



C.U.G.R.I.
Consorzio inter-Universitario per la Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi
University Consortium for Research on Great Hazards
University of Salerno – “Federico II” University of Naples
www.cugri.it



“TEMPESTE ESTREME”

Aspetti tecnici, gestionali ed assicurativi



Carichi ambientali estremi per strutture navali e marine

Enrico Rizzuto

(Università di Genova)

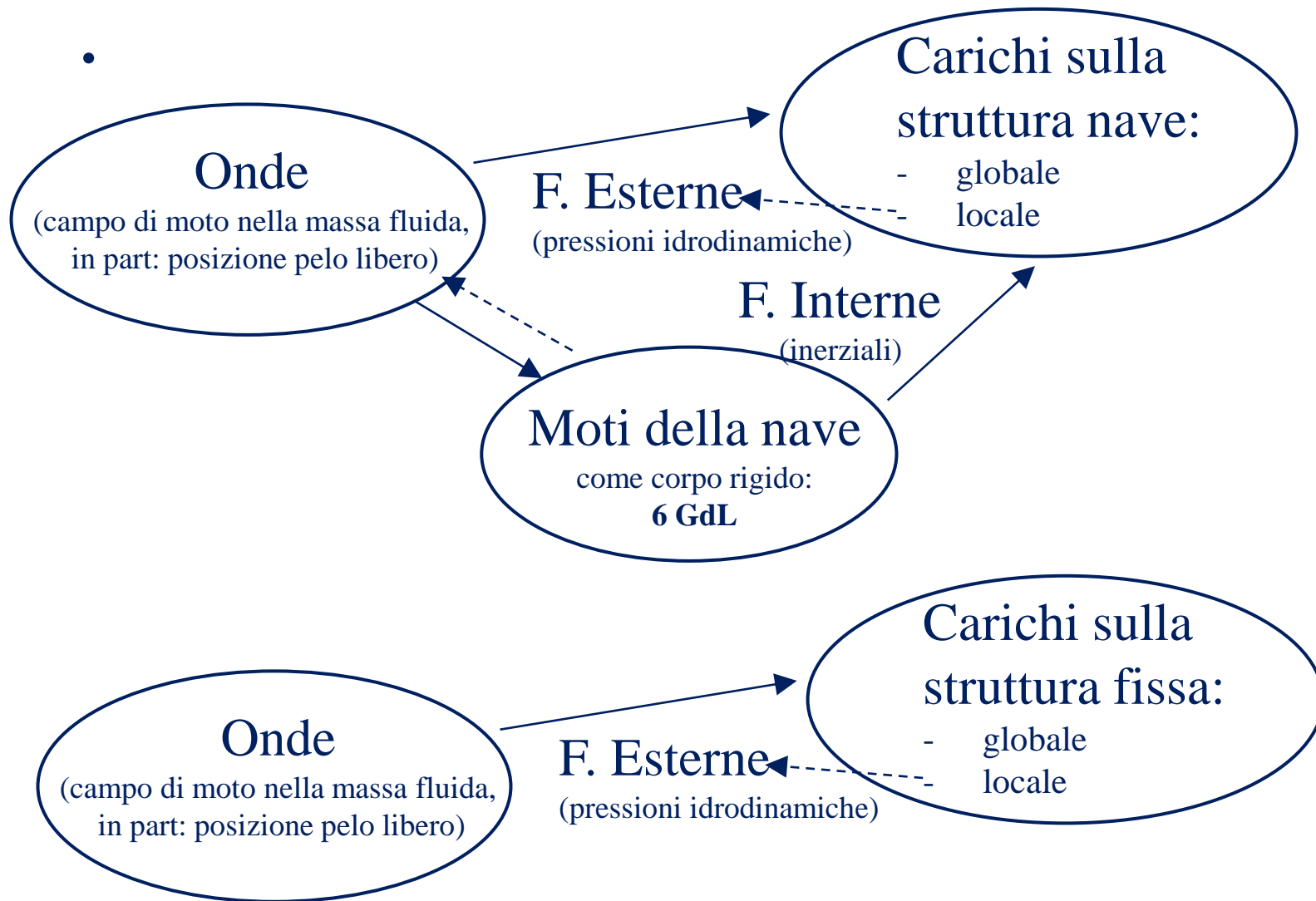
**Seminario Telematico nel quadro della Genoa Shipping Week
tenuto Martedì 5 Ottobre 2021 - Ore 15.00
sulla Piattaforma dell'Ordine degli Ingegneri di Genova**



DITEN

Department of Electrical, Electronic, Telecommunications Engineering and Naval Architecture
Polytechnic School, University of Genoa

Azioni dell'ambiente mare (onde)



DITEN

Department of Electrical, Electronic, Telecommunications Engineering and Naval Architecture
Polytechnic School, University of Genoa

Caratterizzaz. standard dell'ambiente mare (onde)

- **Caratterizzazione statistica di Breve Termine (1 periodo di stazionarietà)**
Parametri (correlati tra loro):
 - Altezza significativa
 - Periodo medio
 - Direzione prevalente, distribuzione dell'energia attorno alla dir. prevalente
 - Durata (valore tipico 3 h)
- **Caratterizzazione statistica di Lungo Termine**
(media pesata dei diversi possibili tipi di periodi di stazionarietà).
 - Riferimento temporale: nave 25 anni, piattaforme 100 a.)
- **Caratterizzazione in episodi ondosi**
 - Navi: onda di progetto che riproduce il valore di una risposta estrema sui 25 anni)
 - Piattaforme: onda estrema (100 anni, per alcune verifiche: 10.000 anni)

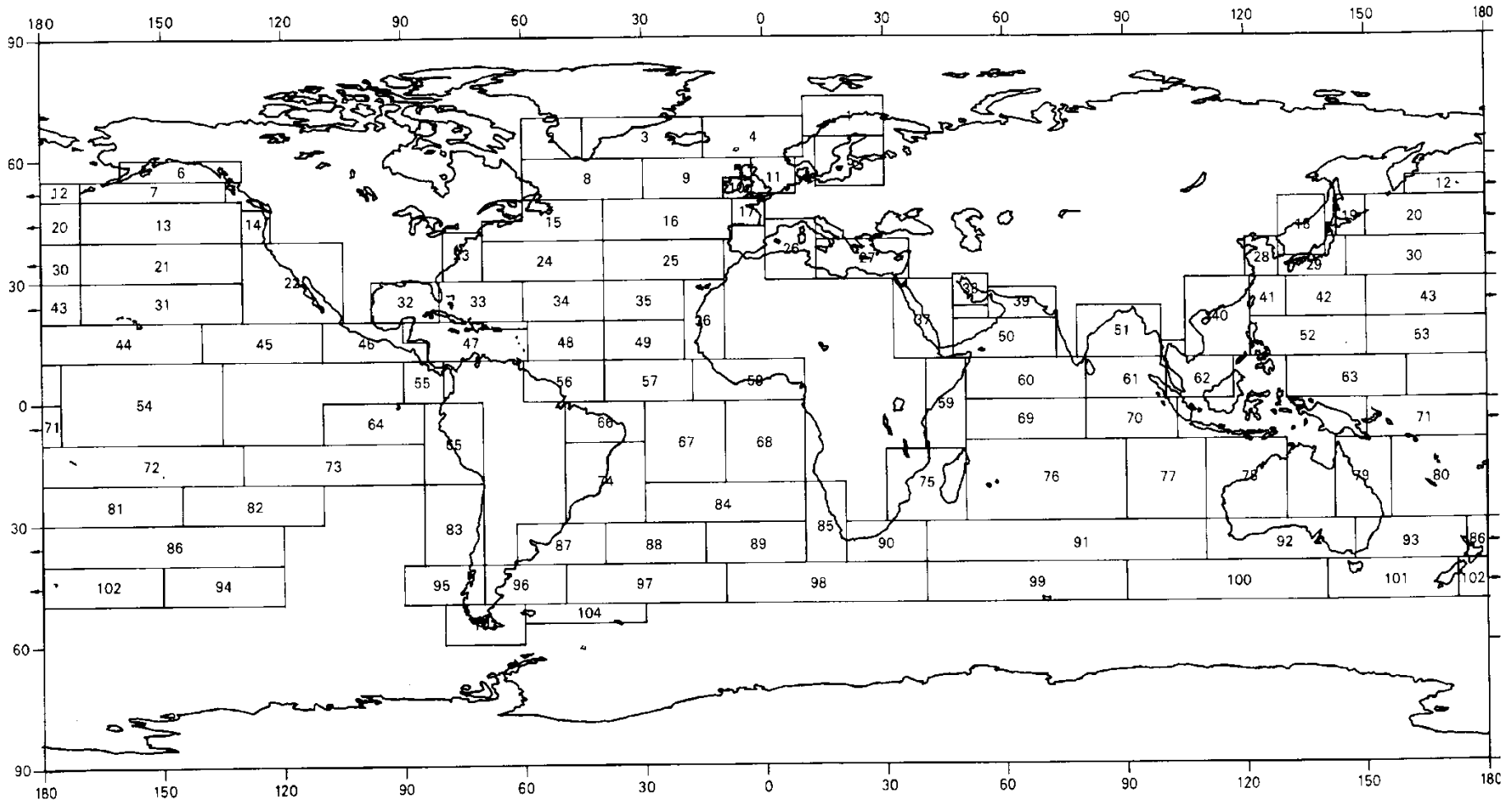


DITEN

Department of Electrical, Electronic, Telecommunications Engineering and Naval Architecture
Polytechnic School, University of Genoa

Previsioni di LT

Zone di mare (Global Wave Statistics, 1996)

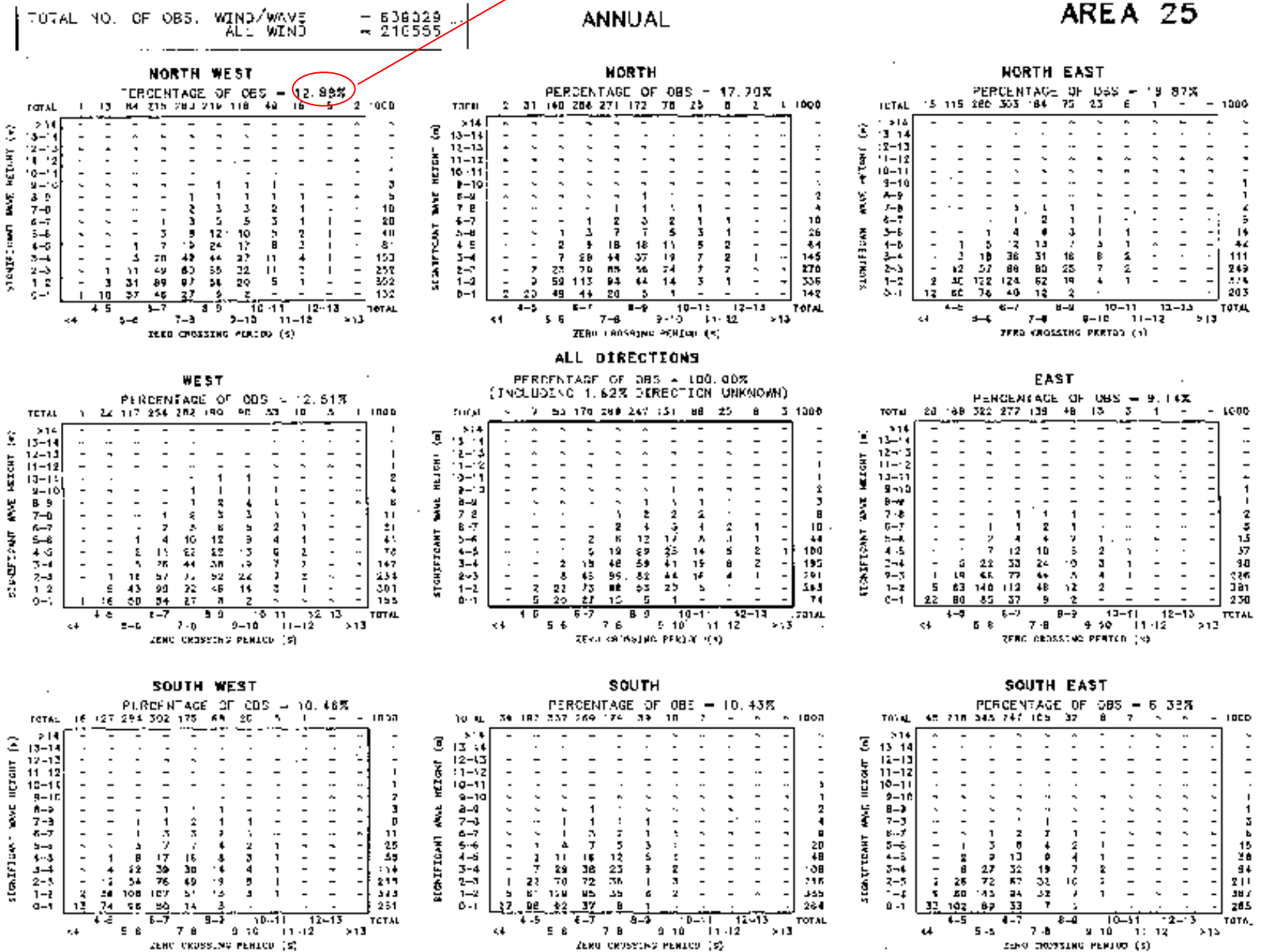


DITEN

Department of Electrical, Electronic, Telecommunications Engineering and Naval Architecture
Polytechnic School, University of Genoa

Scatter diagrams

Probability associated to direction NW in area 25



Scenari accidentali per verifiche strutturali (Off-Shore)

Le **azioni di tipo ambientale** per piattaforme off-shore sono incluse per lo più in **verifiche standard** basate su stati limite di esercizio, stati limite ultimi o di fatica, basate su **onde con tempi di ritorno di 100 anni**,

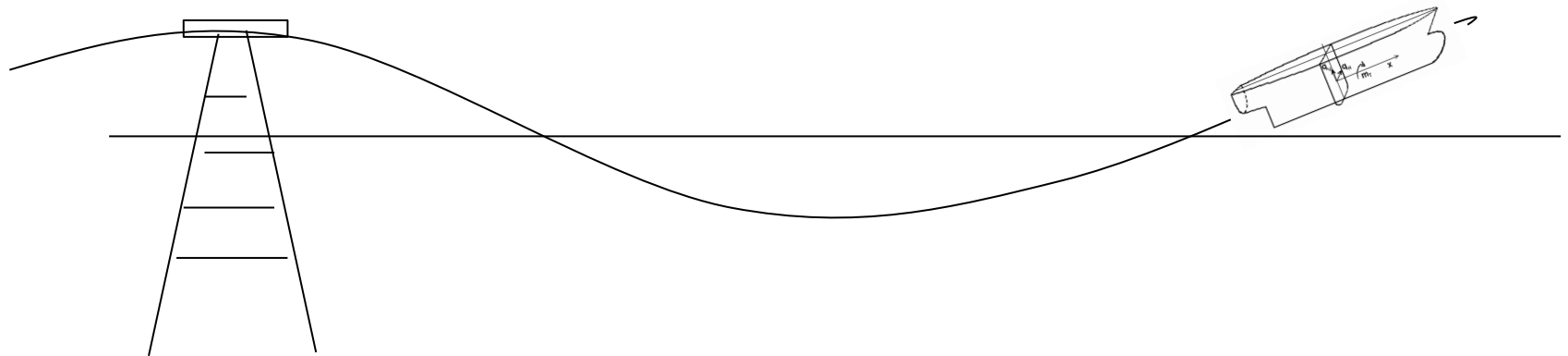
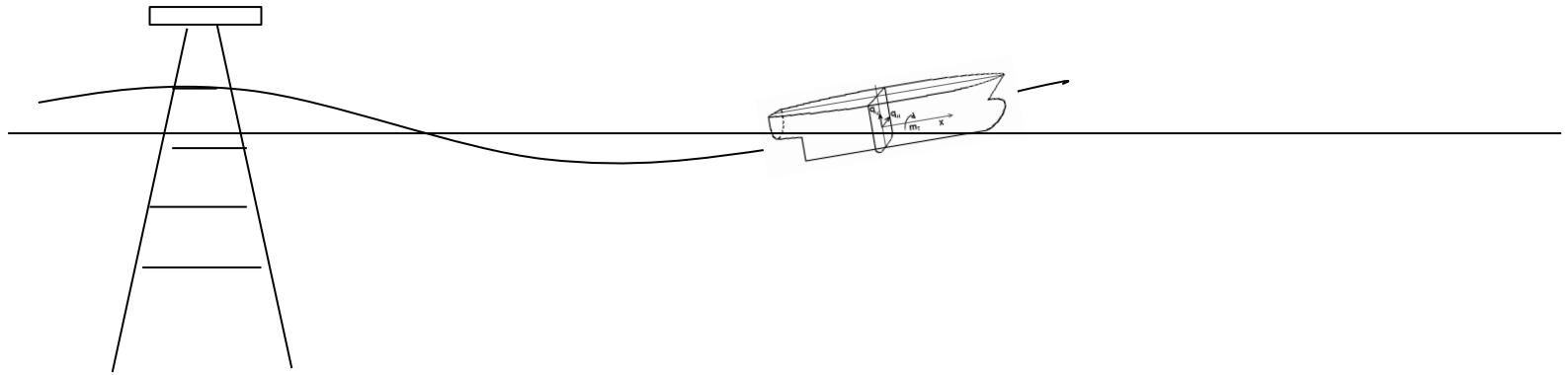
Esiste però un'ulteriore categoria di **scenari cd 'accidentali'**, dove accanto ad eventi come incendio, esplosione, collisione figurano i cosiddetti **eventi ambientali anomali**, nell'ambito dei quali in particolare si fa riferimento ad onde con **periodo di ritorno di 10.000 anni** (estrapolazione)

Queste verifiche sono in una categoria diversa perché gli eventi richiedono, per la valutazione degli effetti, **modelli più complessi** di quelli utilizzabili per le altre verifiche a carichi ambientali (per es: per la cinematica delle particelle interne all'onda in prossimità della cresta). Modelli **di 2° ordine e superiori** vengono utilizzati in fase di valutazione degli effetti dell'onda.

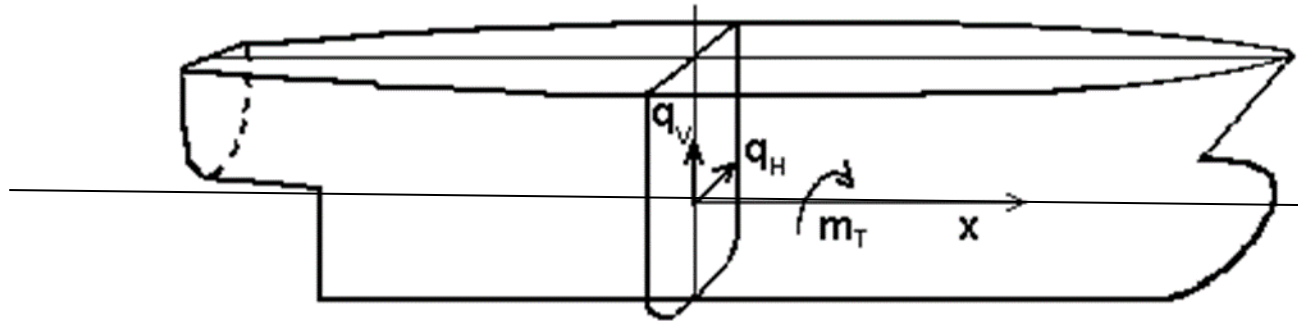
E' interessante notare che per le navi non esiste una equivalente categoria di azioni/effetti di tipo ambientale 'accidentali'. Questo è correlato al tipo di risposta diversa di un galleggiante rispetto ad una struttura fissa.



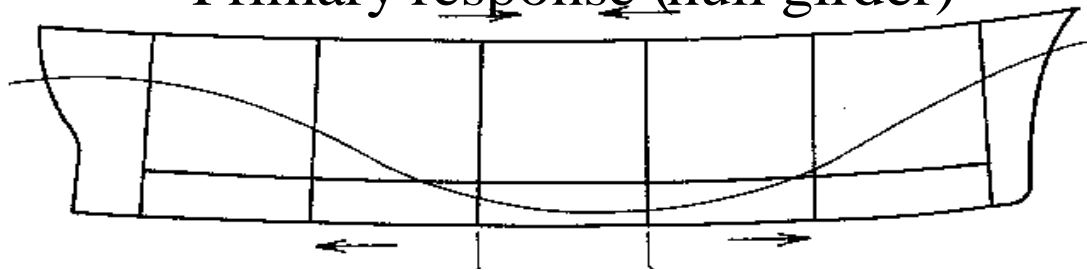
Diversa influenza dell'altezza d'onda su carichi e risposta di strutture galleggianti e fisse



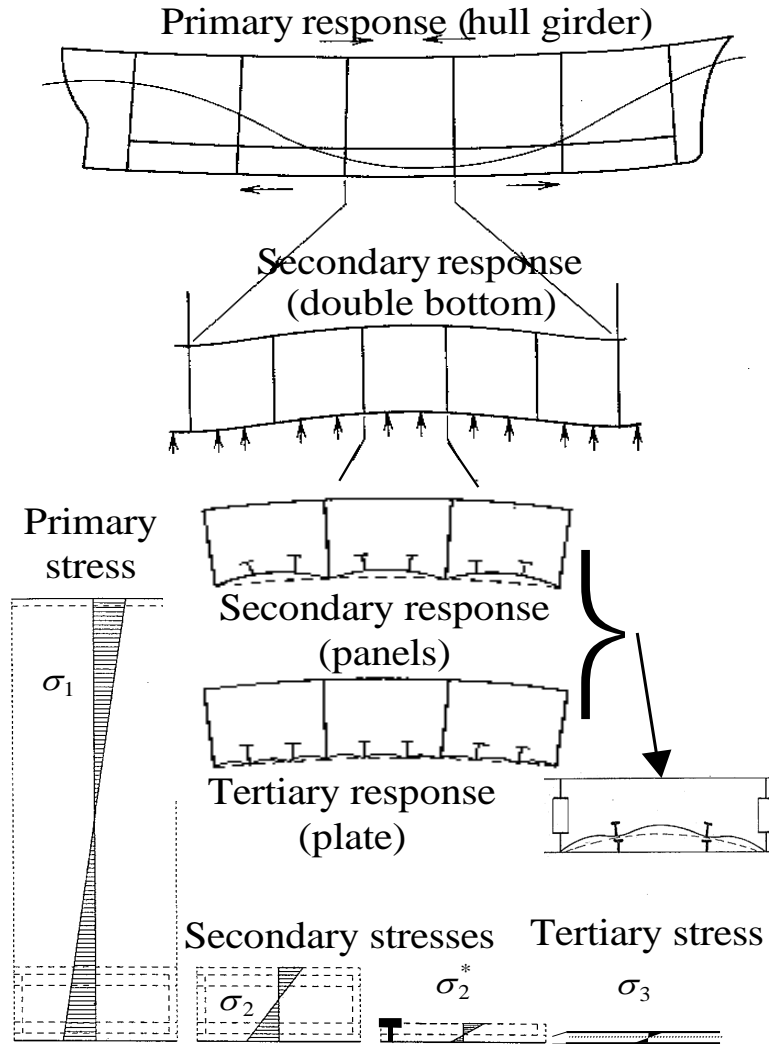
Trave nave e carichi globali



Primary response (hull girder)



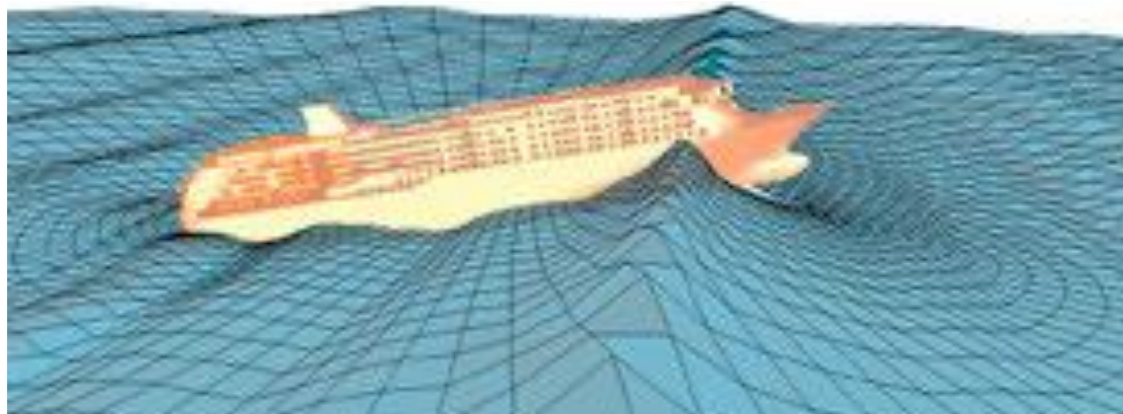
Carichi globali e locali



Risposta della nave (rigida) in mare ondosso

Modelli numerici

- A potenziale 2D e 3D (lineari dominio tempo o frequenza/ non lineari (T))
- Modelli viscosi



Risultati

- **Moti**
- **Carichi globali (Trave Nave): Flessione longitudinale, Torsione**
- **Carichi locali esterni (es: pressioni idrodinamiche locali)
ed inerziali (es: rizzaggio contenitori in coperta)**



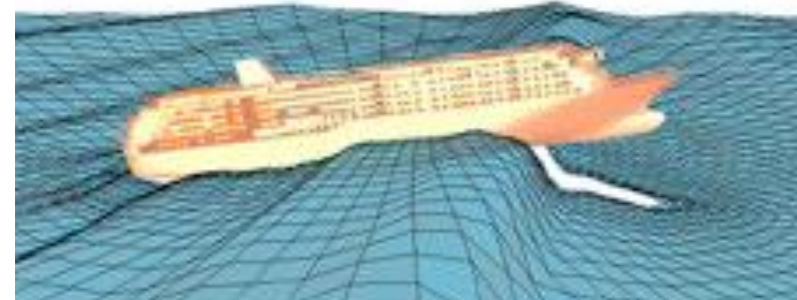
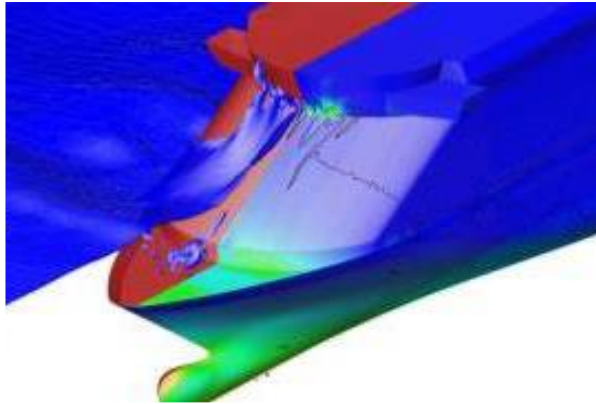
DITEN

Department of Electrical, Electronic, Telecommunications Engineering and Naval Architecture
Polytechnic School, University of Genoa

Carichi locali d'onda (simulazioni CFD)

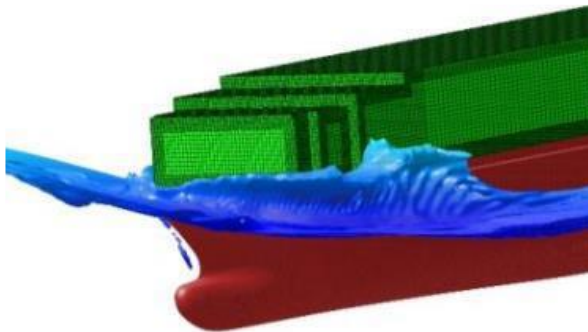
Modellazione non lineare dei moti nel fluido

- **Acqua in coperta: sovrappressioni idrodinamiche locali**



**Slamming- Impatto sul fondo
(anche interazione fluido-struttura)**

- **Impatto su murate a prora**



DITEN

Department of Electrical, Electronic, Telecommunications Engineering and Naval Architecture
Polytechnic School, University of Genoa

Caratterizzazione dell'ambiente mare approfondimenti

Onde anomale: rogue (freak, abnormal) waves

Le onde anomale sono sempre esistite, ma indagini a partire dal 2000 su onde anomale rilevate con vari sistemi: radars, lasers, sensori di livello, boe ondometriche,...).

Definizioni: $H_{max}/H_s > 2$ e/o $C_{max}/H_s > 1.2$ (opp. 1.25 opp. 1.3)

Esempi 'famosi' di onde misurate:

- *New Year wave (1/1/1995- Piattaforma Draupner)*
- *Andrea w. (8/11/2007 - Ekofisk field durante la tempesta 'Andrea')*

Wave parameters	Andrea wave	Draupner wave
H_s	9.2 m	11.9 m
T_p	13.2 s	14.4 s
C_{max}	15.0 m	18.5 m
H_{max}	21.1 m	25.0 m
C_{max}/H_s	1.63	1.55
H_{max}/H_s	2.3	2.1



DITEN

Department of Electrical, Electronic, Telecommunications Engineering and Naval Architecture
Polytechnic School, University of Genoa

Caratterizzazione dell'ambiente mare (cont)

Meccanismi di generazione / previsione di onde anomale

- **Focalizzazione spaziale** (rifrazione di onde per cambio di batimetria o presenza di corrente)
- **Focalizzazione temporale** (treni d'onda con direzioni anche diverse si sommano in un dato istante)
- **Focalizzazione non-lineare:** interazione e scambi di energia tra frequenze componenti dovuti a instabilità di modulazione (*modulational instability*), con effetto sulla distribuzione di probabilità delle caratteristiche d'onda

In sintesi:

Le previsioni 'standard' con modelli lineari basati su processi gaussiani stazionari ergodici a media nulla (e banda stretta) possono prevedere onde 'anomale', ma l'applicazione di modelli non-lineari (II ordine) porta a probabilità di occorrenza generalmente superiori.

Più difficile è la valutazione dell'impatto di modelli di ordine superiore.



DITEN

Department of Electrical, Electronic, Telecommunications Engineering and Naval Architecture
Polytechnic School, University of Genoa

Evoluzione dei requisiti prescrittivi in campo Off-Shore

NORSOK (2017). Per la verifica dell'air gap tra superficie ondosa e ponte, richiesto un valore del 110% dell'onda dei 10.000 anni del 2° ordine (+ marea + variazione di livello medio del mare per tempesta).

Nella stessa norma, si cita l'aumento dei valori caratteristici per i parametri meteomarini di riferimento dovuto ai **cambiamenti climatici in corso**

- altezza d'onda estrema: **+4%**
- velocità del vento estreme **+4%**
- livello del mare: **+0.25 m**

Si può concludere che in campo **Off-Shore** è in atto un **trend di aumento dei requisiti**, in parte dovuto ad una **maggiore considerazione degli eventi estremi**, in parte **ai cambiamenti climatici**.

In campo navale, questo processo di revisione **non ha ancora portato a definire se e quali modelli di onde o effetti d'onda** e quali valori debbano essere utilizzati per una revisione sistematica dei regolamenti (esistono coefficienti di sicurezza impliciti che dovrebbero essere rimodulati)

