

COMUNE DI  
**S. MARIA COGHINAS**  
PROV. DI SASSARI

TAVOLA

**O**

INTERVENTI PER IL SUPERAMENTO DELLE  
PROBLEMATICHE IDRAULICHE DEL  
CANALE COPERTO "SCOLO PISCHINAZZA"

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

ELABORATO

**CALCOLO DEL TRASPORTO SOLIDO**

AGGIORNAMENTO  
Rev. 1 - GIUGNO 2023

DATA  
DICEMBRE 2021

SCALA

RTP : ING. ELENA DEMARTIS - MANDATARIA

MANDANTI : ING. MADDALENA IDILI  
ING. ANDREA SANNA  
ING. STEFANO TOLA

GEOL. DONATELLA GIANNONI  
ARCH. LUCIANO IDDA  
ARCHEOLOGO GABRIELE CARENTI

PER L' AMM/NE COMUNALE

IL PROGETTISTA

### 1.1.1 *Analisi trasporto solido*

I lavori relativi alle sistemazioni idrauliche partono comunemente dallo studio idraulico puro, mirato in genere alla conoscenza dei deflussi che pervengono ad una determinata sezione fluviale ed in particolare alla determinazione della portata di massima piena, allo scopo di calibrare le opere di risanamento rispetto ad un evento eccezionale statisticamente prevedibile.

Tuttavia la valutazione del rischio idrogeologico non può prescindere da una disamina complessiva dei fattori del territorio, in particolar modo quando l'analisi non interessa grossi sistemi fluviali, bensì sistemi a carattere torrentizio, come quello preso qui in esame.

La necessaria caratterizzazione climatica, i dati sulle portate liquide, sui coefficienti di deflusso, sui tempi di corrivazione, vanno supportati dai dati riguardanti il trasporto solido e le condizioni di erodibilità del bacino imbrifero; questi dati, derivando da un approfondito studio delle caratteristiche litologiche, morfologiche, climatiche e dell'uso del suolo del territorio, forniscono preziosi parametri utilizzabili sia a breve termine, per un adeguato dimensionamento delle opere di risanamento idraulico, che a medio e lungo termine, per un risanamento del territorio dell'intero bacino imbrifero.

Le condizioni di erodibilità di un bacino imbrifero, per effetto del ruscellamento delle acque piovane da cui deriva un più o meno imponente trasporto solido, sono funzione della resistenza delle litologie costituenti il bacino, della loro giacitura, delle pendenze, dell'esistenza di zone dissestate, della presenza o meno di copertura vegetale e del tipo di vegetazione (bosco, pascolo, seminativo, incolto...). A questi elementi sono legati sia le quantità dei materiali prodotti per erosione che le loro granulometrie: le argille, i limi e le sabbie fini vengono trasportate in sospensione dalla corrente liquida fino alla foce del corso d'acqua; i materiali di dimensione media, che la turbolenza della corrente non riesce a mantenere in sospensione, procedono a salti sul fondo dell'alveo e vi si depositano al rallentare della velocità della corrente; i materiali grossolani e i blocchi strisciano e rotolano sul fondo e si depositano a monte degli altri materiali.

La valutazione del trasporto solido in un corso d'acqua naturale presenta numerosi fattori d'incertezza, in genere connessi con l'indeterminazione dei dati e dei parametri ma anche con la forte dispersione dei risultati che si ottengono utilizzando le diverse formule (tutte empiriche) che sono disponibili in letteratura.

Queste formulazioni possono schematicamente dividersi in due categorie, differenti anche sulla base del fattore tempo:

- a) quelle idrauliche, fondate su parametri legati alla corrente idrica e alle dimensioni dei grani, fondamentalmente basate sulla teoria del trasporto solido di Shields, che per primo

individuò un legame fra lo sforzo tangenziale  $\tau_0$ , che provoca il primo movimento del materiale incoerente ed omogeneo posto sul fondo dell'alveo, e la viscosità  $\mu$ , la densità  $\rho$  del fluido, nonché le caratteristiche  $d$  e  $\rho_s$  dei grani; si tratta di modelli di previsione evento per evento.

b) quelle ambientali, fondate invece su parametri differenti legati a caratteristiche proprie del bacino quali pendenza dell'asta, piovosità, termometria ecc.; si tratta di modelli di previsione annuale.

Uno dei modelli usati per la valutazione del trasporto solido medio annuo è quello proposto da Gavrilovic, mentre la valutazione relativa al singolo evento, considerando che, come generalmente accade nei corsi d'acqua torrentizi della Sardegna, il trasporto solido si attiva durante un evento di piena, può essere condotta a partire dai risultati dello studio idraulico, svolto sulla base del modello numerico HEC-RAS, implementato su tutti i tratti classificati come asta principale. In entrambe i casi si tratta di valutazioni teoriche della capacità di trasporto solido.

Nel presente studio l'analisi del trasporto solido viene valutata tramite applicazione il metodo di Gavrilovic.

TRASPORTO SOLIDO MEDIO ANNUO. Il metodo di Gavrilovic è stato messo a punto nel 1959 considerando i bacini a carattere torrentizio del Sud e del Sud-Est della regione balcanica e rappresenta quello che, fra tutti, meglio combina semplicità d'uso e attendibilità dei risultati. Questo metodo prende infatti in considerazione tutti i quattro fattori principali che condizionano l'entità dell'erosione in un bacino (litologia affiorante e condizioni di dissesto in atto, copertura vegetale, acclività media e clima). Si tratta di un metodo calibrato su un notevole numero di bacini in tutta Europa, in condizioni climatiche, morfologiche e litologiche molto differenti.

Il metodo proposto da Gavrilovic richiede l'introduzione dei dati geometrici del bacino e dei parametri legati all'erodibilità (tipo di vegetazione, litotipi e condizioni morfologiche). Viene fornito come risultato la quantità di materiale che può essere perduta dal bacino in un anno per erosione.

La relazione, sui cui si basa il metodo, è la seguente:

$$W(mc / anno) = Sh\pi \sqrt{\frac{t^\circ}{10} + 0.1} \sqrt{Z^3}$$

dove:

- S = superficie del bacino o sottobacino in Km<sup>2</sup>;
- h = altezza di precipitazione media annua del bacino in mm;
- t° = temperatura media annua del bacino in °C;
- Z = coefficiente di erosione relativa dato dalla relazione seguente:

$$Z = XY(\Phi + \sqrt{I})$$

dove:

- X = coefficiente di protezione del suolo dato dalla vegetazione;
- Y = coefficiente di erodibilità del suolo dato dalla litologia;
- $\Phi$  = coefficiente di degradazione che esprime il tipo e il grado del processo di erosione;
- I = pendenza media del bacino in %.

I fattori X, Y e  $\Phi$  sono ricavabili attraverso le relazioni sotto riportate e i valori dei coefficienti derivano da più di 20 anni di esperimenti in questo campo:

$$X = \frac{0.01A + 0.2B + 0.35C + 0.6D + 0.95E}{S}$$

in cui:

- A = superficie coperta da boschi o boscaglie densi e di buona struttura (coeff. 0.01);
- B = superficie coperta da prati, campi di trifoglio e altre colture simili (coeff. 0.20);
- C = superficie coperta da pascoli, boschi degradati e boscaglie con suolo eroso (coeff. 0.35);
- D = superficie coperta da frutteti e vigneti senza vegetazione al suolo (coeff. 0.60);
- E = superficie priva completamente di vegetazione (coeff. 0.95);
- U = Area urbana (coeff 0);

$$Y = \frac{0.45L + 0.8LM + 1K + 1.4J + 1.9JF}{S}$$

in cui:

- L = superficie con rocce dure, resistenti all'erosione (coeff. 0.45);
- LM = superficie con rocce di media resistenza (coeff. 0.80);
- K = superficie con rocce friabili (pseudo o semi-coerenti) (coeff. 1);
- J = superficie con rocce incoerenti (coeff. 1.40);
- JF = superficie con rocce sciolte (coeff. 1.90);

$$\Phi' = \frac{N7 + P4 + Q2}{S} \cdot 100$$

in cui:

- N = superficie con frane (coeff. 7);
- P = superficie con erosione accentuata (coeff. 4);
- Q = superficie con valanghe (coeff. 2);

Viste le condizioni climatiche e altimetriche della nostra regione non si tiene conto delle superfici valanghive.

Da  $\Phi'$  (superficie dissestata relativa) è poi possibile calcolare il coefficiente di degradazione  $\Phi$  secondo il seguente schema:

se  $0 \leq \Phi' \leq 0,5$  allora  $\Phi = 0,1 + \Phi' \cdot 0,4$

se  $0,50 \leq \Phi' \leq 2$  allora  $\Phi = 0,134 \cdot \Phi' + 0,133$

se  $2 \leq \Phi' \leq 8$  allora  $\Phi = \Phi' / 10 + 0,2$

se  $\Phi' > 8$  allora  $\Phi = 1$

Il fattore  $I$  esprime invece l'influenza dell'acclività del bacino e si ricava dalla relazione:

$$I = \frac{\sum_{m=1}^6 I_m i_m}{S}$$

in cui:

- $I_1$  = superficie del bacino in  $\text{km}^2$  con acclività fra 0-10% ;  $i_1=0.05$
- $I_2$  = superficie del bacino in  $\text{km}^2$  con acclività fra 10-20% ;  $i_2=0.15$
- $I_3$  = superficie del bacino in  $\text{km}^2$  con acclività fra 20-40% ;  $i_3=0.30$
- $I_4$  = superficie del bacino in  $\text{km}^2$  con acclività fra 40-60% ;  $i_4=0.50$
- $I_5$  = superficie del bacino in  $\text{km}^2$  con acclività fra 60-80% ;  $i_5=0.70$
- $I_6$  = superficie del bacino in  $\text{km}^2$  con acclività fra >80% ;  $i_6=2.00$

La grandezza **W** ricavata rappresenta il volume in  $\text{m}^3$  di materiale prodotto annualmente nel bacino dai processi erosivi e disponibile nel bacino per il trasporto, ovvero il trasporto solido potenziale.

Il volume di materiale prodotto annualmente a causa dei processi erosivi nel bacino che comprende quello del Rio di Giunchini-Badde Olia e dei compluvi a valle del canale di guardia, alla sezione del nuovo attraversamento, è risultato pari a:

$$\mathbf{W \text{ (mc/anno)} = 1929,11 \text{ m}^3}$$

Questo dato rappresenta il prodotto potenzialmente erodibile nel bacino ma che non necessariamente giunge alla sezione di chiusura considerata in quanto possono depositarsi in aree dei versanti o dell'asta fluviale caratterizzati da prevalente deposizione.

Il metodo prevede quindi l'applicazione di un fattore di riduzione **R**:

$$R = \frac{\sqrt{P \cdot H_m} \cdot (L_p + L_i)}{S \cdot (L_p + 10)}$$

dove:

- $P$  = perimetro del bacino (km)
- $L_p$  = lunghezza asta principale (km);
- $L_i$  = lunghezza complessiva affluenti (km);
- $H_m$  = altezza media del bacino (km).

Questo è risultato pari a **R = 0.127**

Applicando questo fattore di riduzione, la stima del materiale trasportato alla sezione di chiusura deriva dall'espressione:

$$G = W \cdot R$$

quindi la stima del materiale trasportato risulta:

$$G = W \cdot R = 1929,11 \text{ m}^3/\text{a} \cdot 0.127 = \mathbf{244,77 \text{ m}^3/\text{a}}$$

Tabella riassuntiva: Calcolo del trasporto solido con il metodo di Gavrilovic

Categorie	Parametro	Valore	U.M.
Fisiografia	S - superficie bacino	6.39	km <sup>2</sup>
	I - pendenza media	0,23	-
	P - perimetro bacino	13,36	km
	H <sub>m</sub> - altezza media bacino	0,108	km
	L <sub>p</sub> - lunghezza asta principale	4,208	km
	L <sub>i</sub> - lunghezza affluenti	5,38	km
Clima	t - temperatura media annua	17,4	°C
	h - precipitazione media annua	530,2	mm
Copertura vegetale	A - boschi e aree con veget. densa	1,36	km <sup>2</sup>
	B - campi trifoglio e altre colt. simili	3,457	km <sup>2</sup>
	C - pascoli e boscaglie con suoli erosi	0,86	km <sup>2</sup>
	D - frutteti e vigneti senza veget. al suolo	0,22	km <sup>2</sup>
	E - terreno completam. denudato non coltiv.	0,02	km <sup>2</sup>
	U - area urbana	0,46	km <sup>2</sup>
Litologia	L - rocce dure, resistenti all'erosione	0,108	km <sup>2</sup>
	LM - rocce di media resistenza	4,828	km <sup>2</sup>
	K - rocce friabili (pseudo e semicoerenti)	0	km <sup>2</sup>
	J - rocce incoerenti (poco resistenti all'eros.)	0,95	km <sup>2</sup>
	JF - rocce sciolte (non resistenti all'eros.)	0,507	km <sup>2</sup>
Dissesti	N - Superficie con frane	0,156	km <sup>2</sup>
	P - superficie con erosione accentuata	0	km <sup>2</sup>
Coefficienti calcolati	X- coefficiente di protezione (copertura veget.)	0.182	-
	Y - coefficiente di erodibilità (litologia)	0,97	-
	F - coefficiente di degradazione	1	-
	Z - coefficiente di erosione relativa	0,26	-
	R - fattore di riduzione	0,127	-
Risultati	<b>W - trasporto solido potenziale del bacino</b>	<b>1929,11</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
	<b>G - trasporto solido effettivo alla sezione</b>	<b>244,77</b>	<b>m<sup>3</sup>/a</b>