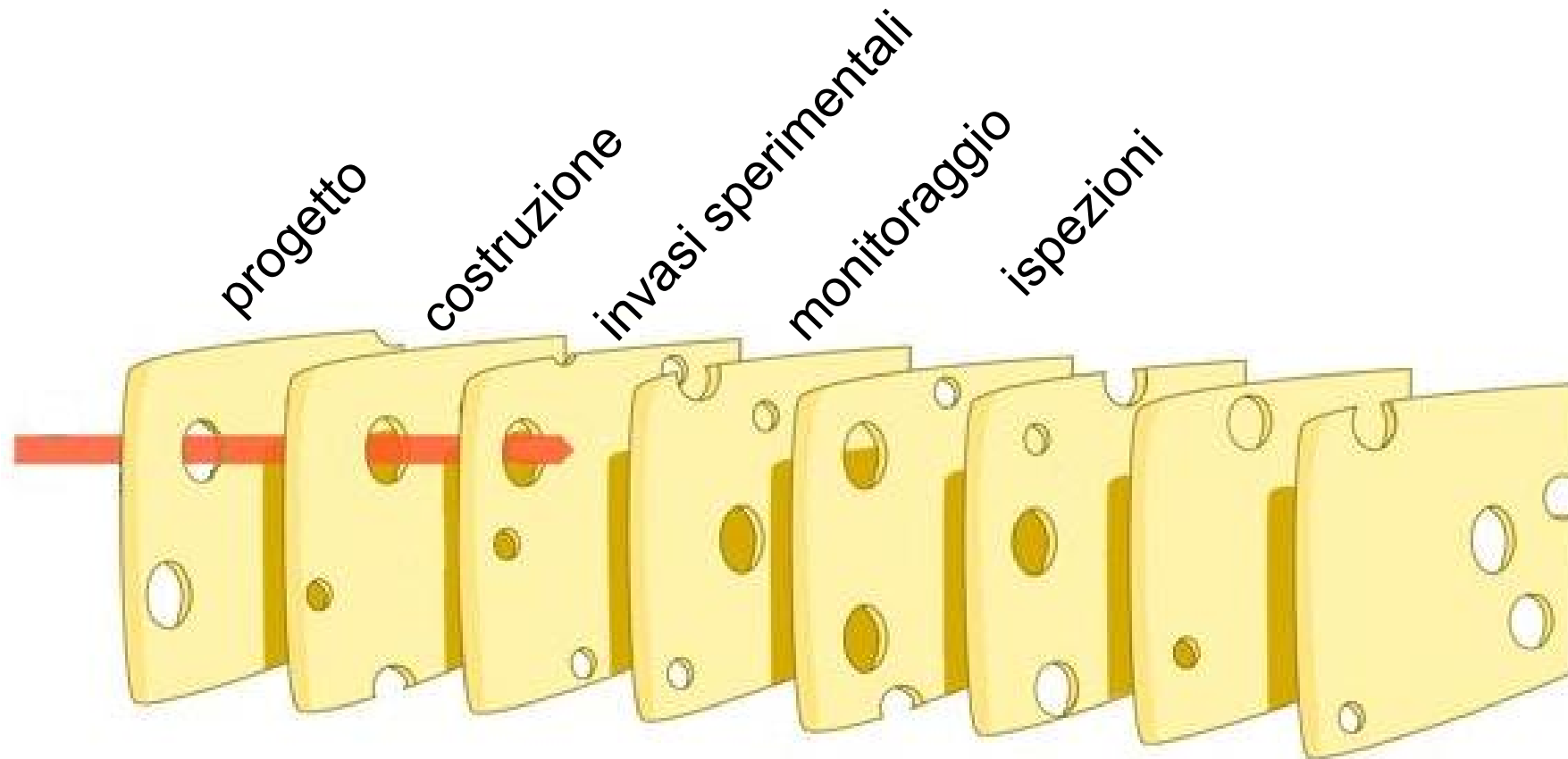
Viggiani, 1974

Diga di Beliche, Portogallo



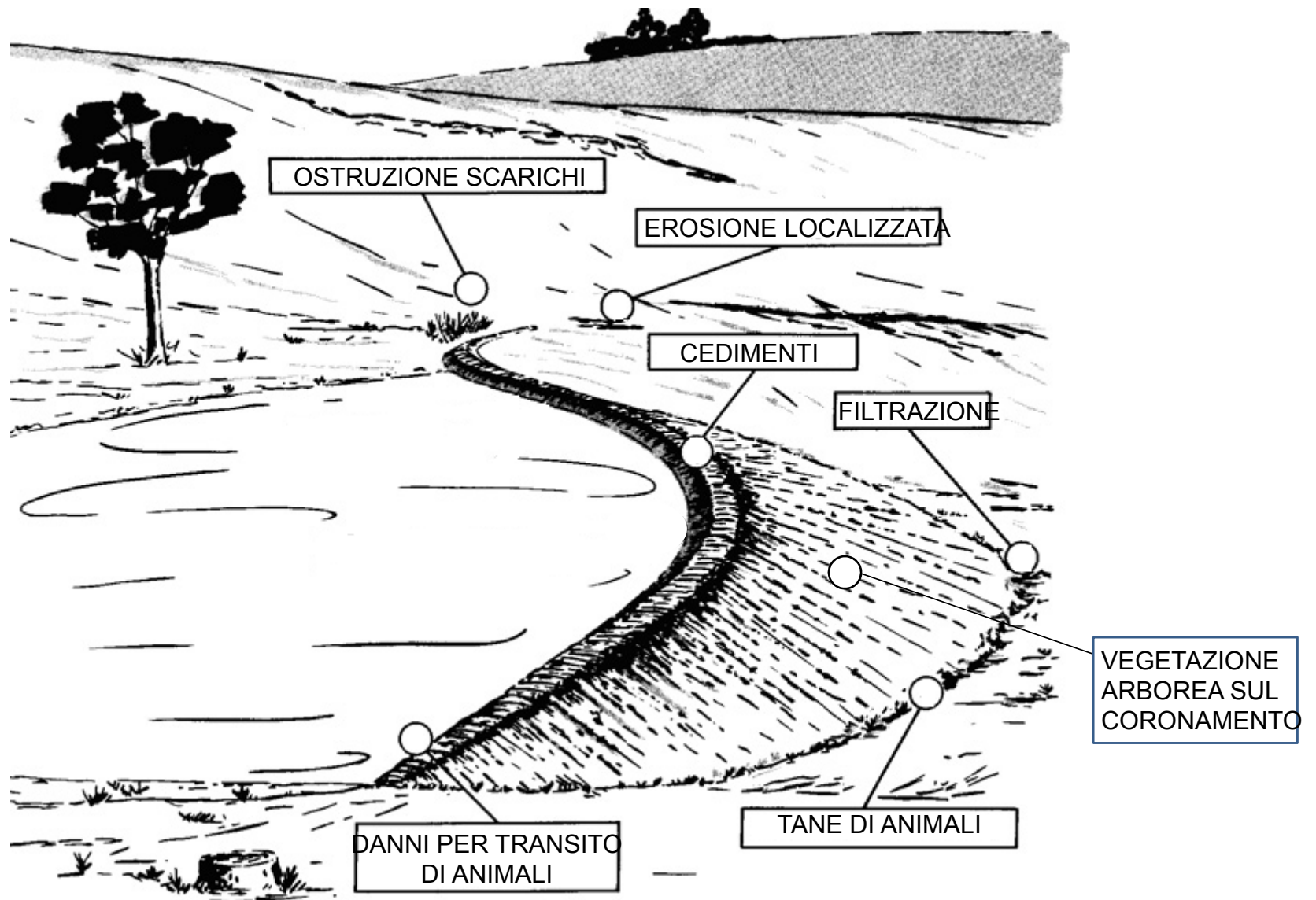
modificata da Alonso et al., 2005

Il modello del formaggio svizzero applicato alla sicurezza delle dighe

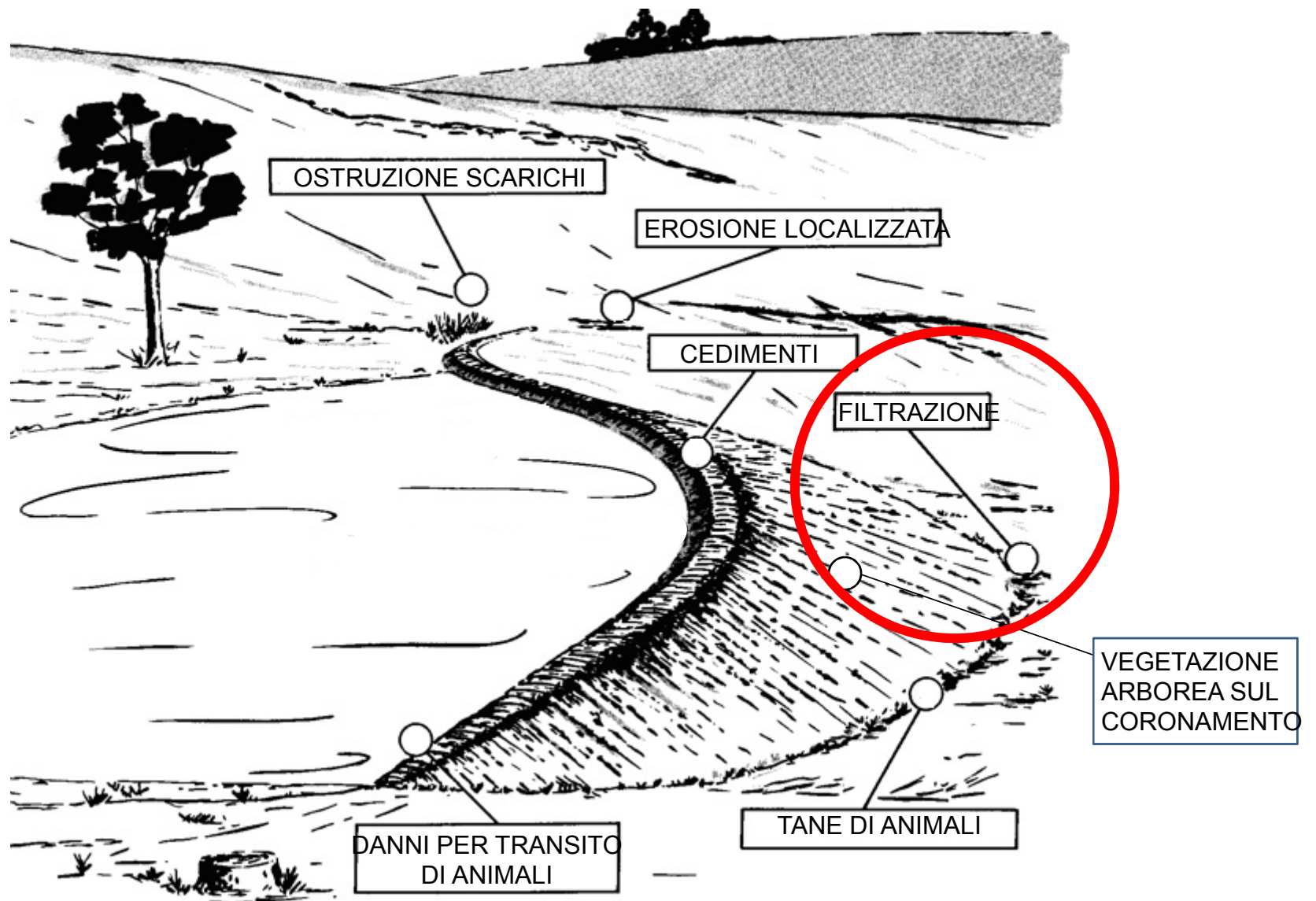


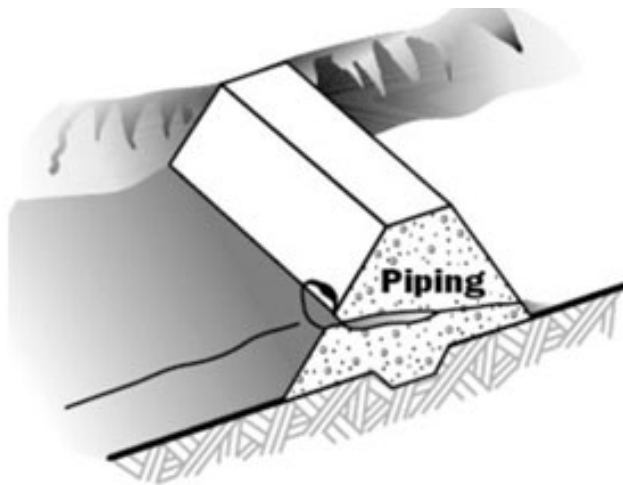
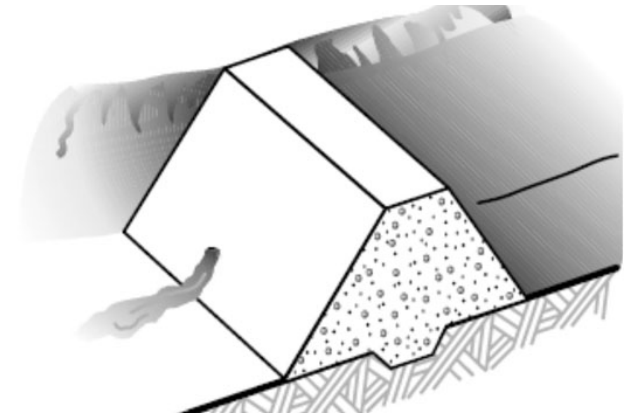
mod. da J. Reason, 1997

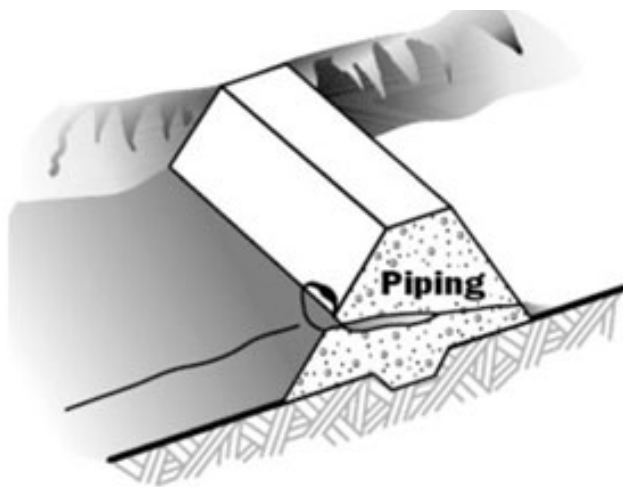
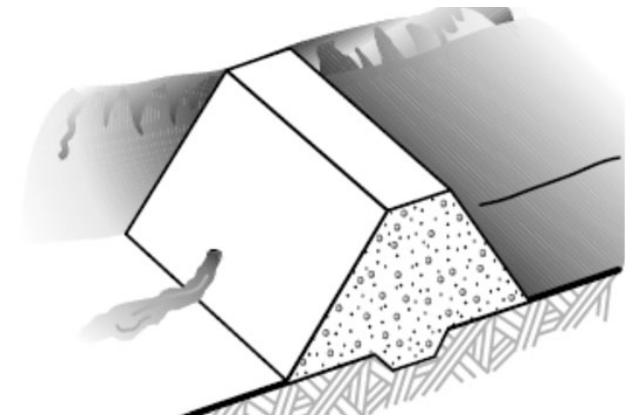
Cosa osservare in sito



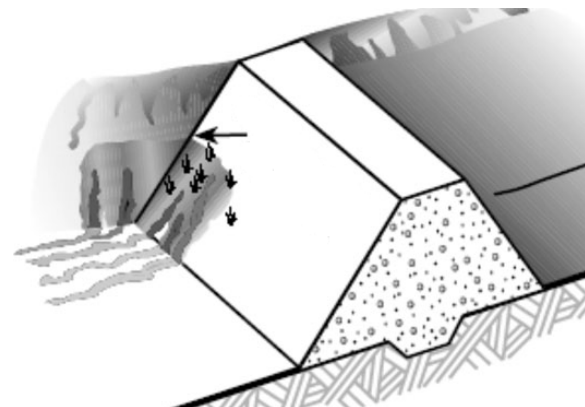
Cosa osservare in sito







Erosione interna concentrata al contatto
con le fondazioni o
con opere in calcestruzzo (scarichi, tubazioni)



tracimazione



erosione interna

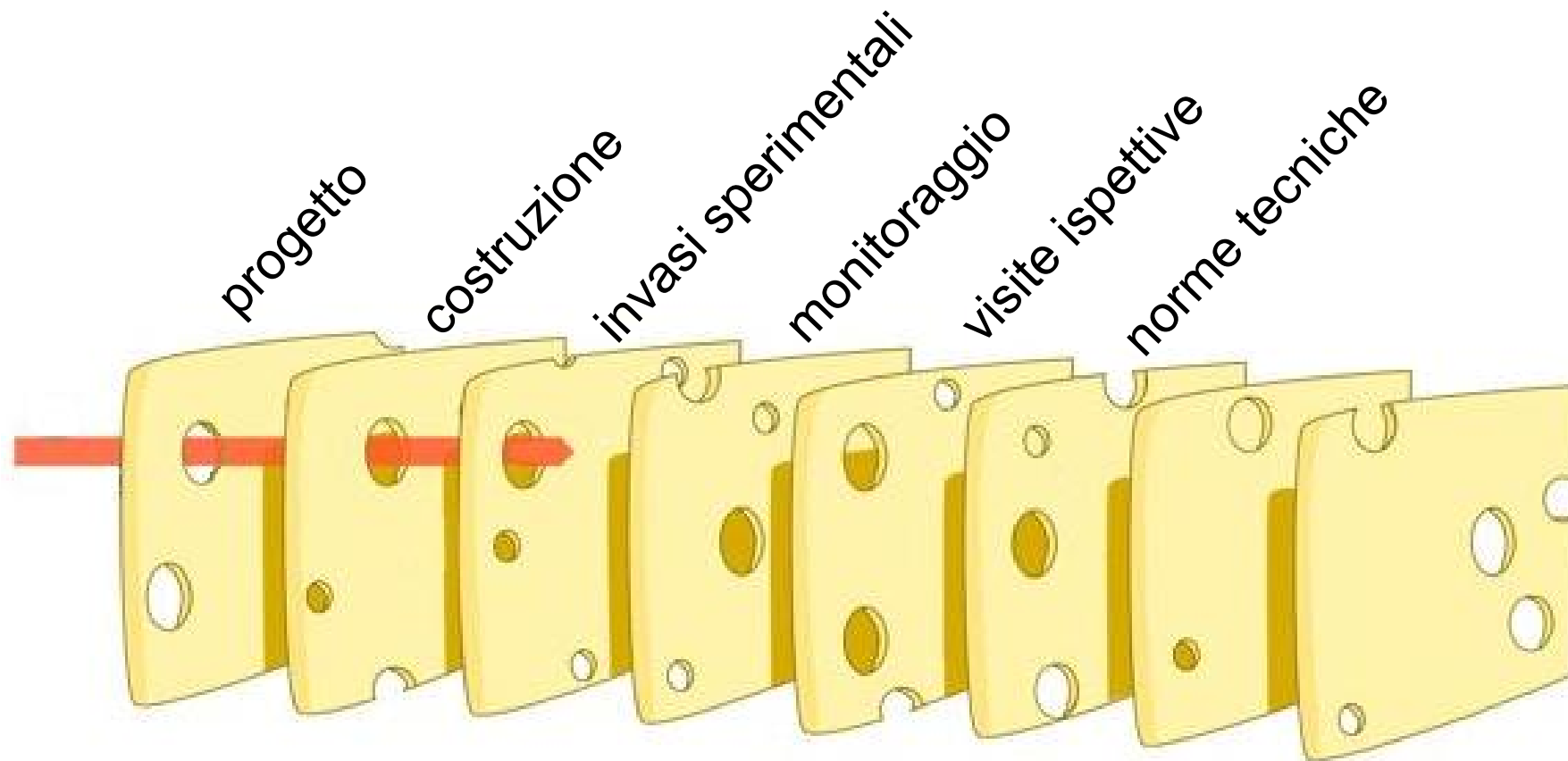




a quando risale l'ultima verifica
di completa apertura delle
paratoie degli scarichi?

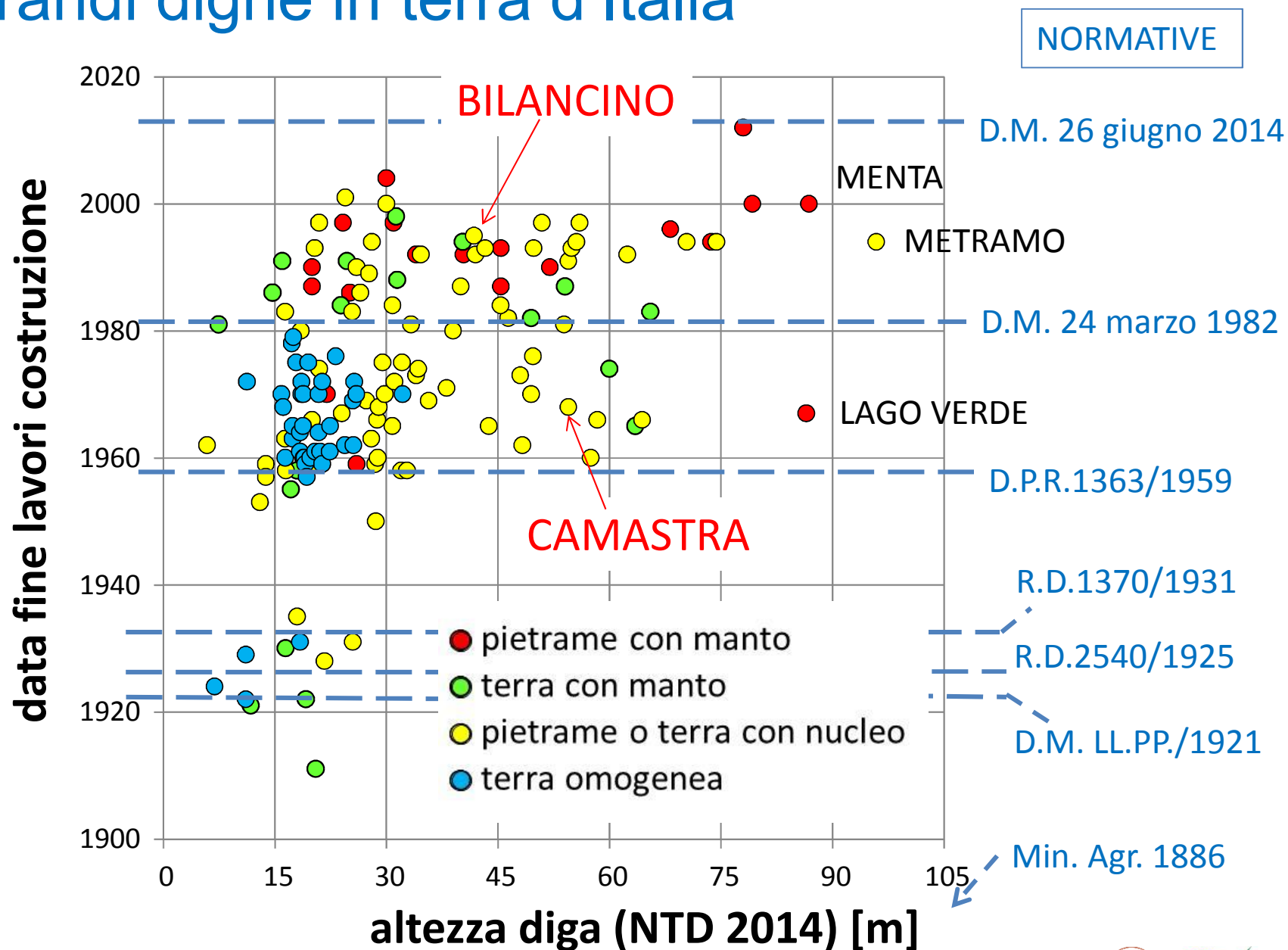


Il modello del formaggio svizzero applicato alla sicurezza delle dighe



mod. da J. Reason, 1997

Grandi dighe in terra d'Italia



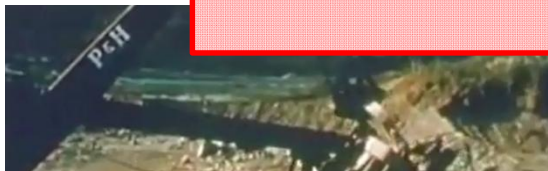


diga di Bomba – costruzione (1956-1962)

tratto da Casoli Punto TV



importanza della compattazione dei materiali



Norme Min. Agr. 1886

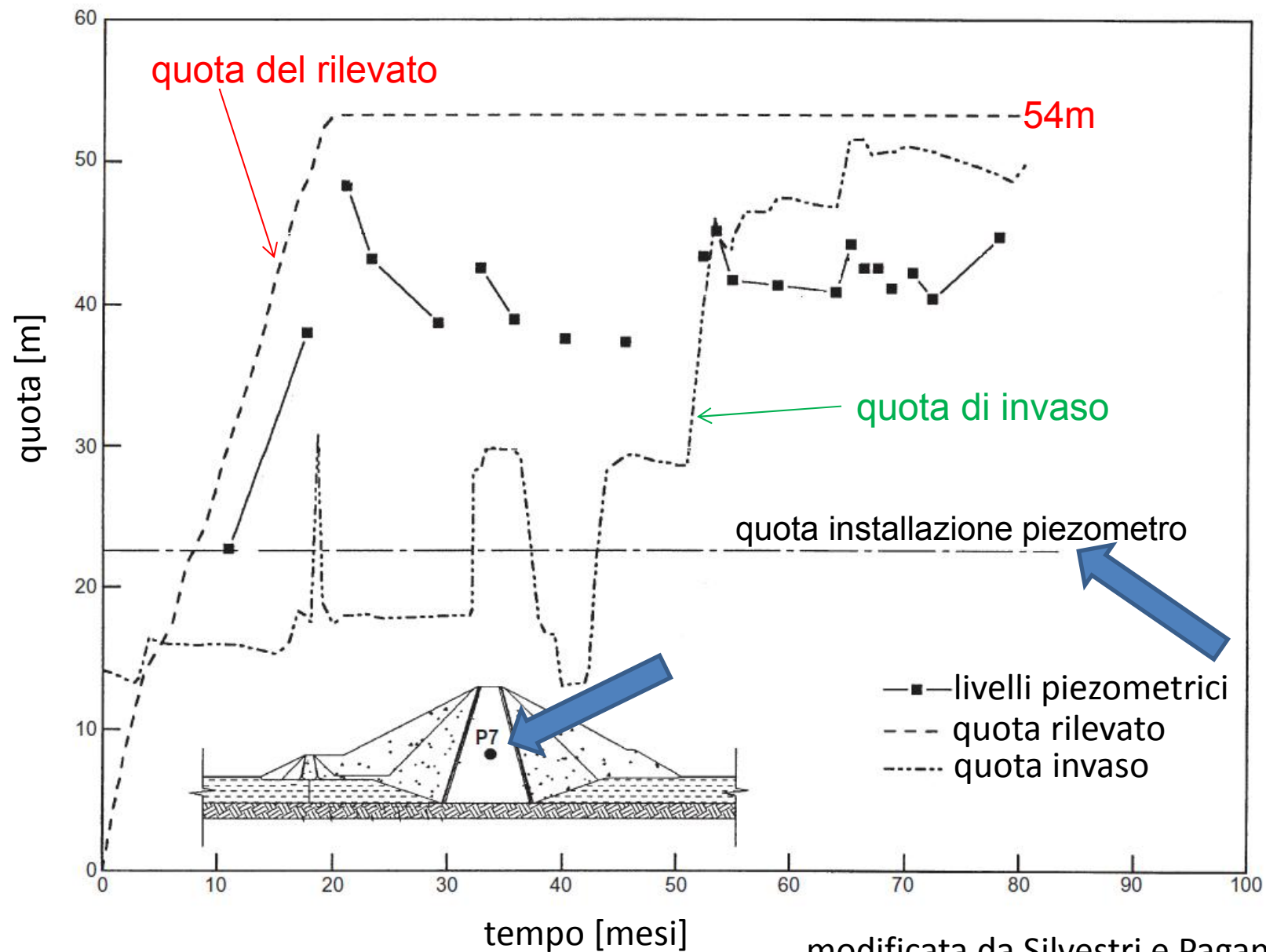
Norme per gli Ingegneri incaricati dell'estensione di progetti preliminari di grandi serbatoi.

La costruzione della diga viene fatta trasportando le terre con carretti a mano o tirati da cavalli, in seguito si fa scorrere **prima un rullo** del peso di 700 a 800 kg a superficie liscia, **poi un secondo** a scanellature rettangolari del peso di 12.000 a 15.000 kg per completare l'assetramento delle terre.

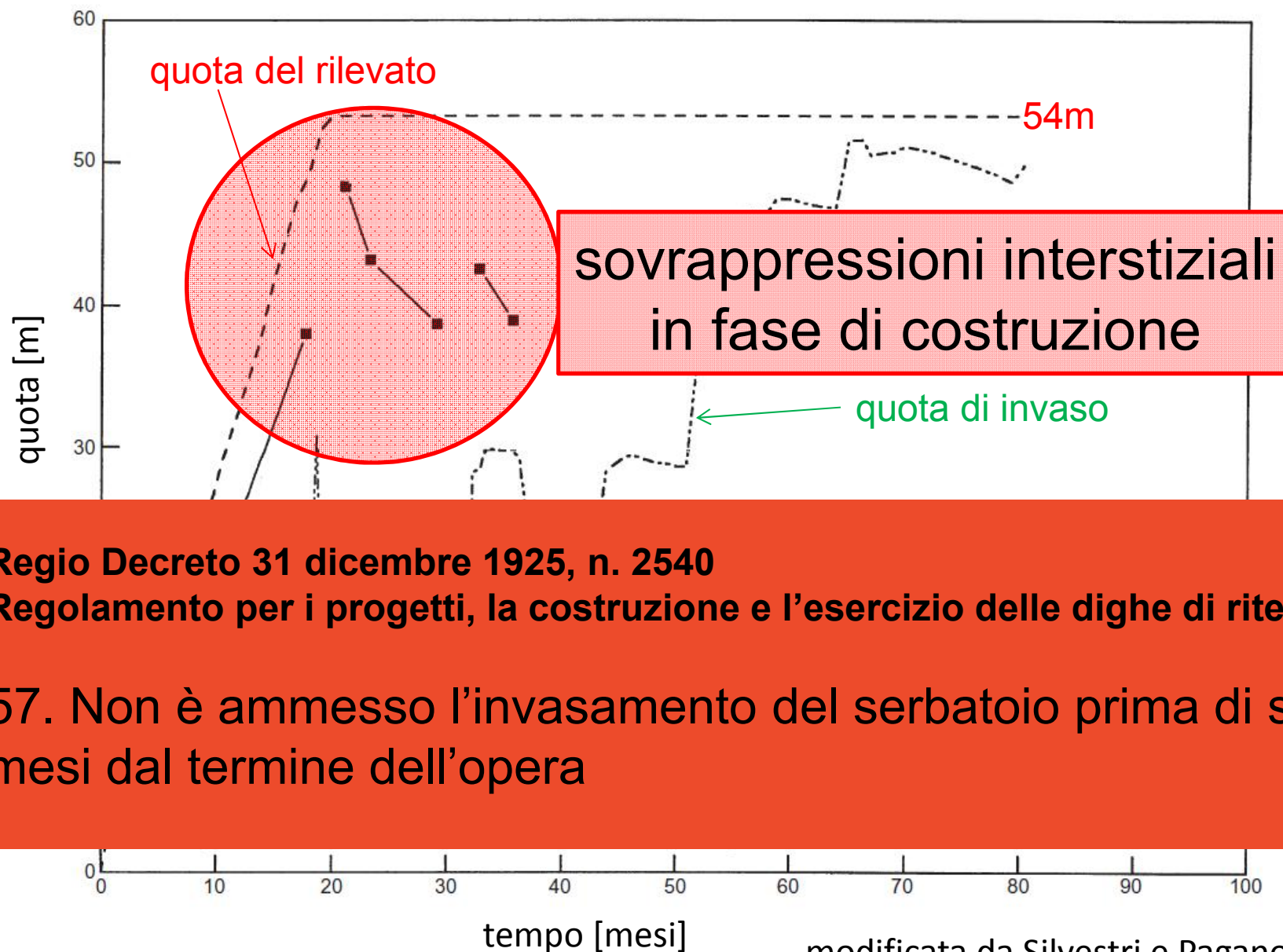
diga di Bomba – costruzione (1956-1962)

tratto da Casoli Punto TV

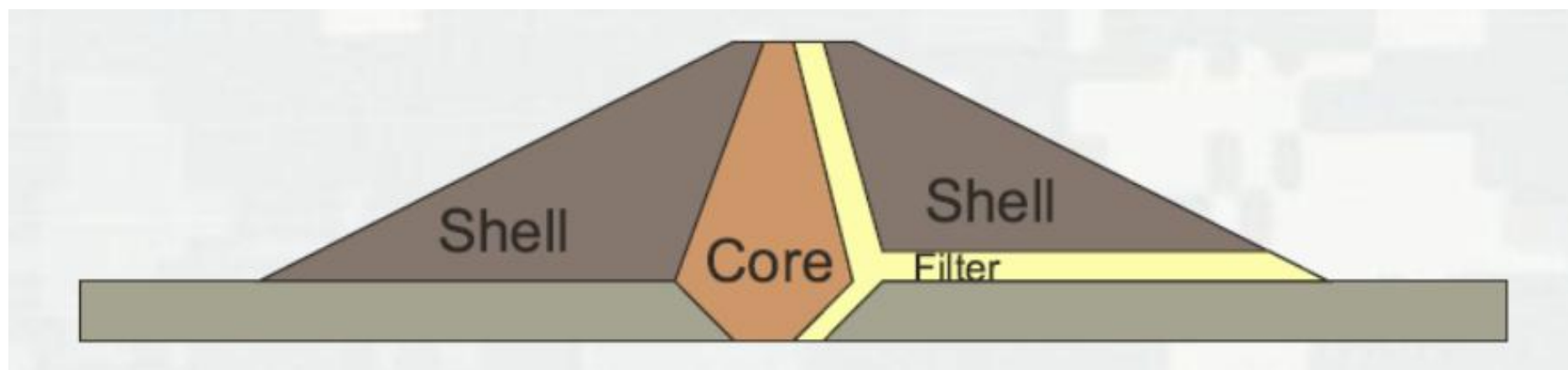
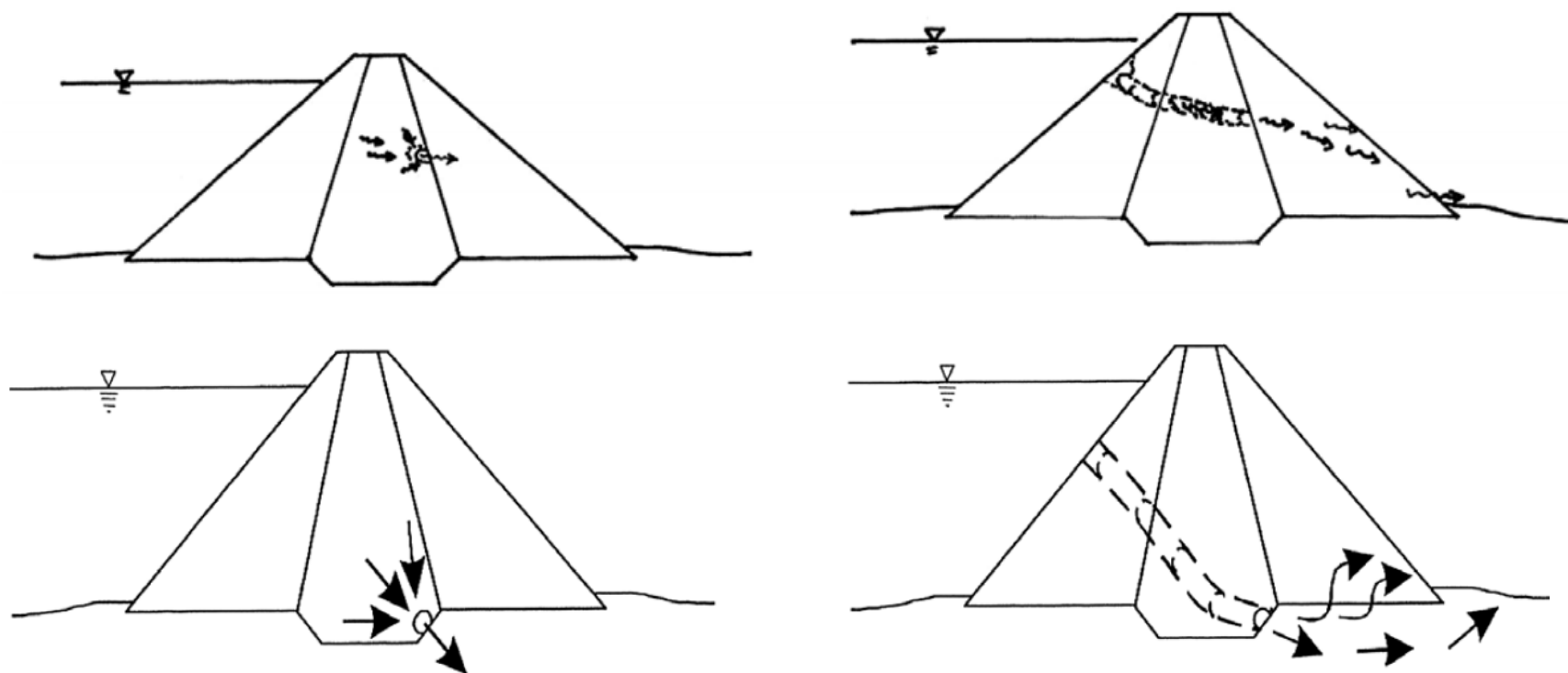
Diga di Beliche, Portogallo



Diga di Beliche, Portogallo



Possibili meccanismi di erosione interna



Possibili meccanismi di erosione interna



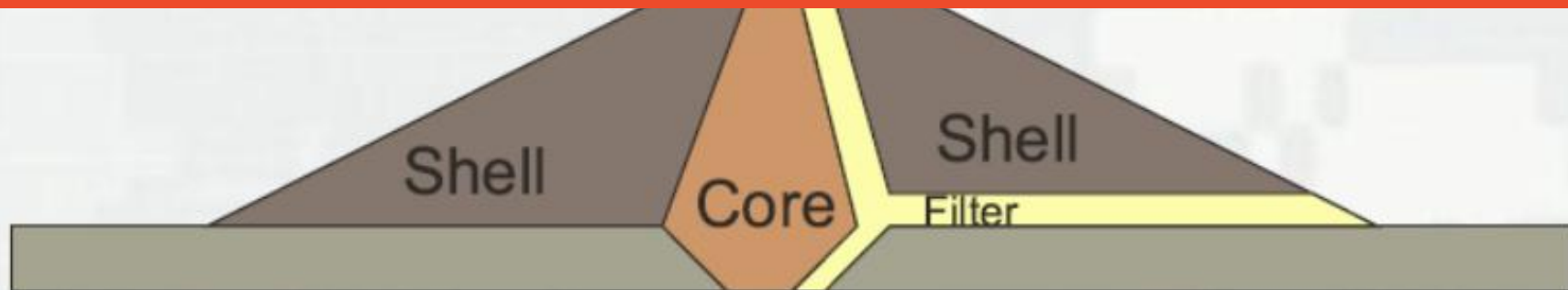
D.P.R. 1° novembre 1959, n. 1363

Approvazione del regolamento per la compilazione dei progetti, la costruzione e l'esercizio delle dighe di ritenuta

Art. 43.

Modalità costruttive

[...] Con adatti dispositivi (filtri, drenaggi, etc.), sarà impedita ogni asportazione per filtrazioni diffuse o concentrate di materiale di granulometria minuta, dal terreno di fondazione e dal rilevato.



Il modello del formaggio svizzero applicato alla sicurezza delle dighe



mod. da J. Reason, 1997

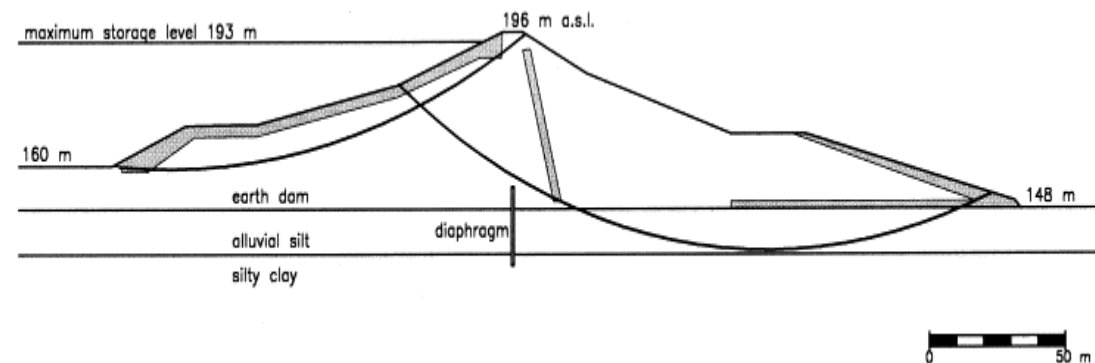
Riqualficazione idrologica

- richieste: 470 dighe (su 525 grandi dighe)
- presentate: 455
- istruite: 244
- necessitano lavori: 105 dighe

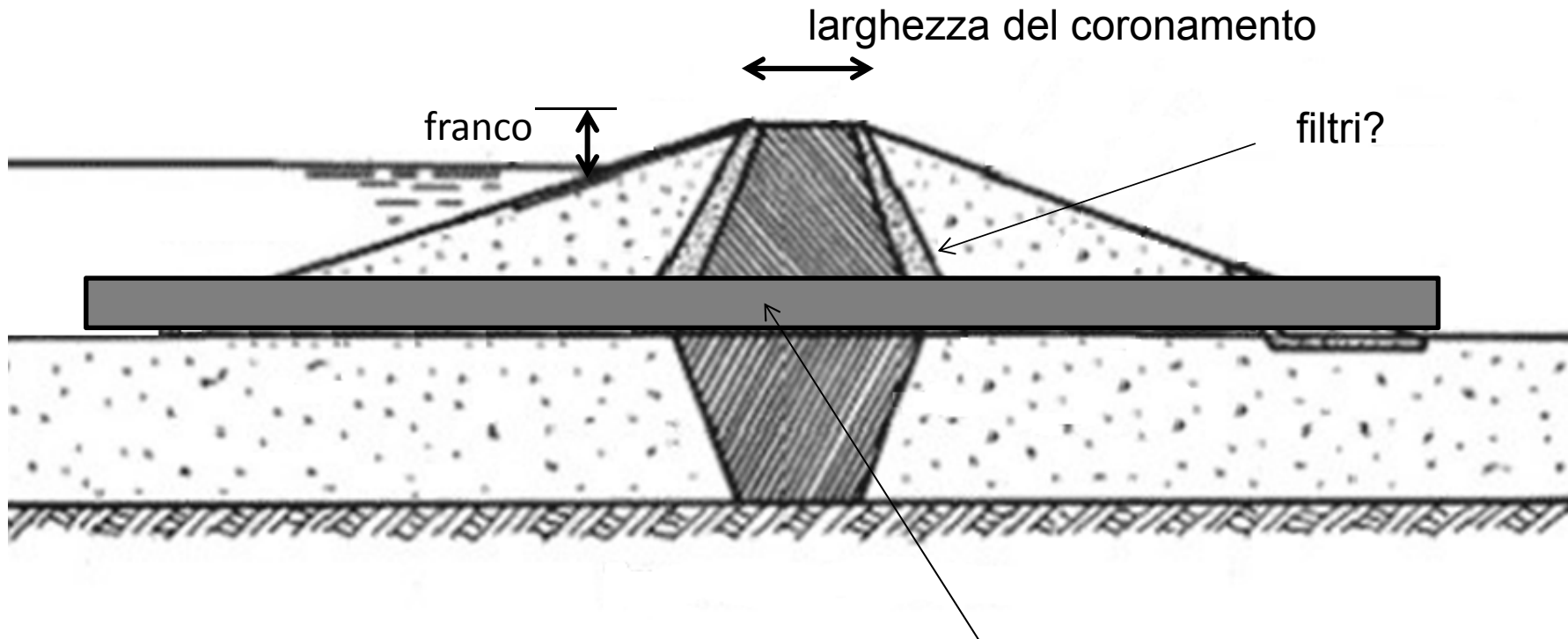


Riqualficazione sismica

- richieste: 189 dighe in zona sismica I e II (su 525 grandi dighe)
- presentate: 98 (76 istruite)
- finanziate dal MIT ad Enti pubblici con fondi FSC 2014-2020: 66
- delle residue 25:
 - ☐ 10 saranno completate a fine 2021
 - ☐ 15 entro il 2023



Individuazione delle vulnerabilità dell'opera



ci sono tubazioni che attraversano il corpo diga?
(magari in pressione?)

ci sono altre strutture rigide a contatto con il corpo diga
(diaframmi di tenuta, scarichi di superficie)?

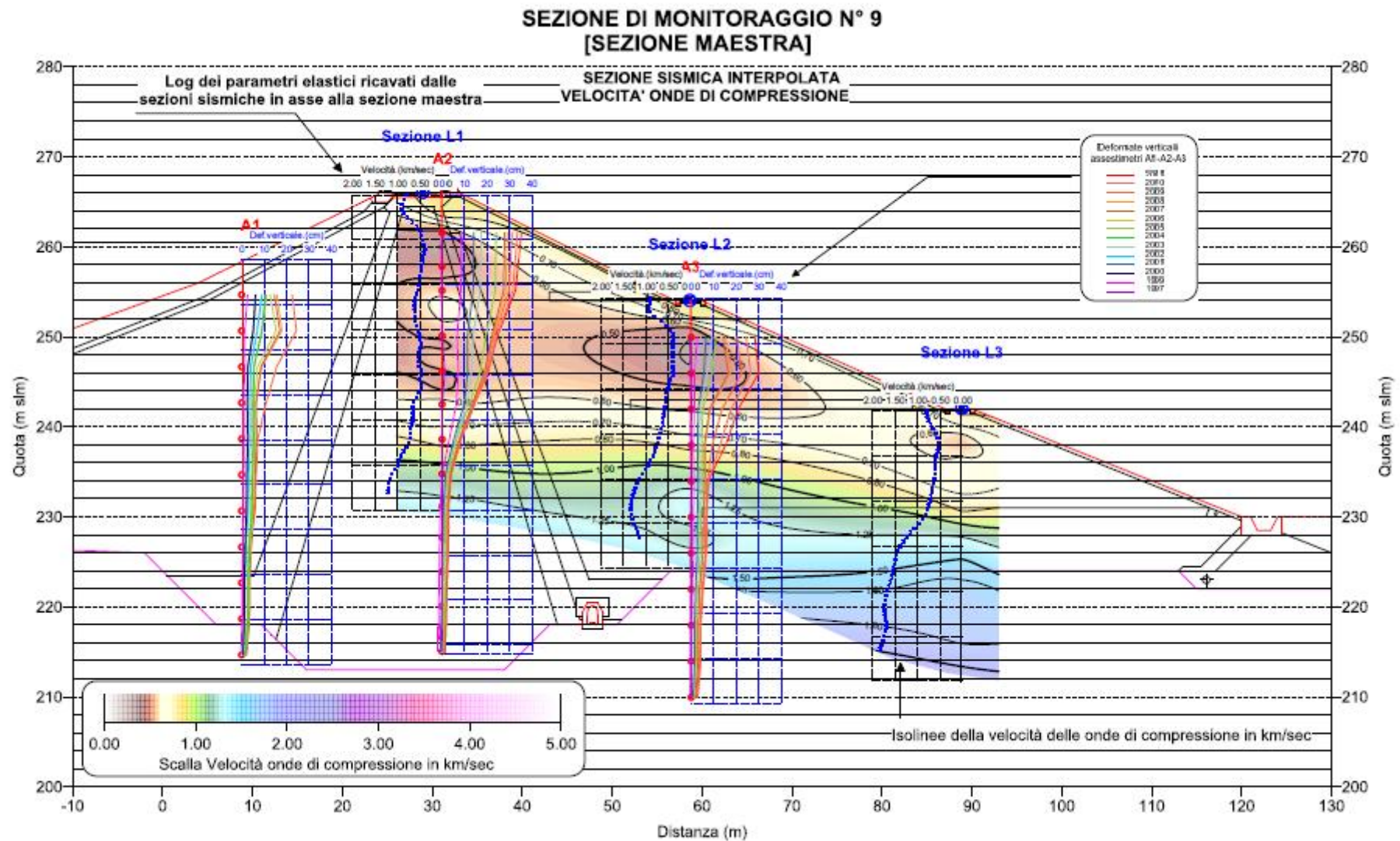
Diga 2, Italia



Diga 2, Italia



Diga 3, Italia

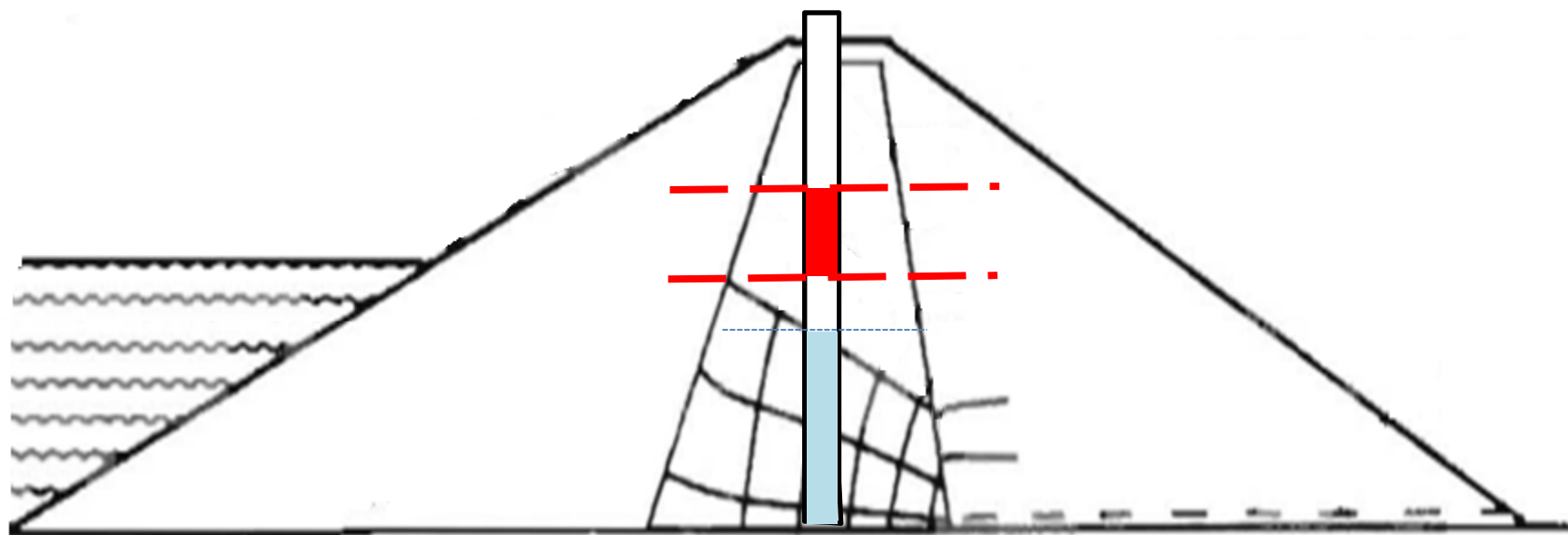
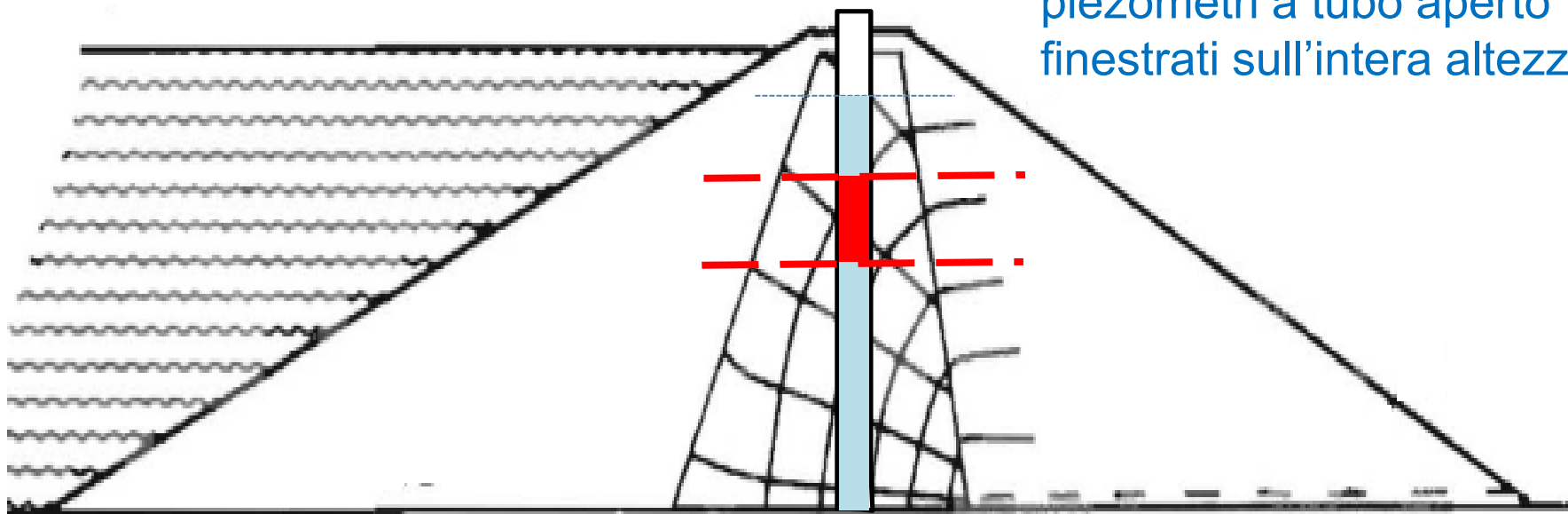


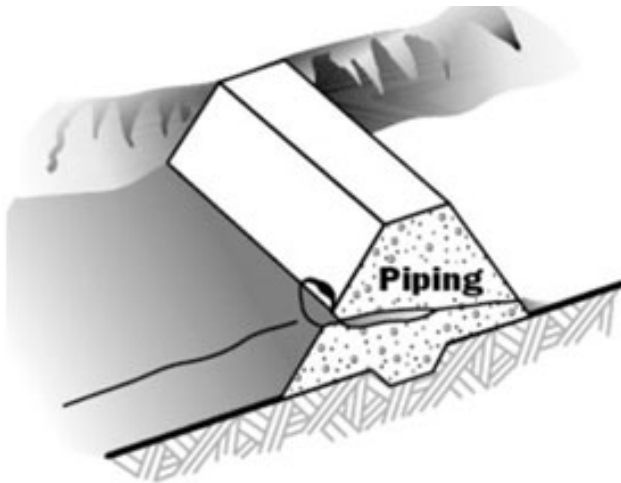
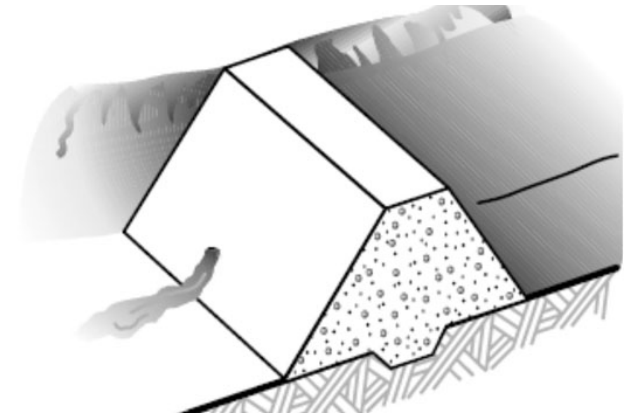
Il modello del formaggio svizzero applicato alla sicurezza delle dighe



mod. da J. Reason, 1997

piezometri a tubo aperto
finestrati sull'intera altezza







Formazione

Comportamento statico e sismico di dighe in terra zonate

Organizzato da:

COMITATO ITALIANO GRANDI DIGHE

Le dighe in terra: inquadramento generale

Ing. Claudia Russo, DG Dighe - MIT

eventuali domande a itcold@iol.it



