



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA ED
AMBIENTALE**



Corso di Laurea in Ingegneria Civile ed Ambientale
Tesi di Laurea Triennale

***Progettazione di dighe a gettata:
rifiorimento della diga di Camogli***

RELATORE:
Prof. Ing. Giovanni Besio

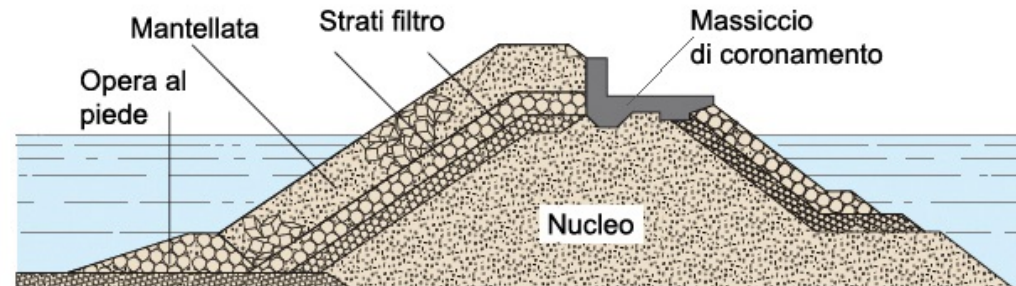
CANDIDATO:
Ruben Davide Rovetta

INTRODUZIONE

Una diga foranea è un'opera marittima con lo scopo di difendere il porto dall'azione del moto ondoso.

Dighe a gettata

Dighe a parete verticale



TEMI

- ↳ Progettazione del rifiorimento della diga a gettata del porto di Camogli
 - ↳ Studio degli stati di mare attraverso l'analisi dei dati d'onda;
 - ↳ Determinazione dell'onda di progetto;
 - ↳ Dimensionamento e confronto dei massi utilizzabili per il rifiorimento;
- ↳ Creazione di "myDiga", un'applicazione desktop in grado di dimensionare i vari tipi di masso e i vari parametri inerenti alla mantellata.

DICCA Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA

Scegli quale metodo utilizzare


Van der Meer - Massi Naturali


Van der Meer - Massi Artificiali

ANALISI ONDE


METODI DI PREVISIONE A LUNGO TERMINE

Metodo P.O.T. modificato da Goda

 vengono scelti i dati da prendere in esame, considerando solo le mareggiate con stati di mare con un'altezza d'onda caratteristica superiore a una certa soglia, imposta dal progettista;

 viene eseguita un'analisi settoriale suddividendo gli eventi ondosi in idonei settori di provenienza.

Adattabilità e stima del tempo di ritorno

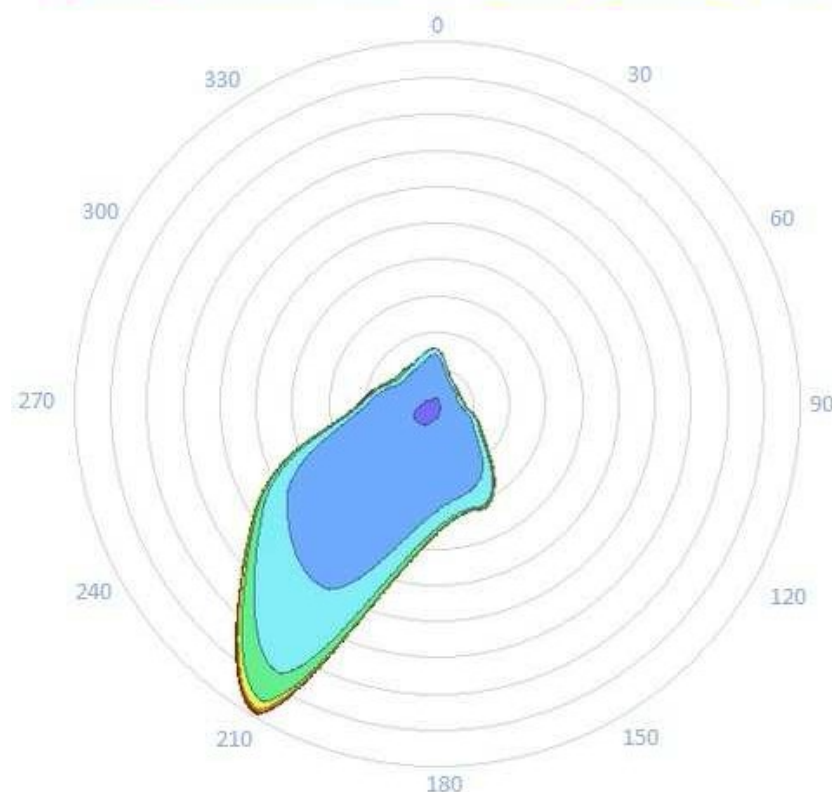
 una volta individuata la distribuzione che meglio rappresenta il campione e calcolati i parametri necessari, è possibile stimare l'altezza d'onda significativa con assegnato tempo di ritorno T_r

ANALISI ONDE

METODI DI PREVISIONE A LUNGO TERMINE

↳ Metodo P.O.T. modificato da Goda

■ >5 m ■ 4-5 m ■ 3-4 m ■ 2-3 m ■ 1-2 m ■ 0.25-1 m ■ <0.25 m



Dati di mare di riferimento sono stati forniti dal Professor Besio tramite la ricostruzione con modelli numerici a partire dai dati di vento disponibili nel bacino del Mediterraneo.

Dati di mare:

dal 1 Gennaio 1979 → circa 35 anni
al 30 Giugno 2014

L'altezza di soglia H_{0Goda} è stata scelta equiparandola al quantile $q_a = 0.995$ del campione delle altezze d'onda registrate.

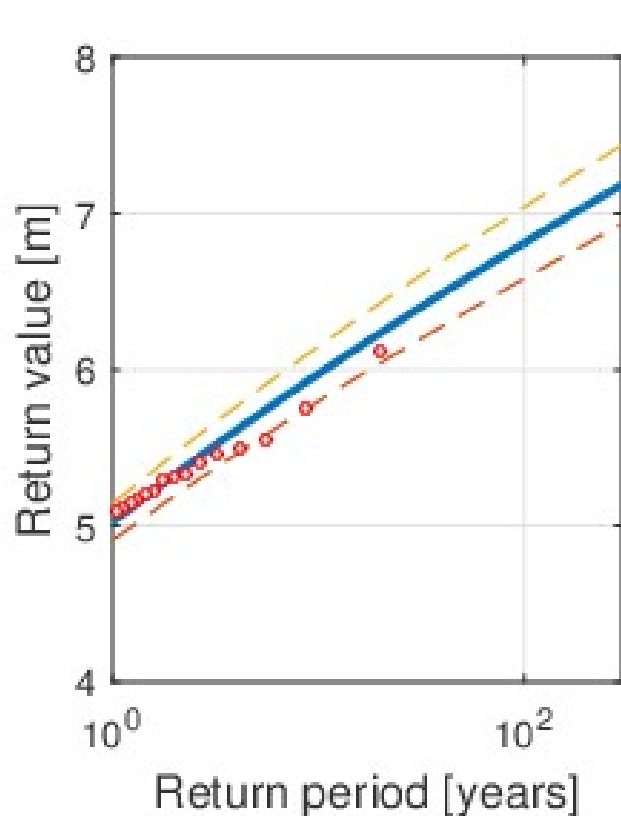
$$H_{0Goda} = 3.05 \text{ m}$$

ANALISI ONDE

METODI DI PREVISIONE A LUNGO TERMINE

↳ Adattabilità e stima del tempo di ritorno

210° N; Settore: Libeccio; Distribuzione: Weibull; k = 1.4



Tempo di ritorno dell'evento di progetto

$$T_{rp} = \frac{T_v}{-\ln(1 - P_f)}$$

$T_v =$ Vita utile dell'opera = 25 anni

$P_f =$ Probabilità di danneggiamento = 0.4 incipiente

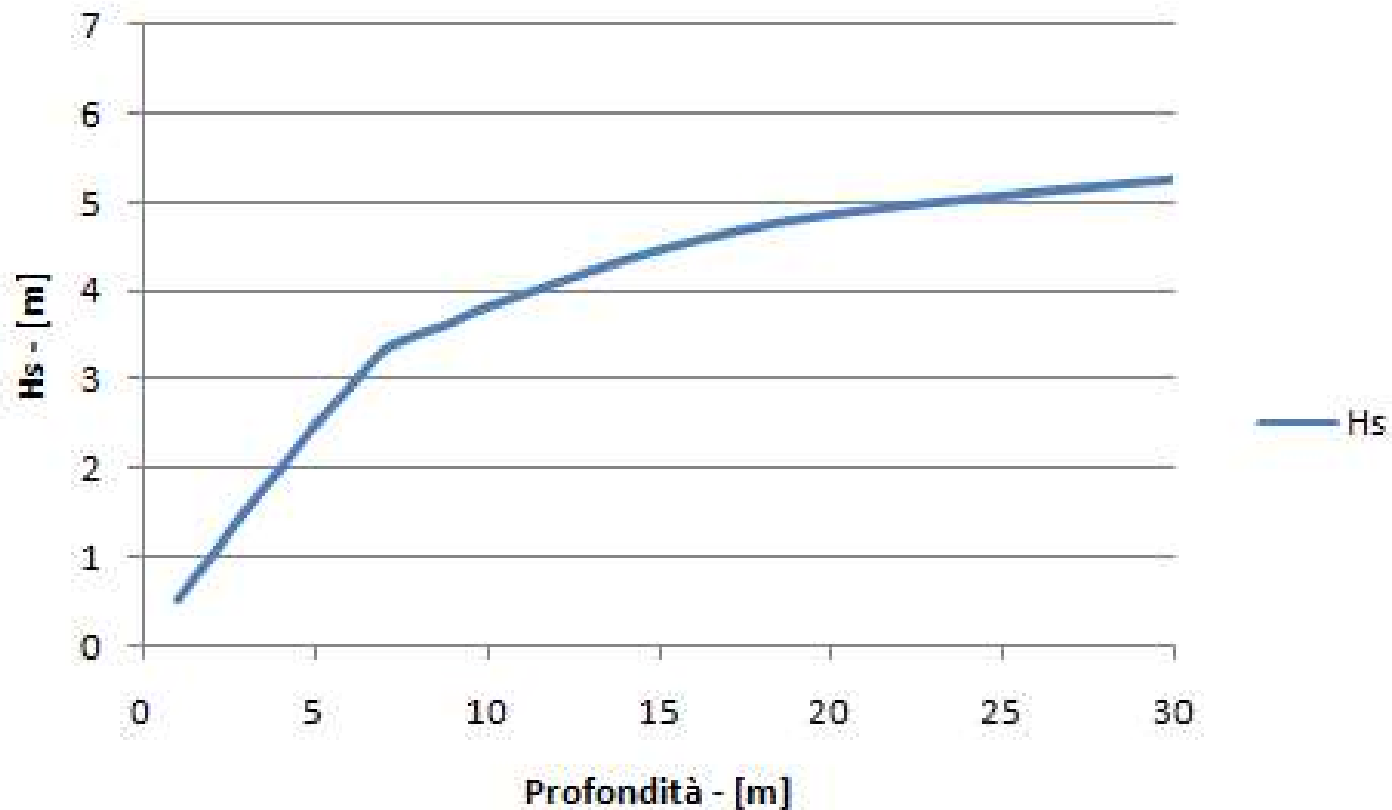
↳ $T_{rp} = 50$ anni

T_r [anni]	H_s [m]	T_p [s]
1	5.02	9.8
10	5.97	10.9
20	6.23	11.2
25	6.32	11.3
50	6.57	11.6
70	6.69	11.8
100	6.81	11.9
200	7.05	12.1

ANALISI ONDE

PROPAGAZIONE DAL LARGO VERSO RIVA

↳ Nella propagazione dal largo verso acque meno profonde le onde subiscono delle trasformazioni dovute all'effetto del fondale e a frangimenti parziali.



ONDA DI PROGETTO

Altezza d'onda significativa di progetto

$$\hookrightarrow H_s = 3.80 \text{ m} \leftarrow$$

Periodo di picco di progetto

$$\hookrightarrow T_p = 11.6 \text{ s}$$

Periodo significativo di progetto

$$\hookrightarrow T_s = 0.9T_p = 10.4 \text{ s}$$

Periodo medio di progetto

$$\hookrightarrow T_m = T_s/1.2 = 8.7 \text{ s} \leftarrow$$

DIMENSIONAMENTO CON MYDIGA – MASSI NATURALI

RELAZIONI DI VAN DER MEER PER MASSI NATURALI

Lunghezza d'onda a profondità infinita $L_{0m} = \frac{gT_m^2}{2\pi}$

Ripidità fittizia $s_m = \frac{H_s}{L_{0m}}$

Numero di Iribarren $\xi_m = s_m^{-0.5} \tan \alpha$

Numero di Iribarren critico $\xi_{mc} = [6.2P^{0.31} (\tan \alpha)^{0.5}]^{\frac{1}{P+0.5}}$

```
def lungh_prof_inf(self,Tm):  
    self.L0m=(self.g*Tm*Tm)/(2*self.pi)  
    return fformat.fix(self.L0m,3)
```

```
def ripidita_fittizia(self,Hs):  
    self.sm=Hs/self.L0m  
    return fformat.fix(self.sm,3)
```

```
def num_irrib(self,alfa):  
    b=1./alfa  
    self.epsm=(self.sm**-0.5)*b  
    return fformat.fix(self.epsm,3)
```

```
def num_irrib_cr(self,P,alfa):  
    b=1./alfa  
    self.epsmcr=(6.2*(P**0.31)*(b**0.5))**(1./(P+0.5))  
    return fformat.fix(self.epsmcr,3)
```

DIMENSIONAMENTO CON MYDIGA – MASSI NATURALI

RELAZIONI DI VAN DER MEER PER MASSI NATURALI



Relazioni di Van der Meer

$$\frac{H_D}{\Delta D_{n50}} = 6.2p^{0.18} \cdot \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^{-0.5} \quad \text{Plunging}$$



$$\frac{H_D}{\Delta D_{n50}} = 1.0p^{0.13} \cdot \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^P \quad \text{Surging}$$

```
def diametro_parziale(self,P,S,N):
    if self.flag1=="Frangimento di tipo Plunging":
        self.rapporto1=((6.2*(P**0.18))*((S/(N**0.5))**0.2)*self.epsm**-0.5)
        return fpformat.fix(self.rapporto1,3)
    else:
        cotangalfa=self.alfa
        self.rapporto1=(1*(P**-0.13)*((S/(N**0.5))**0.2)*(self.epsm**P)*cotangalfa**0.5)
        return fpformat.fix(self.rapporto1,3)
```

```
def diametro_medio(self):
    delta=((self.ros-self.roa)/self.roa)
    self.Dm50=self.Hs/(self.rapporto1*delta)
    return fpformat.fix(self.Dm50,3)
```

DICCA

Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale



Scegli quale metodo utilizzare

Van der Meer - Massi Naturali

Van der Meer - Massi Artificiali



DIMENSIONAMENTO CON MYDIGA – MASSI ARTIFICIALI

RELAZIONI DI VAN DER MEER PER MASSI ARTIFICIALI - CUBI

$$\rightarrow N_S = \frac{H_s}{\Delta D_n} = \left(6.7 \frac{N_{od}^{0.4}}{N_z^{0.3}} + 1.0 \right) s_m^{-0.1}$$

```
def Cube_diametro_medio(self):  
    delta=((self.ros-self.roa)/self.roa)  
    self.Dm50=self.Hs/(self.Nscube*delta)  
    return fformat.fix(self.Dm50,3)
```

```
def Cube_ene_esse(self,N,Tm,Hs):  
    self.Lom=self.lungh_prof_inf(Tm)  
    self.sm=self.ripidita_fittizia(Hs)  
    self.Nscube((((6.7*(self.Nodcube**0.4))/(N**0.3))+1)*(self.sm**(-0.1)))  
    return fformat.fix(self.Nscube,3)
```



DICCA

Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale



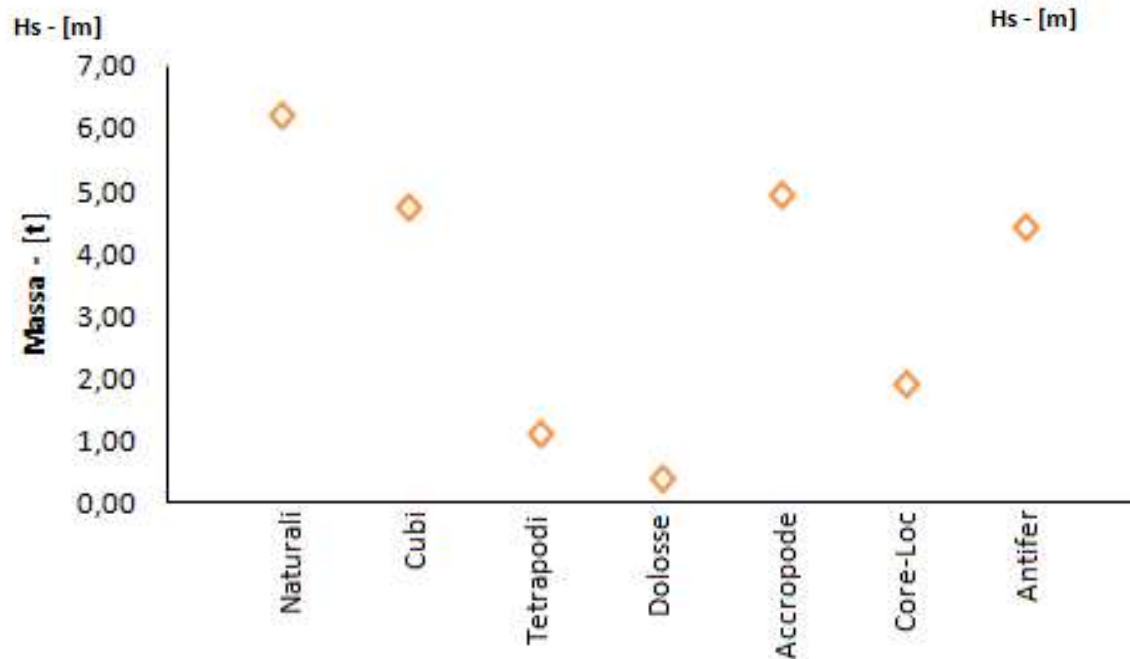
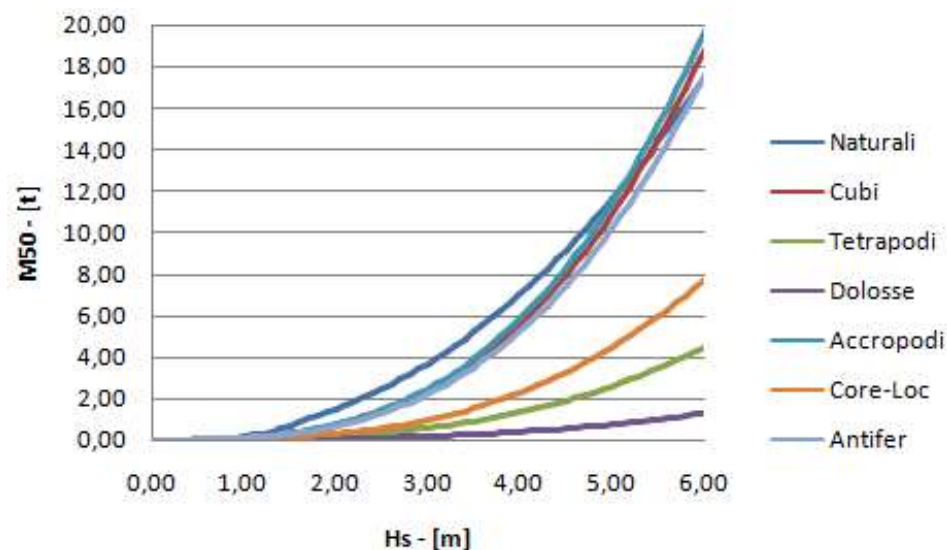
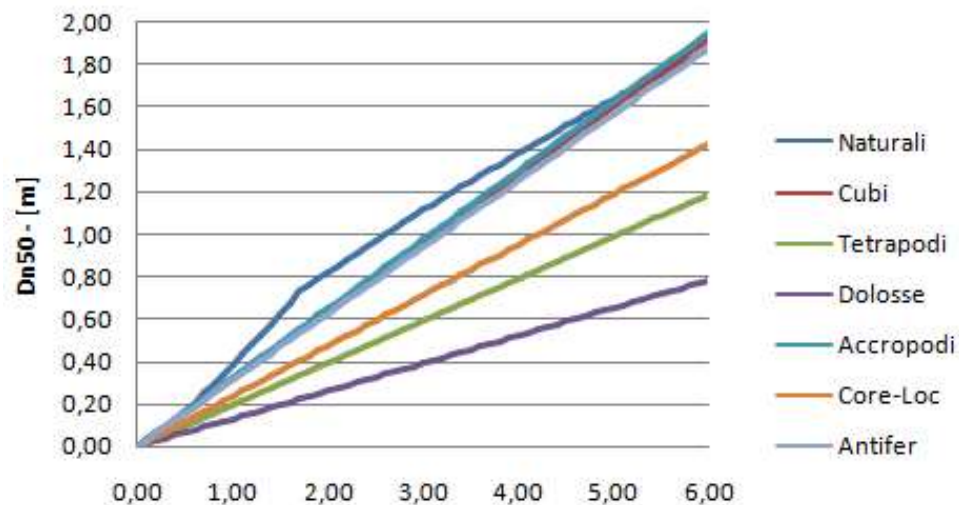
Scegli quale metodo utilizzare

Van der Meer - Massi Naturali

Van der Meer - Massi Artificiali



CONFRONTO MASSI



CONFRONTO MASSI

Masso	D_{n50} [m]	M_{50} [t]	N	Costo Materiale [€]
Naturale	1.358	6.506	4637	892 049
Cubo	1.199	3.964	5262	1 543 976
Tetrapodo	0.744	0.945	12215	855 538
Dolos	0.489	0.269	22935	456 177
Accropode	1.218	4.153	2794	858 288
Core-Loc	0.890	1.622	8576	1 027 835
Antifer - Uniformi	1.173	3.708	2859	784 452

CONCLUSIONI

↳ I massi da preferire per il rifiorimento della diga di Camogli sono quelli naturali.

I massi artificiali hanno delle problematiche di gestione:

↳ la realizzazione dei massi artificiali richiede un lavoro maggiore, facendo aumentare i costi rispetto ai massi naturali;

↳ la posa dei massi artificiali deve essere molto precisa per sfruttare l'interlocking tra un masso e l'altro;

↳ il rifiorimento si appoggia su una mantellata già esistente di massi naturali. I massi artificiali potrebbero rompersi per via della loro minor resistenza.

↳ myDiga sarà sviluppato in due direzioni:

↳ implementare un'analisi delle onde estreme;

↳ calcolo di ulteriori dati per la diga come il dimensionamento dell'opera al piede, il massiccio di coronamento e la risposta idraulica.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE