

Requisiti geologici relativi alla scelta del tipo di diga da costruire

In presenza della proposta di costruire una diga, la scelta del tipo da progettare dipende dalla geomorfologia, dalla geologia e dalla litologia del sito in cui impostare lo sbarramento (e n.b. lo studio riguarda pure tutto il bacino).

Per una valle angusta e profonda, con rocce sane affioranti ai fianchi ed al letto, ci si indirizza verso una **diga ad arco** o **a cupola (doppio arco)**.

Per una valle più larga, sempre con rocce sane, si preferisce una **diga a gravità** in calcestruzzo.

Nel caso della presenza nel letto del corso d'acqua di un notevole spessore di sedimenti (argille, limo, sabbie, ghiaie) si opta per una **diga in terra** o **in pietrame**, con manto impermeabile in calcestruzzo o in bitume, e spesso anche con un **nucleo impermeabile** in argilla, che raggiunga con un **taglione** la roccia sana di fondo.

Lo studio geomorfologico, geologico e geotecnico del sito in cui lo sbarramento poggerà le fondazioni e inserirà le spalle (e, ovviamente, dell'intero bacino) è complesso e costituisce una fase preliminare di fondamentale importanza per la progettazione della diga, nonché per la sicurezza nel tempo dell'installazione e dell'intero bacino.

Lo studio di fattibilità - da un punto di vista geologico - di una diga deve tenere conto di tutte le caratteristiche litologiche e tecniche dei terreni (del sito di impostazione e del bacino), in particolare della loro **permeabilità** e stabilità.

La **permeabilità** gioca un ruolo fondamentale in merito alla capacità della diga di contenere l'acqua, e, soprattutto, di non essere bypassata e, quindi, danneggiata, fino al potenziale crollo.

Quando i terreni e/o le rocce non sono tali da garantire l'**impermeabilità** nelle aree ai fianchi e sotto il manufatto (e del bacino), è necessario approfondire gli studi e prevedere misure adeguate per garantire la capacità della diga e del bacino di contenere l'acqua. E la risposta, su base tecnica e di rapporto costi/benefici, può essere negativa.

Calcolo della spinta

la forza esercitata dall'acqua del bacino su una diga è rappresentata dalla formula:

$$F = 1/2 d.g.h.s$$

in cui:

d = densità del liquido

g = accelerazione di gravità

h = profondità del bacino

s = superficie verticale sottoposta alla spinta dell'acqua.

Lo sbarramento, per contenere in sicurezza l'acqua del bacino, dovrà esercitare una spinta opposta almeno pari a quella della massa d'acqua più un margine di sicurezza (calcolando l'altezza in caso di tracimazione).

Tipi di dighe *

A) Dighe murarie

a1) a gravità:

- 1) ordinarie,
- 2) a speroni, a vani interni;

a2) a volta;

- 1) ad arco,
- 2) ad arco-gravità,
- 3) a cupola;

B) Dighe di materiali sciolti

a) di terra omogenee,

b) di terra e/o pietrame, con nucleo di argilla per l'impermeabilità,

c) di terra permeabile o pietrame, ma con manto e/o diaframma di tenuta.

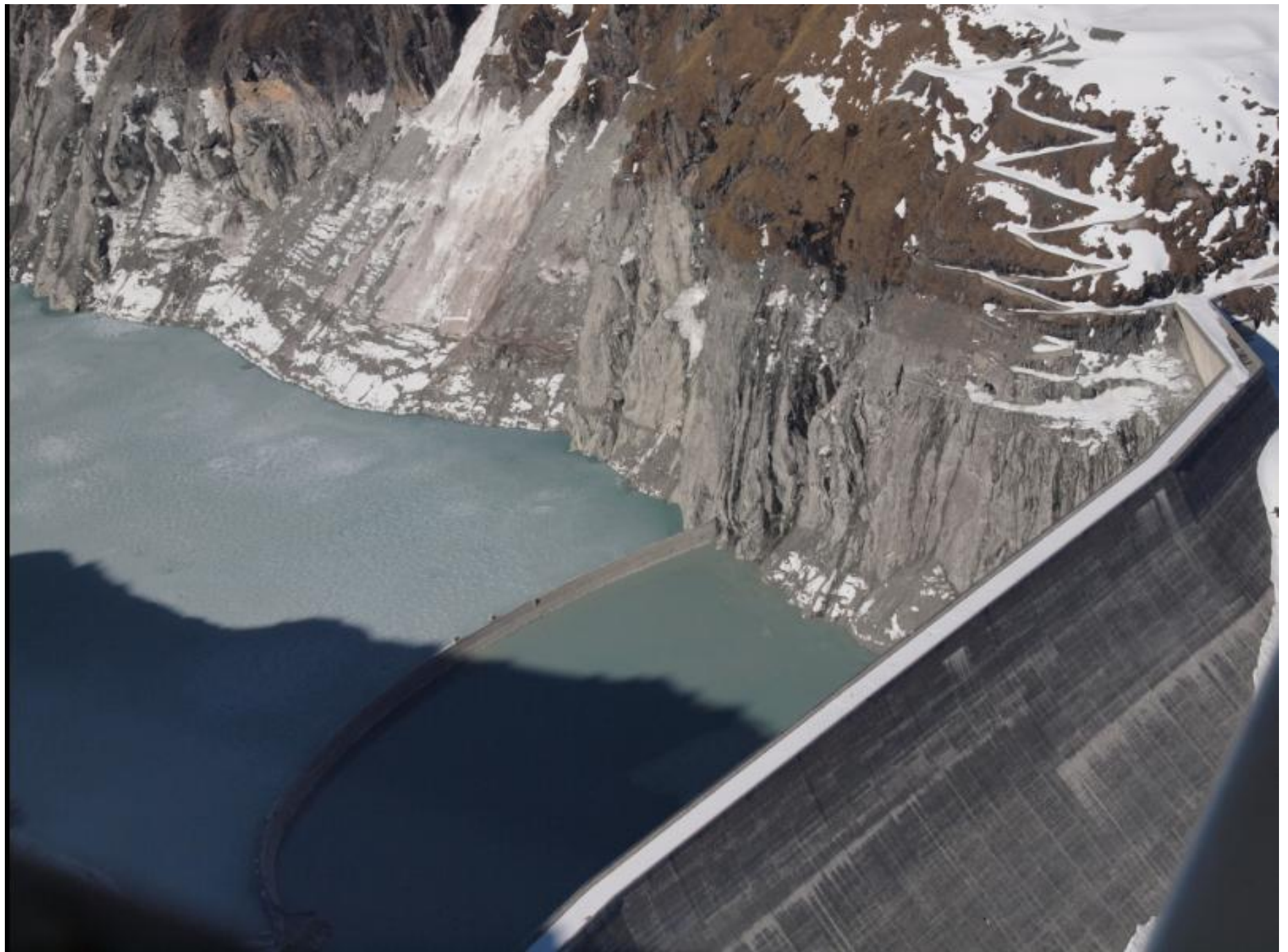
C) Sbarramenti di tipo vario

* Semplificato da "Norme tecniche per la progettazione e la costruzione delle dighe di sbarramento"

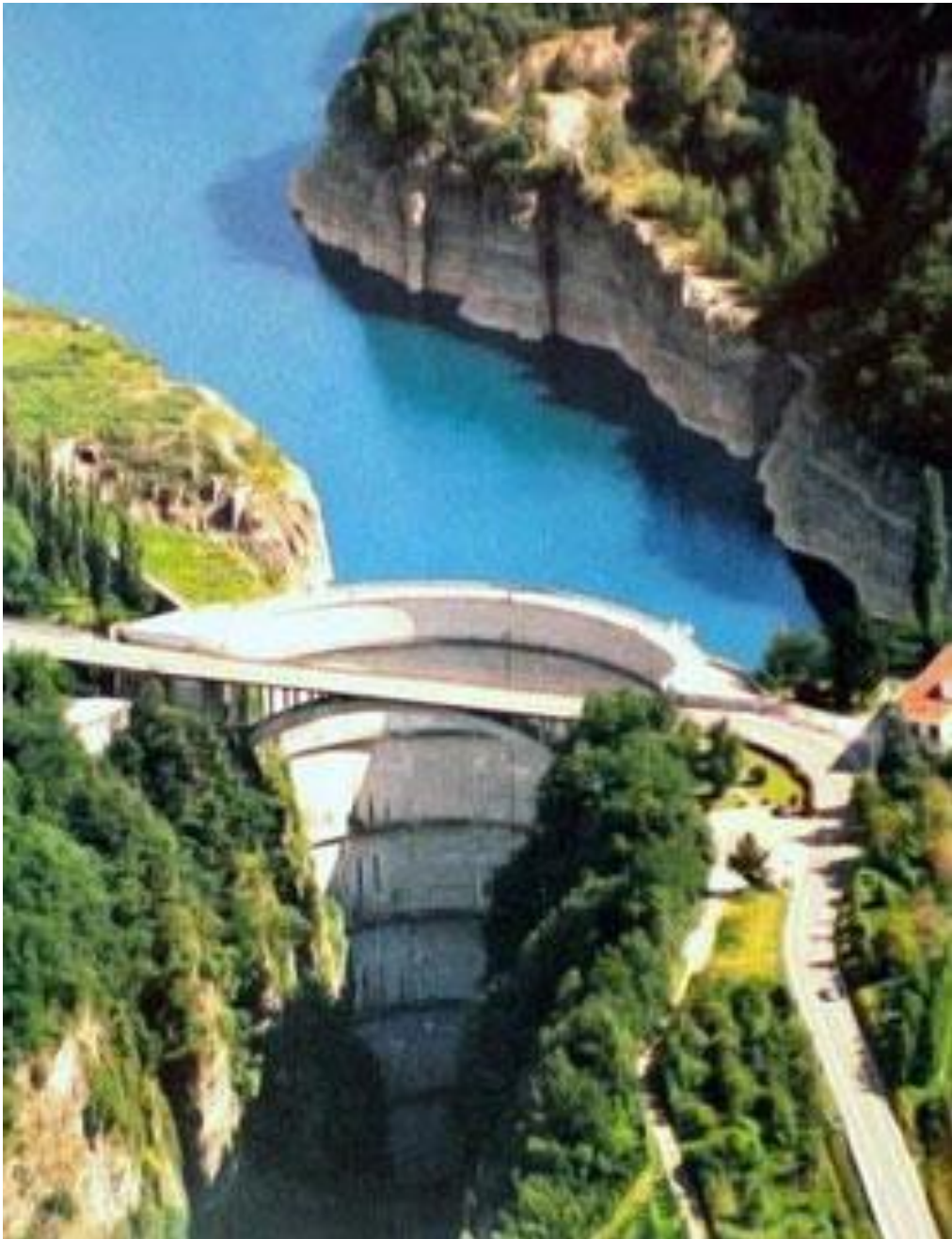


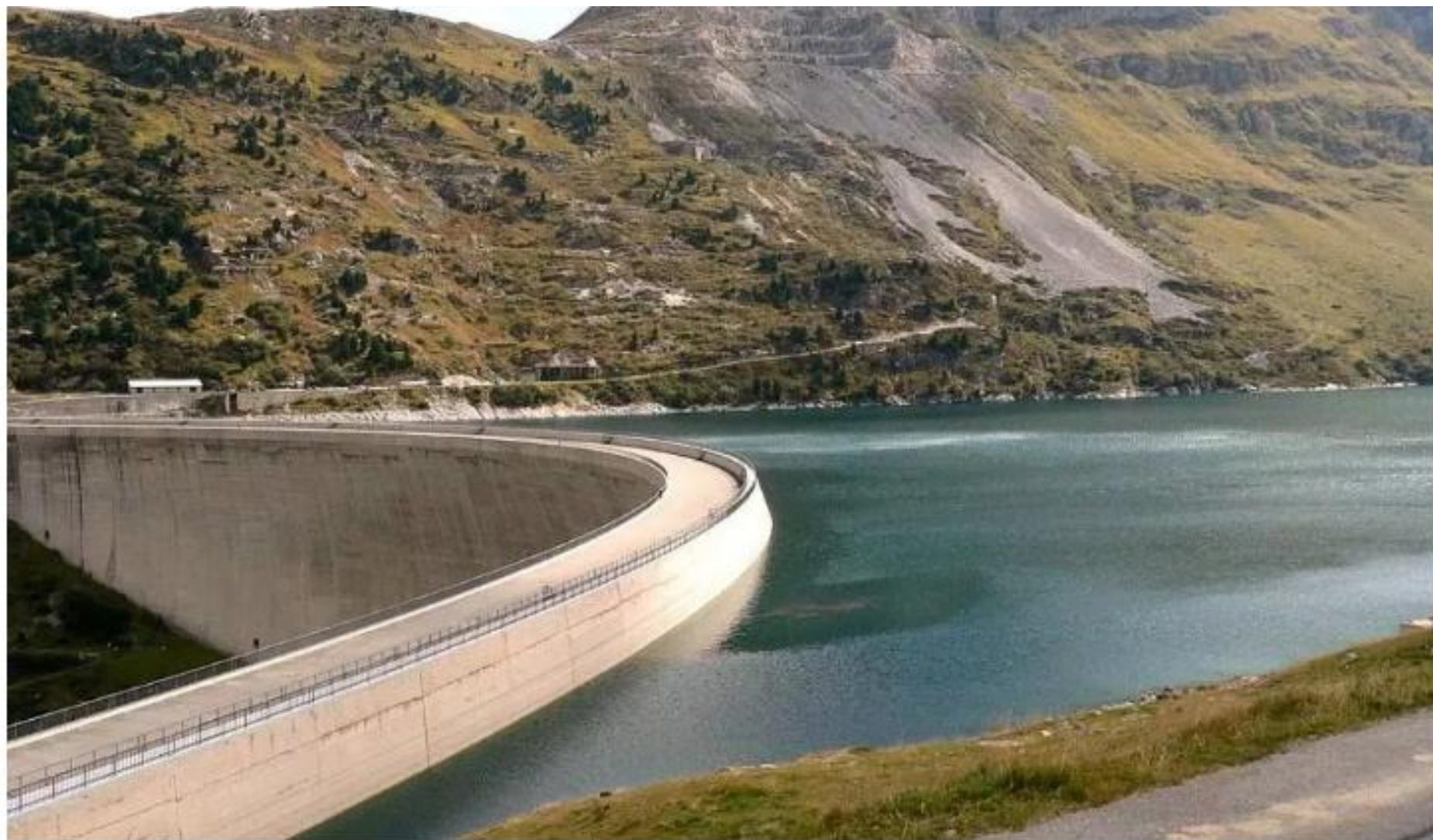












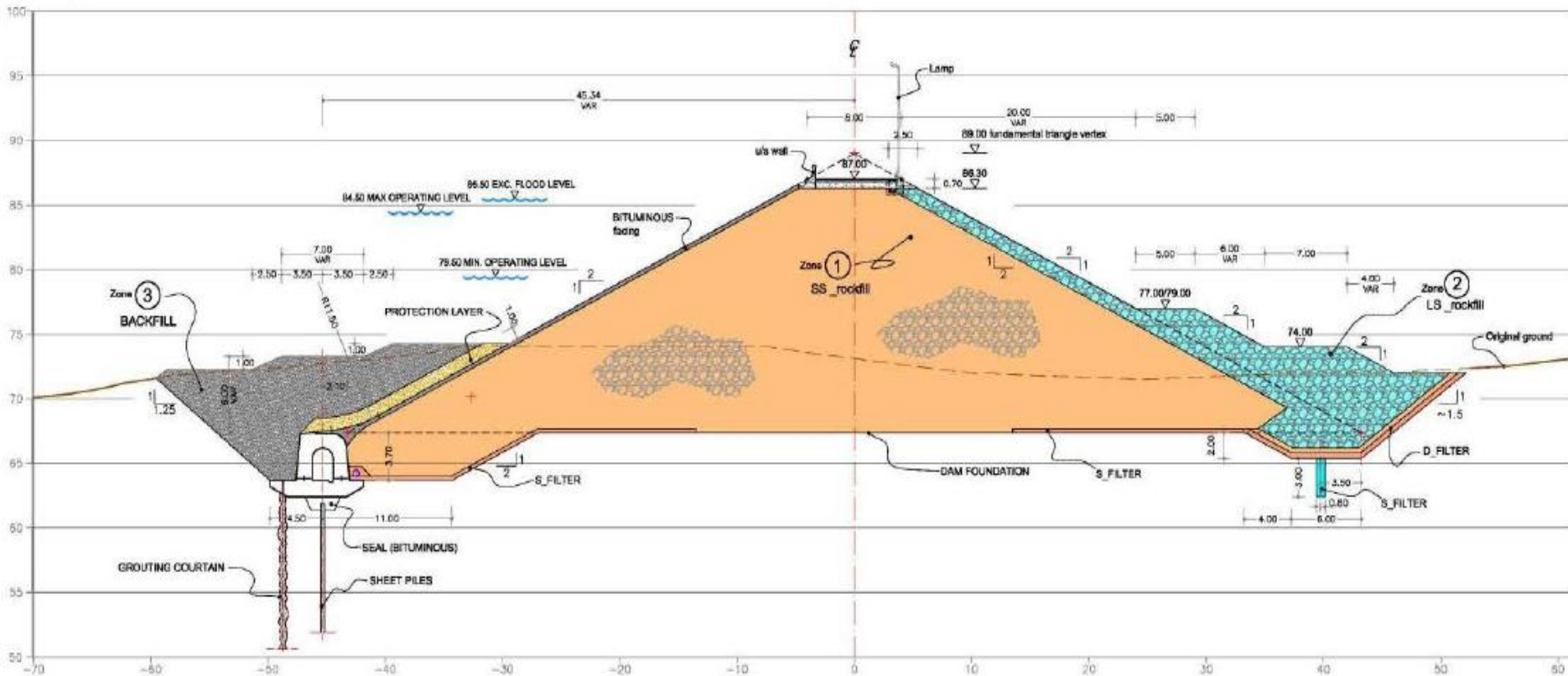
BUMBUNA HPP, Sierra Leone
Bituminous face Rockfill dam (H=88 m)



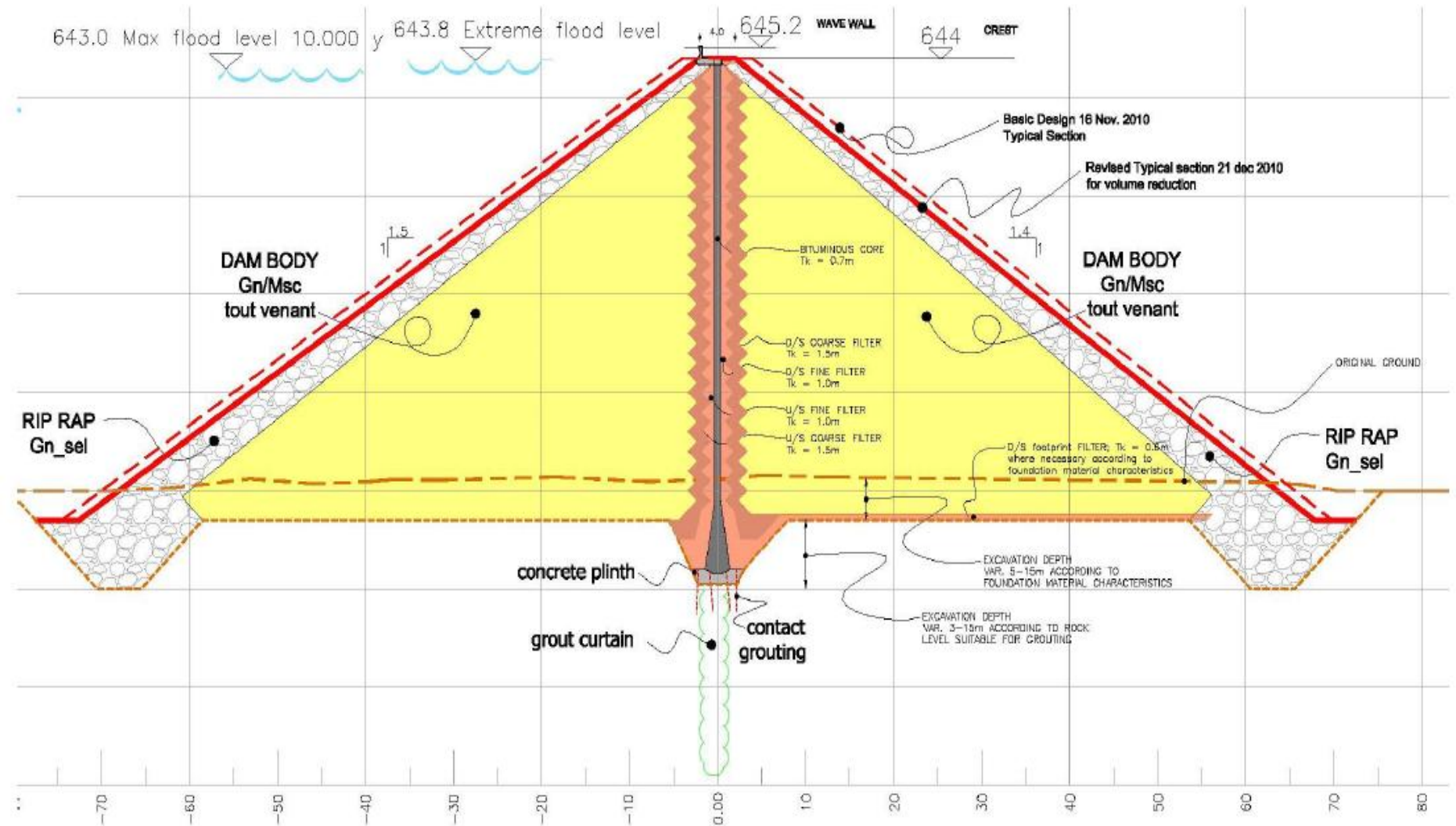
KIDUNDA HPP, Tanzania

Bituminous Face Rockfill Dam (H=21 m)

TYPICAL CROSS SECTION
(0+300)



GERDp saddle dam, Ethiopia Bituminous Core Rockfill Dam with (H=45 m)



CAUSE di CROLLO

- **errori di progetto;**
- **inadeguata indagine geologica; carenze/errori nella valutazione geotecnica delle rocce del bacino e del sito di fondazione; mancata consultazione dei geologi e dei geotecnici in caso di variazioni di progetto;**
- **carenze nelle scelte dei materiali;**
- **inadeguato controllo geotecnico ed ingegneristico nelle varie fasi operative;**
- **inadeguata indagine idrologica pluviometrica preliminare;**
- **lavori malamente eseguiti;**
- **errori nella gestione della fase di riempimento del bacino e di collaudo.**

PIAN del GLENO

- progettazione carente, modificata in corso d'opera da *diga a gravità* a *diga ad archi multipli*, impostata sul *tampone a gravità* realizzato secondo il primo progetto, creazione di una *discontinuità strutturale*;
- aumento dell'invaso da 3,9 a 6 milioni di mc;
- pessima esecuzione dei lavori per modalità operative, ritmi di lavoro, inadeguata qualità dei materiali, scarsa assistenza tecnica, tempo insufficiente per la maturazione del calcestruzzo delle arcate.



La diga nell'estate del 1923 (fgbv).



Completamento della diga inferiore a gravità, si nota il canale di scarico di fondo con struttura superiore ad volta lapidea (fgvb).

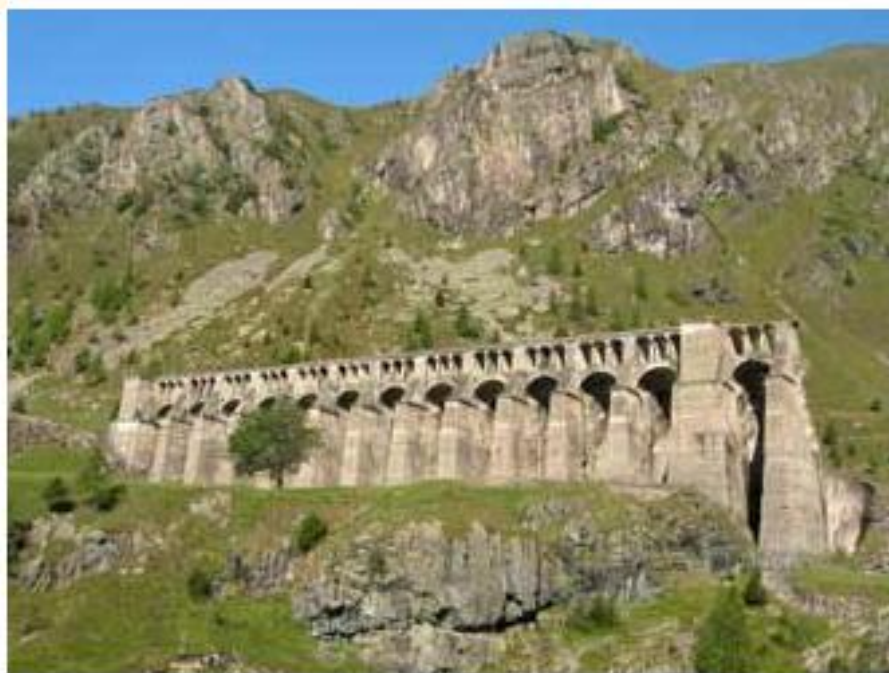


Dettaglio delle fondazioni di una delle pile e particolare del basamento della vicina pila dove si nota una marcata fessurazione.





Dettagli delle volte della diga del Gleno; si nota il rivestimento esterno.



SELLA ZERBINO

- Progetto modificato in corso d'opera:

la *diga a gravità* di Bric Zerbino fu alzata di 7 metri e divenne la *Diga principale*;

- a Sella Zerbino, ove era previsto uno *sfioratore a stramazzo*, fu invece costruita una *diga secondaria in calcestruzzo* di 15 metri di altezza (senza consultare il geologo), priva di scarichi, impostata su una roccia friabilissima (milonite !...).

Crollò la diga secondaria, scalzata alla base dall'acqua che l'aveva superata: era stata calcolata una portata di deflusso di 6 mc/sec/kmq di bacino (e quindi un inadeguato dimensionamento degli scarichi) quando nel nubifragio di quel giorno la portata di deflusso fu di oltre 15 mc/sec/kmq di bacino.



Figura 1 – La Diga Principale di Bric Zerbino in una cartolina d'epoca

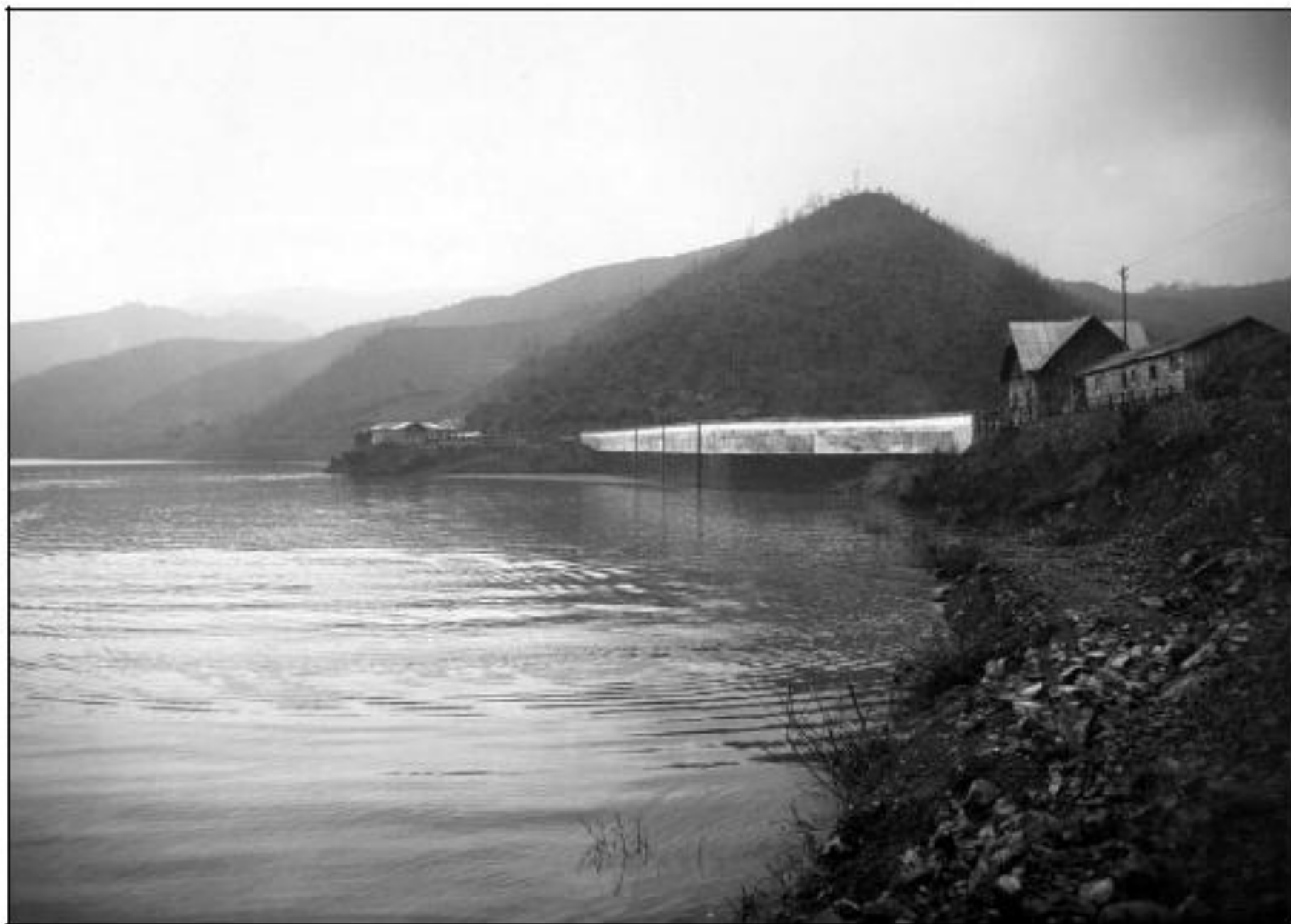


Figura 3 – La Diga Secondaria di Sella Zerbino



Figura 4 – Dettaglio di uno dei livelli milonitici a clorite ed anfibolo in località Sella Zerbino

MALPASSET

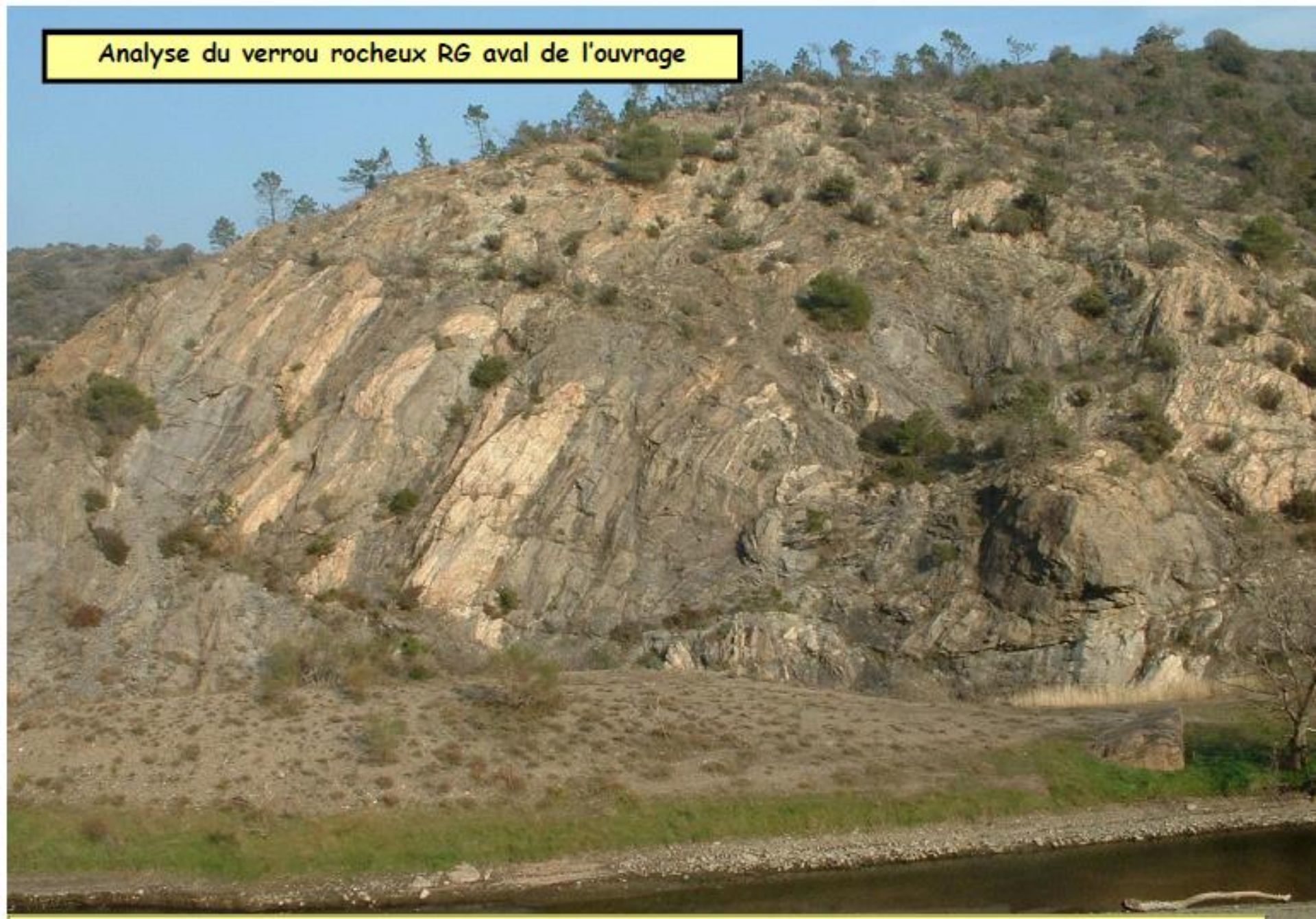
La diga di Malpasset (disastro di Fréjus - Var) era una *diga a doppio arco*, la più sottile del mondo, impostata su gneiss compatti. Collassò in fase di riempimento il 2 Dicembre 1959 rilasciando 50 milioni di mc d'acqua.

Negli studi geotecnici non erano stati rilevati un piano di faglia e una frattura intersecantesi con lo stesso, che formavano un *cuneo roccioso* su cui era impostata la spalla sinistra.

L'aumentata pressione dell'acqua, nel rapido incremento di livello del lago, "sparò" fuori il cuneo come un tappo e la diga miseramente crollò.



Analyse du verrou rocheux RG aval de l'ouvrage



1 : voir

Végétation clairsemée

Croupe massive, roche
couleur jaune clair

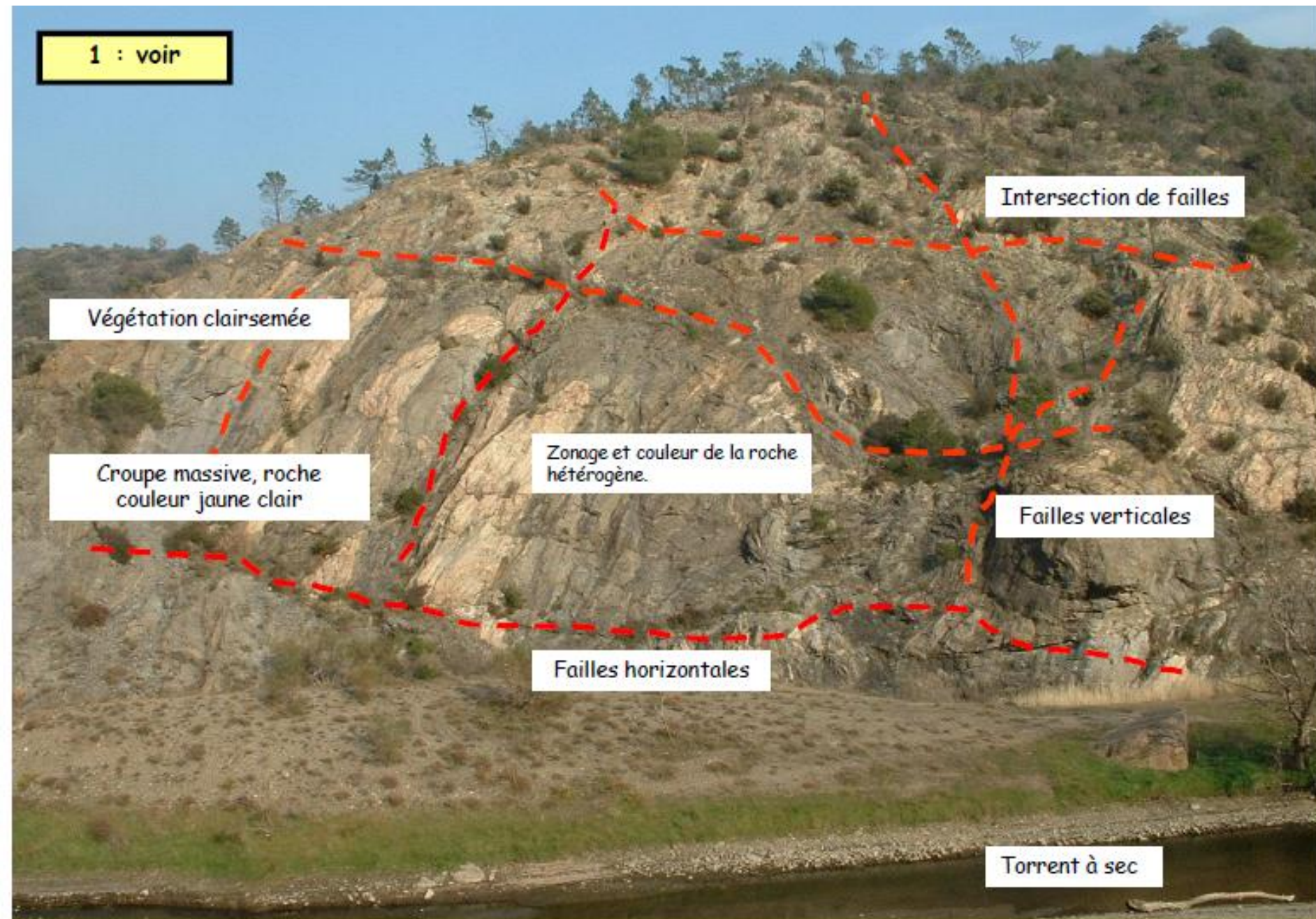
Zonage et couleur de la roche
hétérogène.

Intersection de failles

Failles verticales

Failles horizontales

Torrent à sec





Trace de la faille n° 3

point de rencontre de
la coque avec la faille

Faille amont pendage aval

Faille aval pendage amont

Google Earth



La vanne de vidange de fond. On observe que la fondation centrale est toujours en place.

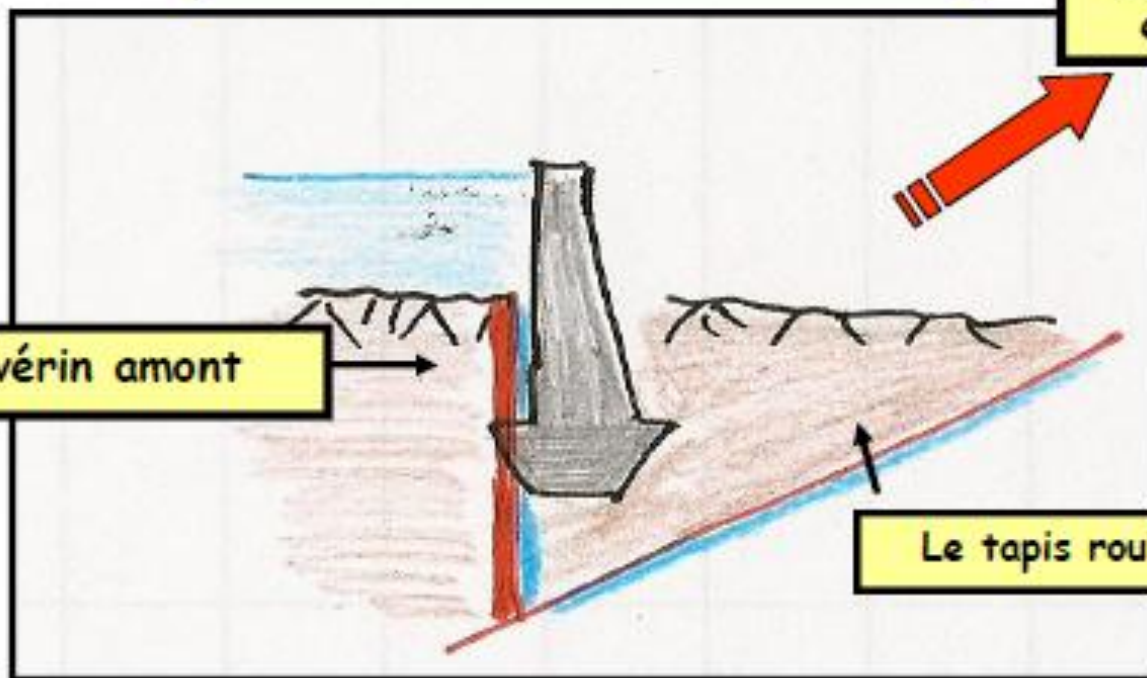


Synthèse de la rupture

Résultante des forces
et éjection du bloc

Le vérin amont

Le tapis roulant aval



TETON DAM

Collasso il 5 Giugno 1976, in fase di riempimento.

- "La causa fondamentale del crollo (fu) una combinazione di fattori geologici e di decisioni di progetto...";**
- "Numerose fratture nella roccia delle spalle";**
- "La roccia vulcanica del sito è molto permeabile e fessurata";**
- " I limi argillosi non plastici, di deposito eolico, usati per il nucleo ed il riempimento del taglione sono altamente erodibili.... uno dei fattori determinanti del crollo della diga".**

Riassumendo:

- insufficiente considerazione delle problematiche geologiche,**
- errori geotecnici ed ingegneristici,**
- impiego di materiali impropri per il nucleo della diga ed il riempimento del taglione.**

Diga di TETON - Earthfill dam - COLLAPSE

La diga in terra di Teton, USA ($H = 100$ m) crollò nel '76 durante l'invaso. La causa del collasso è stata il piping (sifonamento)
VIDEO



Breach of Teton Dam, June 5, 1976



The dark brown streak on the dam face near the gray bedrock in the left half of the photo is a leak that formed on the morning of June 5. The speck above the leak near the top of the dam is a D-9 bulldozer on its way to push dirt into the leak.



Large amounts of mud are now spilling down the face of the dam, unchecked by the efforts of the bulldozer operators. The outlet works at the foot of the dam are flooding with muddy water.



The dam is now breached and muddy water flows violently over the dam face.



La diga del Vajont completa.





Disastro del Vajont

Disastro ambientale



La valle del Vajont dopo la frana del monte
Toc che causò il disastro

