



Specifiche vulnerabilità delle traverse

Peretto Maurizio

ITCOLD - GdL Traverse – Roma, 06/06/2024



Specifiche vulnerabilità delle traverse



Sommario



Specifiche vulnerabilità delle traverse



Peculiarità delle traverse

- **massa** strutturale << massa idrica



resistenza grazie a **geometria** allungata nel senso della corrente, in grado di trasferire i carichi in fondazione

- strutture "leggere"  ampie **deformazioni**

- **azioni** più significative:

- azioni idrodinamiche del flusso d'acqua verso valle
- filtrazione attraverso la fondazione



traversa di Pont Ventoux (Oulx, TO) sul fiume Dora Riparia

Specifiche vulnerabilità delle traverse



Peculiarità delle traverse



ponte-diga del Pascolo (Torino) sul fiume Po – Google Earth

➤ **Deformazioni** ➡ disallineamenti e/o assestamenti verticali



in successivi eventi di piena: turbolenze e azioni idrodinamiche con **effetti potenzialmente incontrollabili**

➤ **volume** idrico trattenuto per lo più contenuto nell'alveo



in caso di guasto, possibili **conseguenze:**

traversa << diga

Specifiche vulnerabilità delle traverse



Vulnerabilità rispetto alle portate di piena e alle azioni idrodinamiche



Vulnerabilità rispetto alle portate di piena e alle azioni idrodinamiche

➤ insufficienza idraulica

- generalmente, condizione di "**trasparenza**" in situazioni di piena con sbarramento completamente aperto:

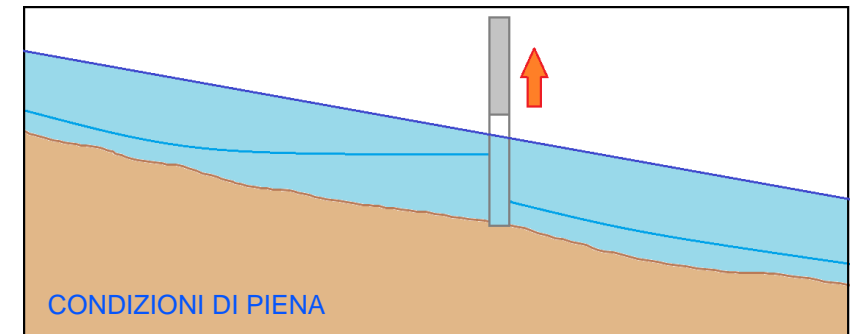
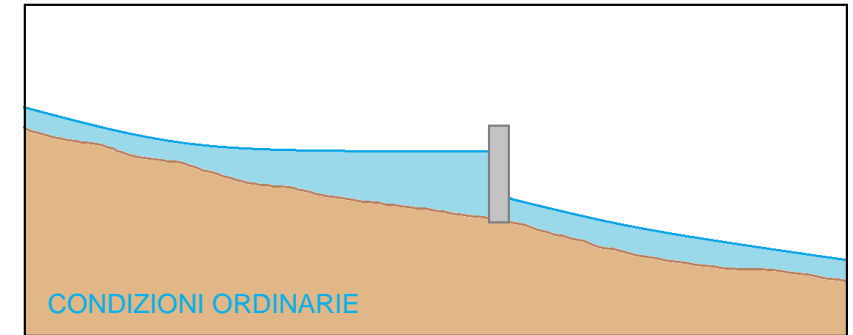
- **rigurgito** dovuto alla traversa trascurabile



- tronco d'alveo in condizioni di deflusso coincidenti con quelle in assenza dello sbarramento



- eventuali esondazioni sono attribuibili solo all'insufficienza degli argini



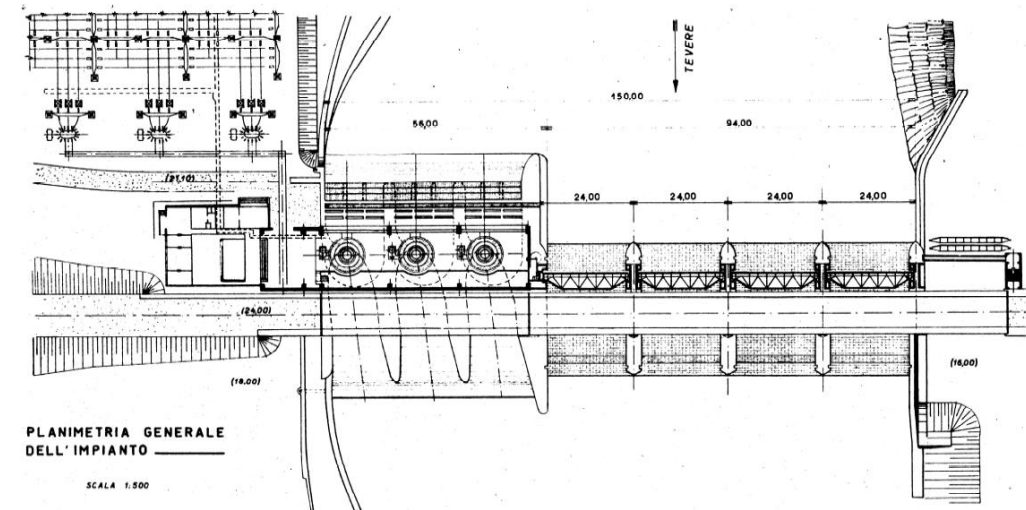
Specifiche vulnerabilità delle traverse



Vulnerabilità rispetto alle portate di piena e alle azioni idrodinamiche

➤ insufficienza idraulica

- **particolari geometrie** per cui il rigurgito diventa significativo:
 - conformazione specifica dello sbarramento (**soglie** relativamente elevate rispetto all'alveo, tratti di **sfioratori** fissi, ...)
 - effettiva **riduzione della sezione di deflusso** per cause strutturali (restringimento d'alveo, presenza di opere quali la centrale idroelettrica, ...)
- **situazioni eccezionali** che possono rendere la struttura non "trasparente":
 - mancata apertura di una o più paratoie
 - ostruzione delle luci a causa del materiale flottante



traversa con centrale di produzione idroelettrica

Vulnerabilità rispetto alle portate di piena e alle azioni idrodinamiche

➤ insufficienza idraulica

- in assenza della condizione di "trasparenza":
 - possibili **carenze** in termini **di franchi idraulici** a causa della traversa e delle opere strettamente connesse



- **esondazioni** in corrispondenza dello sbarramento
- **inadeguatezza delle arginature a monte** → necessario adeguamento

Specifiche vulnerabilità delle traverse



Vulnerabilità rispetto alle portate di piena e alle azioni idrodinamiche

➤ erosione dovuta all'azione idrodinamica

- transito di portate significative (situazione frequente):



- a valle: **dissipazione di energia** → **erosione** (attenzione alla manovra dissimmetrica delle paratoie)
- a monte: se flusso dell'acqua con **componente parallela allo sviluppo dell'opera** → **erosione** (es: traverse fisse dotate di scarico laterale, uso asimmetrico delle paratoie)
- **abrasione** sulle strutture da parte del flusso dell'acqua (trasporto solido → attrito)
- **danni da impatto** di materiale grossolano (tronchi, ecc.), in particolare sulle paratoie → possibili problemi alla movimentazione



Specifiche vulnerabilità delle traverse



Vulnerabilità rispetto alle portate di piena e alle azioni idrodinamiche

➤ fenomeni di filtrazione e soffusione

- **a valle**, condizioni di progetto:

quota platea \approx quota alveo

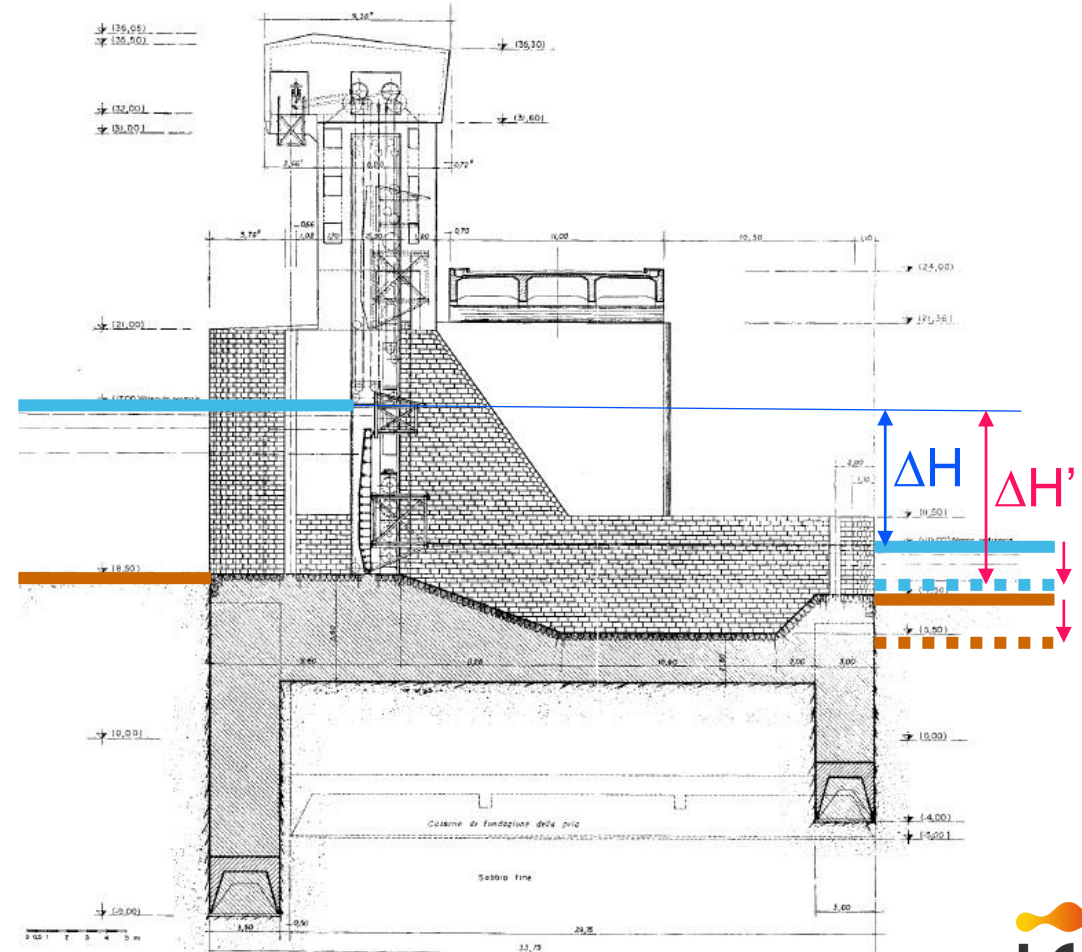
- in caso di erosione: abbassamento del fondo dell'alveo a valle della traversa \rightarrow riduzione del livello del pelo libero \rightarrow aumento dell'energia da dissipare nel processo di filtrazione



- riduzione della resistenza dei terreni in fondazione (riduzione delle tensioni efficaci)



- possibile innesco di **sifonamento**

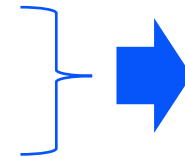


Vulnerabilità rispetto alle portate di piena e alle azioni idrodinamiche

➤ fenomeni di filtrazione e soffusione

- **a monte**, possibili criticità:

- mancata **tenuta dei giunti** fra i cassoni
- aumento delle **velocità di filtrazione**



- asporto di materiale fino (**soffusione**)



- erosioni e zone depresse a monte dell'opera

- possibile innesco di problemi senza precedenti indizi dalle misure di monitoraggio → è fondamentale la **pronta individuazione** delle **evoluzioni dell'alveo**, sia a monte che a valle

Specifiche vulnerabilità delle traverse



Vulnerabilità strutturale e della fondazione in condizioni statiche



Vulnerabilità strutturale e della fondazione in condizioni statiche

➤ instabilità in fondazione

- associate a filtrazione, fenomeno idraulico, ma con conseguenze di natura strutturale (**cedimenti e deformazioni**):
 - eccessivi gradienti idraulici a valle dell'opera e nelle sponde → **sifonamento/erosione**
 - eccessivi gradienti idraulici in fondazione, in prevalenza orizzontali → erosione lungo il contatto e distacco platea-fondazione (**roofing**)



forte decremento della resistenza ai moti di filtrazione all'intradosso: condotto diretto fra monte e valle senza apprezzabile caduta piezometrica



incremento di erosione e aumento delle pressioni sotto la platea

Vulnerabilità strutturale e della fondazione in condizioni statiche

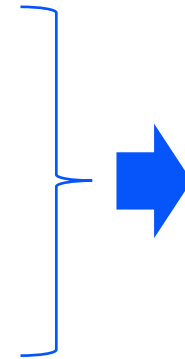
➤ instabilità in fondazione

- maggior frequenza se **fondazioni alluvionali**, specie se in prevalenza sabbiose (fiumi di pianura), in quanto:
 - bancate ghiaioso-sabbiose (alta permeabilità) + barre sabbiose o lenti limose/argillose più fini
 - **distribuzione spaziale** non nota, ma influenza decisiva sul processo di filtrazione (crisi per cedimento dell'elemento più debole)
- verifiche normalmente eseguite assumendo condizioni medie → adozione di **ampi margini di sicurezza**

Vulnerabilità strutturale e della fondazione in condizioni statiche

➤ stabilità delle opere rispetto al sistema di forze applicato

- strutture con **massa** relativamente **modesta** e **estese** nel **senso longitudinale** dell'alveo
- **terreni** di fondazione in genere piuttosto **permeabili**



vulnerabilità alle **sottospinte** (rilevanti nel bilancio complessivo delle azioni stabilizzanti e destabilizzanti) → **sollevamento** del fondo platea

- condizione potenzialmente critica: messa in asciutta di una luce normalmente sommersa anche da valle: panconi + svuotamento mediante pompa:



- pile sollecitate sia longitudinalmente che perpendicolarmente alla direzione della corrente
- sottopressioni (spinte di galleggiamento) sulla platea → possibili danni anche gravi

Vulnerabilità strutturale e della fondazione in condizioni statiche

- stabilità delle opere rispetto al sistema di forze applicato
 - la vulnerabilità delle opere si può manifestare anche sulle **arginature a monte** della traversa, che concorrono al contenimento dell'invaso, a causa di:
 - **instabilità** dell'argine stesso
 - cedimento delle sponde per **rapidi svuotamenti** (in caso di mancate chiusure o errate manovre delle paratoie)

Specifiche vulnerabilità delle traverse



Vulnerabilità strutturale e della fondazione in condizioni statiche

➤ resistenza strutturale

- possibili criticità:
 - zone dove si concentrano le sollecitazioni maggiori
 - a seguito di assestamenti differenziali dovuti a comportamenti anomali

Specifiche vulnerabilità delle traverse



Vulnerabilità in condizioni sismiche

traverse fisse

ric conducibili agli schemi statici
delle dighe a gravità

+

altezza in genere contenuta



ottimo comportamento in caso di sisma

traverse mobili

presenza di strutture snelle
ed in elevazione

+

strutture spesso poco legate
tra loro nella parte alta



maggior vulnerabilità

Vulnerabilità in condizioni sismiche

➤ aspetti potenzialmente critici:

- distribuzione delle masse non favorevole: spesso le opere si estendono decisamente oltre al livello idrico di massima ritenuta → **baricentro alto** → alto momento ribaltante connesso alle azioni inerziali

il tipo di paratoie adottate influisce su questa caratteristica (particolarmente sfavorevoli le **paratoie piane**)

- **pile** immorsate nel terreno di fondazione per una **profondità significativa** rispetto all'altezza totale → vantaggio statico, ma **complessa interazione terreno-struttura** → maggiore difficoltà di valutazione di sollecitazioni e di resistenze

Vulnerabilità in condizioni sismiche

➤ aspetti potenzialmente critici:

- **pile alte, snelle e poco vincolate in direzione destra-sinistra**, bassa resistenza all'azione sismica in tale verso

unico vincolo laterale efficace: eventuali ponti di transito/comando (contributo comunque spesso limitato)

- **terreni di fondazione** composti da materiali **incoerenti** → alto potenziale di liquefazione e generazione di eccesso di pressione interstiziale → con deformazioni e assestamenti conseguenti alla loro dissipazione

Vulnerabilità in condizioni sismiche

- spesso le traverse esistenti possono risultare **non verificate sismicamente** (secondo le normative vigenti)

NONOSTANTE CIÒ:

- in Italia non sono riportati danni significativi a traverse in occasione di sismi
- anche a livello internazionale non si conoscono episodi gravi, anche grazie alle specificità degli alvei a valle e delle ridotte altezze di ritenuta



- attribuire un **corretto livello di rilevanza** alle traverse: non considerare input sismici eccessivi e poco realistici

Mancato funzionamento delle paratoie o ostruzione delle luci

- il mancato **funzionamento delle paratoie** è il **principale rischio** per la sicurezza delle traverse, possibili cause:
 - mancanza di alimentazione elettrica (→ necessità di fonti ridondanti e alternative)
 - danni a circuiti idraulici o elettrici per impatto con corpi galleggianti
 - deformazioni strutturali
 - carichi aggiuntivi dovuti a sedimenti sugli scudi delle paratoie
 - cattivo funzionamento di automatismi e sistemi di azionamento autonomo (es: galleggianti posti all'interno delle pile)
 - malfunzionamento dei dispositivi per la movimentazione
 - rottura o inceppamento di funi e catene
 - mancato abbattimento di strutture di sbarramento gonfiabili

Specifiche vulnerabilità delle traverse



Mancato funzionamento delle paratoie o ostruzione delle luci



Spencer dam (USA), marzo 2019

Mancato funzionamento delle paratoie o ostruzione delle luci

- possibile ostruzione delle luci da parte di **materiale flottante**:
 - luci strette o con ridotto spazio tra paratoie e pelo libero dell'acqua
- la Norma italiana tiene conto di tali possibili problemi a partire dalla Circolare R.I.D. Prot. 3199/UIDR del 6 aprile 2005
- le **NTD 2014** costituiscono l'attuale riferimento normativo: prescrizioni piuttosto rigide e severe
 - problemi di applicazione (in particolare per traverse esistenti) e talvolta anche di interpretazione
 - necessità di giusto compromesso tra esigenze di sicurezza e realizzative/gestionali

Grazie per l'attenzione