AUTORITA' PORTUALE DI SAVONA

PORTO DI SAVONA - VADO
(2^ categoria - 1^ classe)

PROGETTO 637 DEL 14.10.2008

RIQUALIFICAZIONE LITORALE A ZINOLA E RISAGOMATURA SCOGLIERA PER REALIZZAZIONE TERRAPIENO

PROGETTO DEFINITIVO

Studio Impatto Ambientale

Relazione idraulica

PROGETTISTA:
Ing. Susanna Pelizza

VISTO:
Il Responsabile del Procedimento
Ing. Flavio Destefanis

1	ago. 2013	Integrazione SIA	S.P.	A.L.	F.D.
0	nov. 2011	Emissione Intesa Stato Regione	S.P.	A.L.	F.D.
Rev.	Data	Descrizione	Redattore	Collaboratore	Visto

INDICE

1. PREMESSA 2

2. TIPOLOGIA DELLE OPERE IN PROGETTO 2

3. ONDA DI PROGETTO 4

4. VERIFICA DI STABILITÀ DELL'OPERA 4

4.1. CRITERI DI VERIFICA STATICA 4

4.1.1. Dimensionamento dei massi 4

4.1.2. Spessore della mantellata 4

4.2. VERIFICA STATICA 5

4.2.1. Dimensionamento dei massi 5

4.2.2. Spessore della mantellata 6

5. RISPOSTA IDRAULICA DELL'OPERA A GETTATA 7

5.1. CRITERI DI VERIFICA IDRAULICA 7

5.1.1. Calcolo del run-up 7

5.1.2. Calcolo del run-down 7

5.2. VERIFICA IDRAULICA 8

5.2.1. Sicurezza dell'opera 9

1. Premessa

Tra le opere previste con il progetto che si rassegna è la risagomatura della scogliera di protezione esistente con un avanzamento verso mare della diga a gettata. La nuova opera consentirà di realizzare un terrapieno, in ampliamento all'area prospicente il campo da calcio Levratto, che sarà utilizzato per nuove opere ad uso pubblico oggetto di separata progettualità da parte del Comune di Savona.

L'opera di difesa prevista è stata dimensionata con gli usuali criteri di proporzionamento delle dighe a gettata; anche per la verifica, il calcolo del run-up e del run-down sono state utilizzate formule note in letteratura.

Nel seguito sono riportati i criteri utilizzati per la progettazione e la verifica dell'opera ed i risultati delle elaborazioni numeriche.

2. Tipologia delle opere in progetto

L'intervento di riprofilatura della scogliera consisterà nella realizzazione di una nuova opera di difesa della costa che si raccorderà a quella attuale in prossimità dell'inizio della passeggiata e, rispetto alla situazione esistente, sarà posizionata più a mare di circa 50 m.

Per una rappresentazione planimetrica dell'opera si rimanda alla tav. 7: Planimetria di progetto, e alla tav. 11: Planimetria di raffronto, sulla quale sono indicate sulla stessa planimetria la scogliera attuale, che sarà salpata e i cui materiali saranno riutilizzati come massi di seconda categoria, e la nuova opera.

L'opera di nuova realizzazione è una diga realizzata secondo la tipologia delle opere a gettata, formata da un nucleo in tout venant, di provenienza mista da cava e riutilizzo di scavi in roccia, protetto da uno strato filtro in scogliera di seconda categoria (massi del peso di 1000-3000 kg) da una mantellata in scogliera di terza categoria (massi del peso di 3000-7000 kg) lungo la sezione corrente e scogliera di quarta categoria (massi del peso oltre 7000 kg) sulla sezione di testata.

La scogliera presenterà un coronamento largo 5 m a quota +3.5 m slm, per consentire un'adeguata protezione del sedime a tergo senza interrompere la percezione visiva del paesaggio. Lo strato più interno, il nucleo in tout-venant, avrà potenza variabile in funzione della profondità del fondale e sarà sormontato da uno strato filtro in scogliera di seconda categoria di spessore 1.5 m.

La mantellata più esterna, a cui è affidata la difesa dalle onde mediante dissipazione di energia, sarà realizzata come detto in scogliera di terza o quarta categoria a seconda della vulnerabilità del tratto di opera, e presenterà uno spessore 3 m.

In testata è inoltre previsto un allargamento circolare con raggio 5 m realizzato per rendere la struttura più stabile in una zona particolarmente delicata ed esposta all'azione dei frangenti.

Al fine di ridurre l'entità della tracimazione ondosa a livelli di non pericolosità per il transito pedonale il paramento esterno della mantellata sarà realizzato con pendenza 1/2.5 ed è prevista la realizzazione di una berma al piede, soffolta a quota -1.0 m slm e larga 5 m.

Il paramento interno della scogliera sarà realizzato con pendenza 2/3.

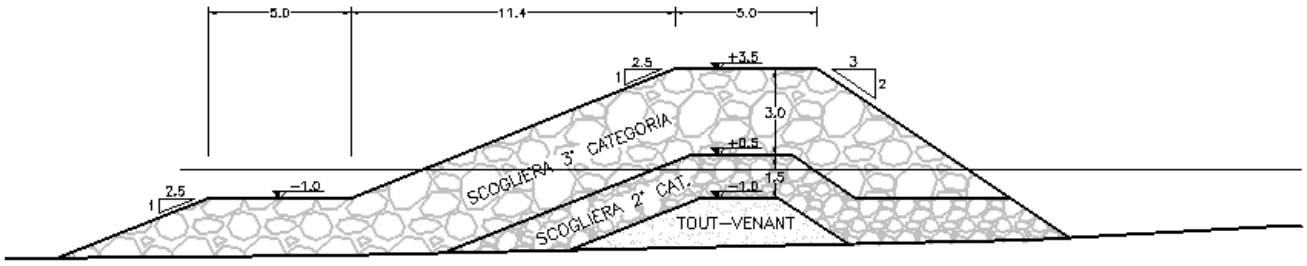


Figura 1 – sezione tipo corrente dell'opera di difesa

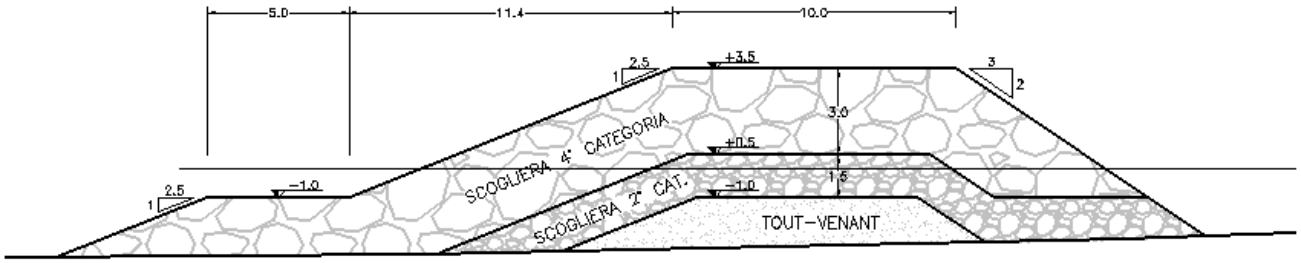


Figura 2 – sezione tipo dell'opera di difesa in testata

L'opera di difesa consentirà la creazione di un nuovo terrapieno delimitato dalla restante porzione di litorale da un pennello di chiusura in scogliera, sormontato da un muro di contenimento in elementi prefabbricati rinverdibili.

In corrispondenza della realizzazione del nuovo terrapieno l'opera sarà realizzata con tipologia analoga ma con inclinazione del paramento interno, in corrispondenza della colmata, avente pendenza 1/1.

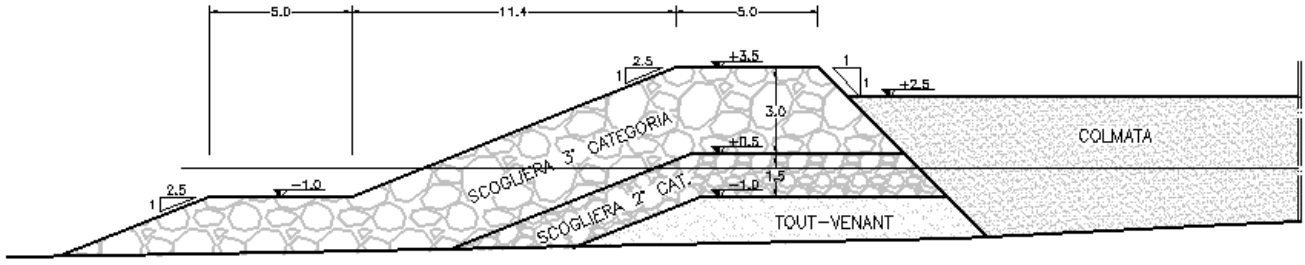


Figura 3 – sezione tipo dell'opera di difesa in corrispondenza del nuovo terrapieno

L'imbasamento della diga è variabile su fondali a ca. -1 m slm in corrispondenza dell'innesto sull'opera preesistente sino a ca. -3 m slm in testata.

3. Onda di progetto

L'opera in progetto è localizzata in una posizione riparata dalle mareggiate da Libeccio mentre risulta essere esposta a quelle da Scirocco. Tuttavia negli ultimi anni la costa ligure è stata interessata da mareggiate particolarmente severe, che hanno provocato dissesti diffusi a diverse opere di difesa, tra cui la stessa scogliera esistente che più volte è stata inefficace per la difesa delle opere a tergo. Pertanto, in via cautelativa, si ritiene opportuno assumere come onda di progetto la massima onda frangente che si può presentare sul paraggio.

Quale ulteriore cautela, si utilizza la nota formula:

$$H_f=0.78h$$

dove h è il tirante idraulico al piede dell'opera;

che, in quanto semplificata, racchiude in modo intrinseco un fattore di sicurezza per cui l'onda effettiva che si può verificare al frangimento risulterà essere inferiore.

Considerando il periodo medio una invariante della propagazione, e pari al 75% del periodo di picco, le caratteristiche dell'onda assunta per la verifica di stabilità delle opere sono le seguenti:

H_f	2.8 m
T_m	5.7 s

4. Verifica di stabilità dell'opera

4.1. Criteri di verifica statica

4.1.1. Dimensionamento dei massi

E' stato utilizzato il criterio di Hudson, basato sull'imposizione della stabilità statica del singolo masso, che propone la seguente formula per la stima del peso dei massi:

$$P > \frac{\gamma_r H^3}{\Delta^3 K_D \cot g(\alpha)} \qquad \text{con } \Delta = \frac{\rho_r}{\rho_w - 1}$$

dove:

- H = altezza dell'onda di progetto;
- γ_r = peso specifico dei massi:
  massi di cava = 2600 kg/m^3 ρ_w = peso specifico dell'acqua marina = 1025 kg/m^3;
- K_D = coefficiente di danneggiamento, in funzione del tipo di massi utilizzati;
- α = pendenza della mantellata.

da cui il diametro nominale dei massi:

$$D_n > \sqrt[3]{\frac{P}{\gamma_r}}$$

4.1.2. Spessore della mantellata

Per la determinazione dello spessore della mantellata, noto il diametro nominale e la tipologia di collocamento in opera, si utilizza la formula, riportata in letteratura:

$$S=n \cdot K_\Delta \cdot D_{50}$$

con:

- n= numero di ordini di massi presenti nella mantellata;

- K_Δ = coefficiente di forma, in funzione del tipo di massi utilizzati e del loro collocamento in opera.

4.2. Verifica statica

4.2.1. Dimensionamento dei massi

Dati di verifica:

- ρ_{cls} = 2600 kg/mc
- ρ_w =1025 kg/mc
- α = 0,38 rad (pendenza 1:2.5)
- H_f = 2.8 m

I massi sono stati dimensionati per la sezione tipo corrente e per la sezione di testata, in funzione di diversi valori del coefficiente di danneggiamento proposti in letteratura.

- Sezione corrente della diga a gettata:

  K_D = 2 (massi naturali a spigoli vivi alla rinfusa, onda frangente)

Utilizzando le formule riportate al paragrafo 4.1.1 è stato calcolato che per la stabilità statica dell'opera occorre utilizzare massi del peso pari a 3200 kg, diametro nominale D_n = 1.0 m. Si prevede pertanto l'utilizzo di massi di terza categoria (peso nominale 3000-7000 kg).

- Sezione di testata della diga a gettata:

  K_D = 1.6 (massi naturali a spigoli vivi alla rinfusa, onda frangente)

Utilizzando le formule riportate al paragrafo 4.1.1 è stato calcolato che per la stabilità statica dell'opera occorre utilizzare massi del peso pari a 3900 kg, diametro nominale D_n = 1.1 m.

La testata della diga rappresenta una parte della struttura particolarmente vulnerabile e pertanto richiede alcune considerazioni per verifica della sua stabilità.

Le parti della testata infatti possono essere più esposte all'azione dei frangenti per i seguenti motivi:

- la profondità del fondale è maggiore rispetto allo sviluppo della restante porzione di opera
- l'opera è esposta all'attacco di onde che giungono da un settore di traversia più ampio
- le onde incidenti possono essere riflesse, rifratte o diffratte dalla struttura, per cui le sollecitazioni sull'opera risultano più severe
- le correnti possono essere più pronunciate che non nelle altre parti lungo lo sviluppo

Per tali motivazioni, cautelativamente, si prevede l'utilizzo di massi di quarta categoria (peso nominale oltre 7000 kg).

In testata inoltre è previsto un allargamento circolare con raggio 5 m realizzato per rendere la struttura più stabile.

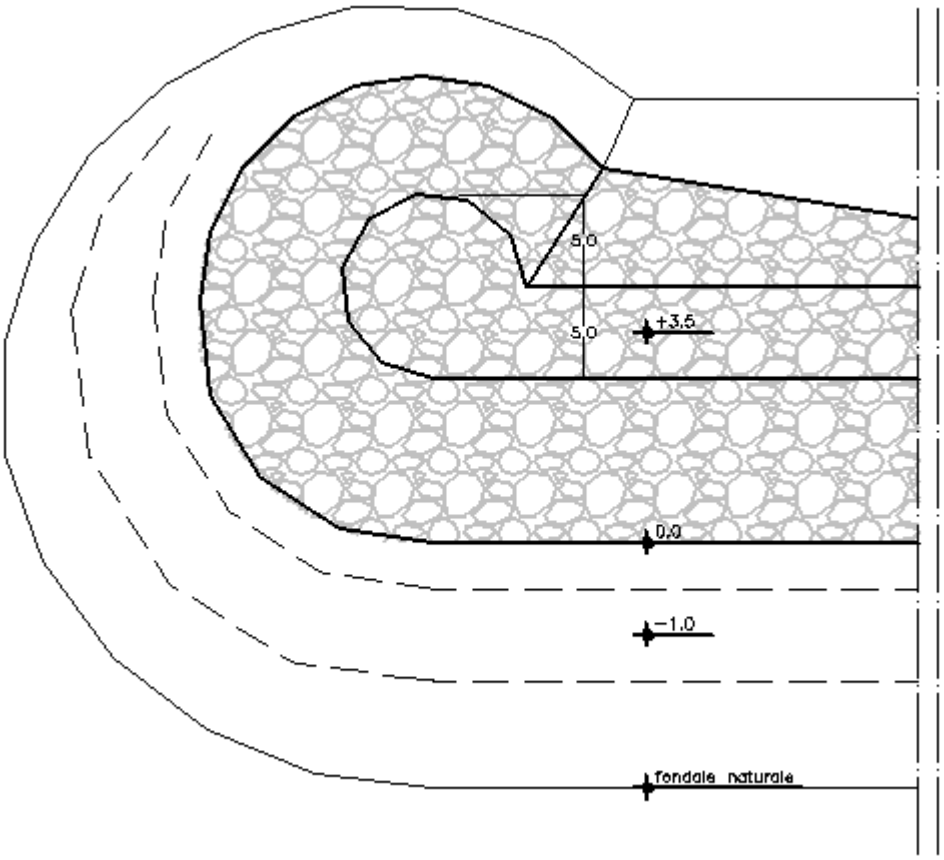


Figura 4– stralcio planimetrico della testata della diga

4.2.2. Spessore della mantellata

Dati di verifica:

- n = 2
- K_Δ = 1 per massi a spigoli vivi disposti alla rinfusa con n=2
- D_n = 1.0 m per la sezione corrente – 1.1 m per la sezione di testata

Utilizzando i dati di verifica sopra riportati nella formula riportata al precedente paragrafo 4.1.2 si ottiene uno spessore S della stessa variabile da 2.1 a 2.3 m.

A favore di sicurezza si dimensiona la sezione con uno spessore di mantellata pari a 3 m.

5. Risposta idraulica dell'opera a gettata

5.1. Criteri di verifica idraulica

Per valutare la risposta idraulica dell'opera a gettata è stato eseguito il calcolo dei livelli di salita e ridiscesa dell'onda lungo la scarpata (run-up e run-down), al fine di determinare, rispettivamente, la possibilità di tracimazione (overtopping) del coronamento e la possibilità di erosione dell'opera al piede.

La valutazione della risposta idraulica dell'opera di difesa è stata eseguita considerando le condizioni di verifica statica dell'opera.

5.1.1. Calcolo del run-up

Per il calcolo del livello di risalita dell'onda si è fatto riferimento ad un run-up significativo, ovvero un livello che ha probabilità di superamento pari al 2%. E' stata utilizzata una formula generale proposta in letteratura da Van Der Meer:

$$\frac{R_{u2\%}}{H_s} = 1.75\lambda_b\lambda_f\lambda_\beta\xi_0$$

in cui:

- γ_b=fattore di riduzione per la presenza della berma=0.73
- γ_f=fattore di riduzione per la scabrezza degli elementi della mantellata=0.60
- γ_b=fattore di riduzione per l'angolo di attacco dell'onda=0.97
- ξ_0=numero di Iribarren

Per la valutazione della portata tracimante è stata utilizzata la seguente relazione, sempre proposta da Van Der Meer:

$$\mu(\overline{Q}) = \sqrt{gH_s^3}\cdot\frac{0.06}{\sqrt{\tan\alpha}}\gamma_b\xi_0\exp\left[-4.7\frac{R_c}{H_s}\frac{1}{\lambda_b\lambda_f\lambda_\beta\xi_0}\right]$$

in cui, oltre ai fattori cià citati:

- tanα=pendenza equivalente che tiene conto della presenza della berma
- R_c=quota massima del coronamento dell'opera

5.1.2. Calcolo del run-down

Ai fini della verifica della profondità di imbasamento dell'opera al piede della diga, è stato valutato il livello del run-down utilizzando la seguente formula proposta da Van Der Meer:

$$\frac{R_{d2\%}}{H_s} = 2.1\sqrt{\tan\alpha} - 1.2P^{0.15} + 1.5e^{-60s_{0m}}$$

in cui:

- tanα=pendenza equivalente
- P=permeabilità della scogliera=0.4
- s_{0m}=ripidità dell'onda

5.2. Verifica idraulica

Dati di verifica:

- H_f = 2.8 m (alla profondità di imbasamento della diga l'onda di progetto è frangente)
- Quota massima del coronamento R_c = 3.5 m

Nella tabella seguente sono riportati i valori dei parametri di verifica idraulica dell'opera.

pendenza della mantellata α	1:2.5
pendenza equivalente tanα	0.3
$R_{u2\%}$	3.55 m > R_c
$R_{d2\%}$	-0.94 m
Q_{trac}	$2.99 \cdot 10^{-5}$ mc/s/m 0.0299 l/s/m

I risultati ottenuti dimostrano che esiste possibilità di tracimazione dell'opera.

Per le considerazioni inerenti la sicurezza per cose e persone si rimanda al successivo paragrafo.

5.2.1. Sicurezza dell'opera

La sicurezza dell'opera nei confronti di persone e cose è desumibile dal grafico riportato nel seguito, da cui si evince che a tergo dell'opera di difesa è possibile, in caso di forti mareggiate, il verificarsi di situazioni che, seppure non pericolose né per la stabilità dell'opera né per la sicurezza delle persone, possono causare un possibile disagio.

Pertanto, per la destinazione pubblica del terrapieno di nuova costruzione, sul quale sarà realizzata una nuova pista di pattinaggio, si sconsiglia la costruzione di manufatti quali gradinate o spogliatoi in adiacenza alla diga, e si raccomanda di prevedere il divieto di accesso al coronamento in caso di forti mareggiate. Sul terrapieno non è previsto il transito di autoveicoli.

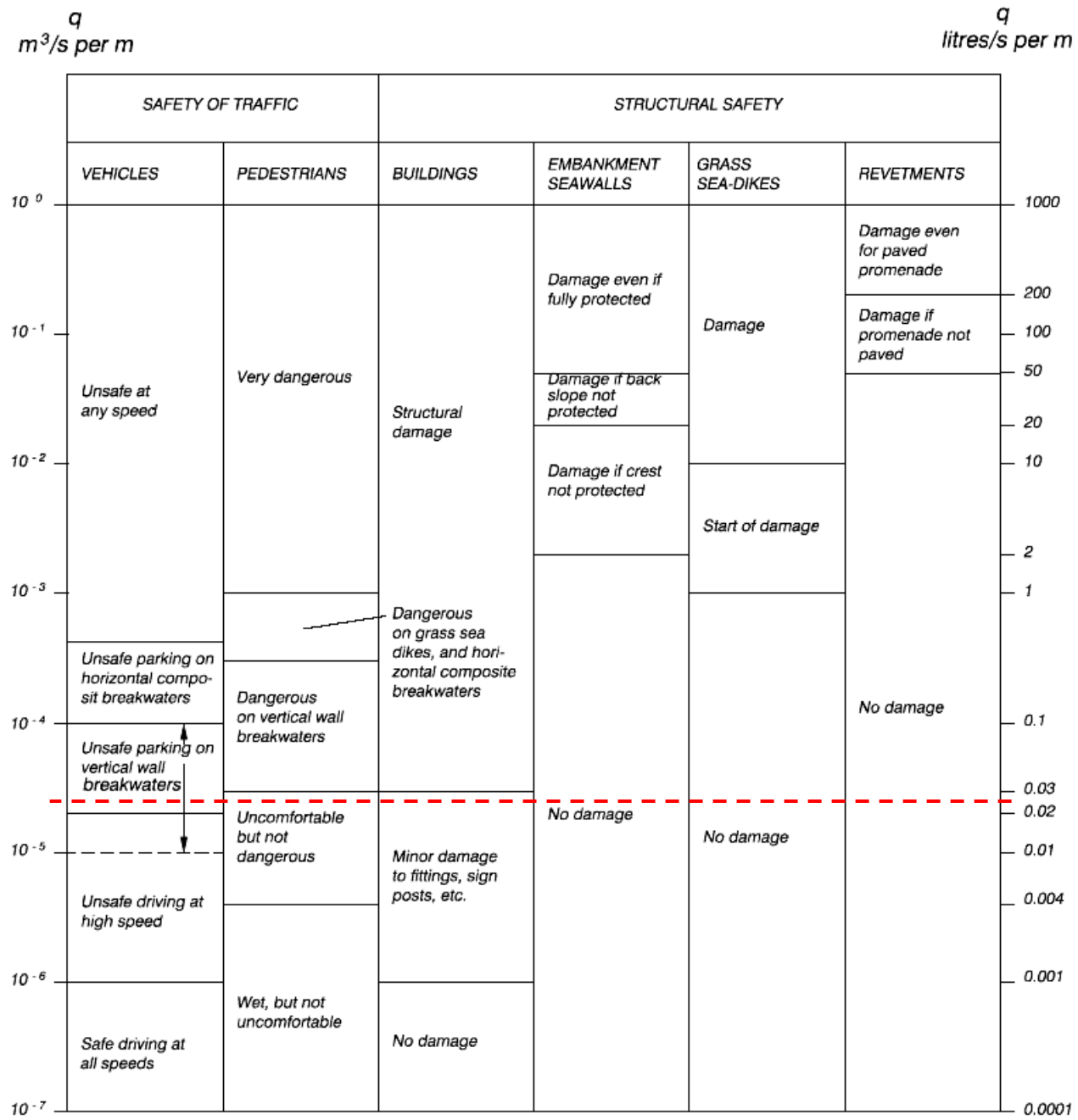


Grafico con l'indicazione dei livelli di sicurezza per persone e cose in funzione della portata media tracimante