

REGIONE SICILIANA

ASSESSORATO DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITA'
DIPARTIMENTO DELLE INFRASTRUTTURE DELLA MOBILITA' E DEI TRASPORTI

ISOLA DI SALINA (MESSINA)

COMUNE DI MALFA

LAVORI DI RIQUALIFICA E DI ADEGUAMENTO DELLE OPERE FORANEE, DELLE BANCHINE, DELLO SCALO DI ALAGGIO E DEI FONDALI DELL' APPRODO DI SCALO GALERA

Progetto Definitivo:

Approvato in linea tecnica in Conferenza Speciale di Servizi Ufficio del Genio Civile di Messina in data 21.07.2004

Progetto Esecutivo 1° stralcio funzionale:

Approvato in linea tecnica in Conferenza Speciale di Servizi del Genio Civile di Messina in data 20.12.2006 dell'importo complessivo di € 4.800.000,00

Progetto Esecutivo 1° stralcio di completamento:

A seguito di rescissione contrattuale ed approvazione Perizia di riparazione danni di forza maggiore di variante in diminuzione in Conferenza Speciale di Servizi del Genio Civile di Messina in data 07 marzo-26 marzo 2013 dell'importo complessivo di € 1.612.247,45

Progetto Esecutivo stralcio di completamento:

Approvato in linea tecnica in Conferenza Speciale di Servizi del Genio Civile di Messina in data 19.07.2017 dell'importo complessivo di € 13.700.00,00



PROGETTO ESECUTIVO DI RIUNIONE ED AGGIORNAMENTO DEI LAVORI DEL 1° STRALCIO E DI QUELLO DI COMPLETAMENTO

REV.	DATA	EMISSIONE	RED.	VER.	APPR.
0	27/06/19	PRIMA EMISSIONE	SOGREAH	F.GIORDANO	F.GIORDANO
1					
2					
CODICE PROGETTO 1 9 0 1		ELABORATO: All. 7.2	REV. A	SCALA: -	

Prove su modello fisico (anno 2000)

IL R.U.P.:

Geom. Arturo Ciampi
4° Settore Tecnico Lavori Pubblici



DINAMECA S.r.l.
PROGETTO VERIFICATO



IL SUPPORTO ESTERNO AL R.U.P.:

Ing. Salvatore Perillo

IL PROGETTISTA:

Ing. Francesco Giordano
ingfrancescogiordano@gmail.com



COLLABORAZIONE:

Sigma Ingegneria S.r.l.
sigmaingsrl@gmail.com

IL SINDACO:

Dott.ssa Clara Rametta

REGIONE SICILIANA

UFFICIO DEL GENIO CIVILE - MESSINA

Visto: Si esprime parere favorevole in linea tecnica ai sensi dell'art. 12 del R.C.N. e con riferimento alla nota di pari data e numero di protocollo.

N. 22829

Messina, 15 NOV 2019

L'INGEGNERE CAPO
Ing. Antonino Platania



UFFICIO DEL GENIO CIVILE

MESSINA

Il presente progetto
è stato approvato
sismica.
subordi-
nato all'Art. 17
del D.Lgs. n. 1974
del 1974

15 NOV. 2019

Messina

N. 22829

L'INGEGNERE CAPO
Ing. Antonino Platania



Regione Siciliana
Assessorato delle Infrastrutture e della Mobilità
Dipartimento Regionale Tecnico
COMMISSIONE REGIONALE DEI LAVORI PUBBLICI
Legge regionale 12 luglio 2011, n. 12 art.5, comma 12
Copia conforme all'elaborato esaminato nelle sedute
del 04 Dicembre 2019 e 17 Dicembre 2019

Parere n° 128

Il Relatore: Ing. Antonino Platania
(Ing. Capo Ufficio del Genio Civile di Messina)



ITALIA

COMUNE DI MALFA
(SICILIA)

PROVE SU MODELLO FISICO
DELLA DIGA DEL PORTO DI MALFA

RAPPORTO

LUGLIO 2000

71 20 25

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	1
2.	DATI DI PROGETTO.....	2
2.1.	IL SITO.....	2
2.2.	CONDIZIONI BATIMETRICHE.....	2
2.3.	CONDIZIONI GEOTECHNICHE.....	2
2.4.	CONDIZIONI IDRAULICO-MARITTIME.....	2
2.4.1.	LIVELLO DEL MARE.....	2
2.4.2.	MOTO ONDOSO.....	3
2.5.	DENSITA'.....	3
2.5.1.	CALCESTRUZZO.....	3
2.5.2.	MASSI NATURALI.....	3
3.	IL MODELLO.....	4
3.1.	IL CANALE DI PROVA.....	4
3.2.	SIMILITUDINE.....	4
3.3.	IL MODELLO FISICO.....	5
3.4.	MISURE E OSSERVAZIONI.....	6
4.	LE PROVE.....	7
4.1.	OBIETTIVO.....	7
4.2.	CRITERI.....	7
4.2.1.	STABILITÀ.....	7
4.2.2.	TRACIMAZIONE.....	7
4.3.	PROGRAMMA DI PROVE.....	8
4.4.	LE CONFIGURAZIONI ESAMINATE.....	9
4.4.1.	CONFIGURAZIONE 1.....	9
4.4.2.	CONFIGURAZIONE 2.....	10
4.4.3.	CONFIGURAZIONE 3.....	10

4.5. RISULTATI	11
4.6. COMMENTI	12
5. CONCLUSIONI.....	13
5.1. SEZIONE TIPO PROVATA SU MODELLO	13
5.2. ESTRAPOLAZIONE DEI RISULTATI AD ALTRE PARTI DELL'OPERA	13
5.2.1. TESTATA	13
5.2.2. SEZIONI A PROFONDITÀ RIDOTTA.....	13

ALLEGATO 1 : FOTOGRAFIE

ALLEGATO 2 : DISTRIBUZIONE DI PROBABILITÀ DELLE FREQUENZE E DELLE ALTEZZE
D'ONDA

oOo

1. INTRODUZIONE

Nel 1979 una violenta tempesta distrusse quasi completamente la diga del porto di Malfa, a Nord dell'isola di Salina, nell'arcipelago delle Eolie.

A seguito di tale evento, e considerando l'importanza cruciale dell'approdo per il Comune di Malfa e per tutta l'isola in generale, è stato eseguito un progetto di ricostruzione, che prevede, per la mantellata, blocchi in calcestruzzo di tipo Antifer di 16 metri cubi, posti in doppio strato (come usuale per questo tipo di blocchi).

Tale soluzione eccede l'importo di spesa attualmente disponibile per l'esecuzione dei lavori.

L'Ing. Giordano della società SIGMA s.r.l., progettista fiduciario del Comune, ha pertanto chiesto a Sogreah di studiare una soluzione alternativa che preveda l'impiego dei blocchi mono-strato di cui Sogreah è depositaria (ACCROPODE o CORELOC).

Entrambe le soluzioni consentono, rispetto ai blocchi tradizionali in doppio strato, di realizzare un notevole risparmio di calcestruzzo.

Le due soluzioni di variante sono state trasmesse alla SIGMA il 22 maggio: con lettera del 31 maggio, la SIGMA :

- ha comunicato a SOGREAH che, in accordo con il Comune, la soluzione scelta è quella con blocchi ACCROPODE,
- ha incaricato SOGREAH di eseguire per tale soluzione prove su modello fisico in canale.

Le prove si sono svolte al laboratorio della SOGREAH tra la fine di giugno e l'inizio di luglio 2000.

I risultati sono sintetizzati nel presente rapporto.

oOo

2. DATI DI PROGETTO

2.1. IL SITO

Il porto di Malfa è situato a Nord dell'Isola di Salina nelle Eolie.

La diga da ricostruire è radicata a terra ed ha una lunghezza (per la parte rettilinea, disposta più o meno secondo un asse est-ovest e interessata all'impiego di blocchi artificiali) di oltre 140 m (figura 2).

2.2. CONDIZIONI BATIMETRICHE

La diga da ricostruire è collocata su fondali fino a -12 m, estremamente acclivi (figura 1): la pendenza è compresa tra il 6 e il 18 %, sulla base del rilievo batimetrico eseguito dalla SIGMA nel maggio 2000, e trasmessoci all'inizio dello studio.

2.3. CONDIZIONI GEOTECHNICHE

Nella zona della diga i fondali sono rocciosi, costituiti da basalto.

Le caratteristiche meccaniche della roccia di fondazione non ci sono state fornite, tuttavia la SIGMA ha confermato che, a seguito di una verifica con il proprio consulente geotecnico, la trincea proposta da SOGREAH al piede dell'opera è tecnicamente fattibile.

2.4. CONDIZIONI IDRAULICO-MARITTIME

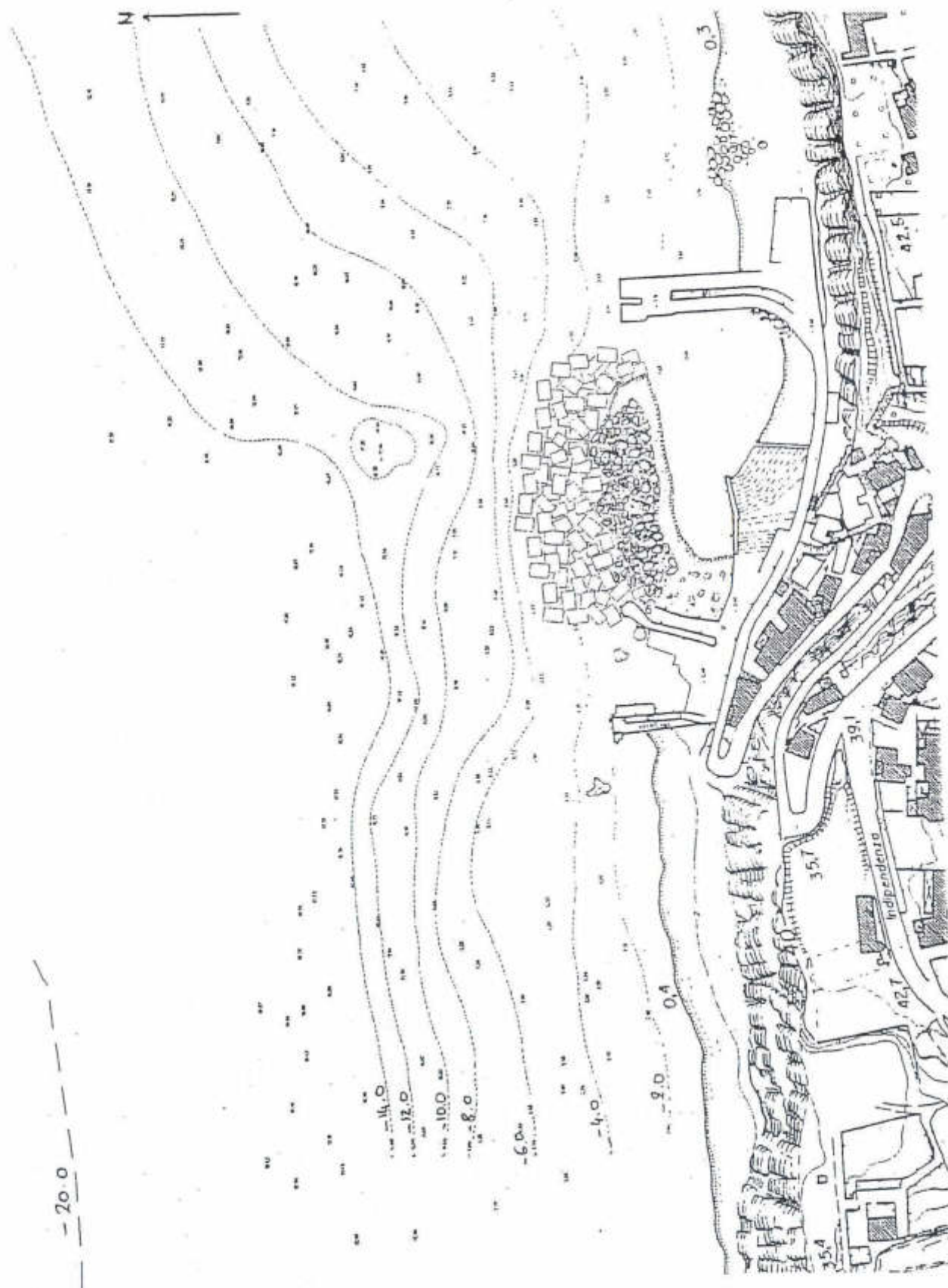
2.4.1. LIVELLO DEL MARE

Sulle coste siciliane l'escursione di marea è estremamente contenuta.

In accordo con la SIGMA, nelle prove su modello sono stati considerati i seguenti livelli:

- livello alto = + 0.30 m¹,

¹ In questo rapporto, tutti i livelli sono riferiti al livello medio del mare.



Giugno 2000

Prove su modello fisico della diga di Malfa

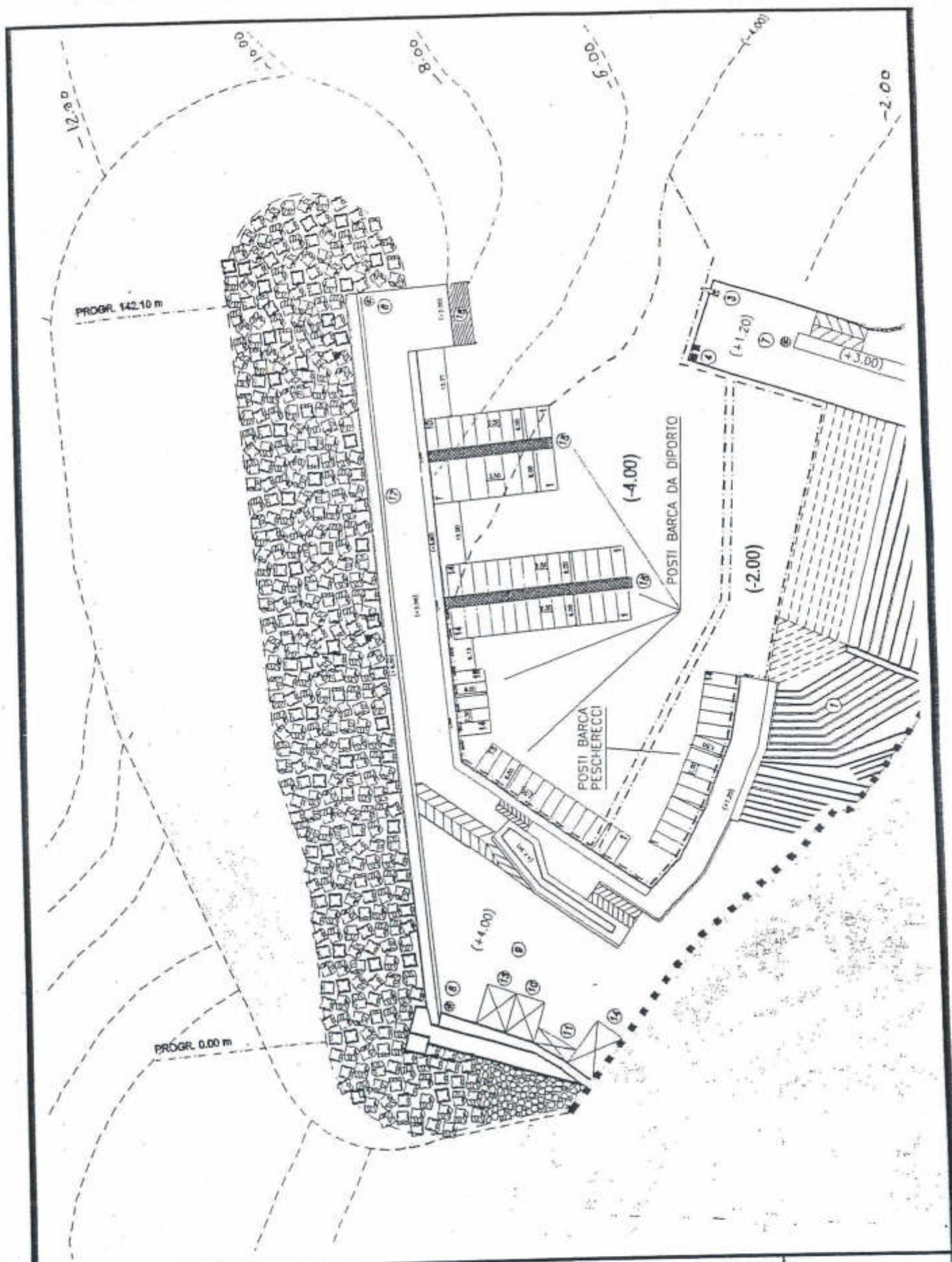
scala 1 : 2000

SOGREAH
CNR 5591

Batimetria

71 7025

Fig. 01



Giugno 2000

Prove su modello fisico della diga di Malga

71 7025

SOGREAH
S.p.A.

Piano Regolatore del porto

Fig. 02

- livello basso = - 0.30 m.

2.4.2. MOTO ONDOSONO

Le condizioni di moto ondoso sono state definite dalla SIGMA nel suo "Studio Idraulico-Marittimo", eseguito nel contesto del Piano Regolatore del porto (agosto 1998).

Il moto ondoso più rilevante proviene dal settore Nord-Ovest a Nord-Est, quindi perviene all'opera con un'incidenza sensibilmente perpendicolare.

Davanti all'opera, il moto ondoso assume le caratteristiche seguenti :

Tab. 1. Moto ondoso sottocosta

	Periodo di ritorno (anni)			
	3	5	10	30 (condizioni di progetto)
Hs (m)	3.23	4.15	5.55	8.15
Tp (s)	7.56	8.51	9.74	11.65

Nel modello tali condizioni sono state attribuite al generatore, al largo della zona di frangimento.

2.5. DENSITA'

Tali dati ci sono stati comunicati dalla SIGMA.

2.5.1. CALCESTRUZZO

La densità del calcestruzzo che può essere impiegato in sito è = 2.4 t/m³.

2.5.2. MASSI NATURALI

La densità dei massi naturali che possono essere impiegati in sito è = 2.6 t/m³.

oOo

3. IL MODELLO

3.1. IL CANALE DI PROVA

Le prove sono state effettuate in un canale a moto ondoso del laboratorio di SOGREAH (figura 3), le cui principali dimensioni sono:

- larghezza 1 m
- profondità 1,2 m
- lunghezza 40 m

Il suddetto canale è dotato di un generatore di moto ondoso irregolare costituito da :

- una pala piana, articolata attorno ad un asse orizzontale posto sotto il fondo del canale;
- un martinetto idraulico asservito in posizione su un segnale continuo di comando;
- un generatore elettronico che elabora sinteticamente il segnale di comando.

Nel caso del moto ondoso aleatorio, è possibile generare un moto ondoso che risponda a spettri energetici prefissati.

Su un lato del manufatto, il canale è munito di vetri che facilitano l'osservazione dei fenomeni.

Un complesso di reti a sacco e filtri disposti tra il generatore e la zona di prova assicura rispettivamente una buona cilindricità delle onde generate dalla pala e un importante smorzamento delle loro onde armoniche parassite.

3.2. SIMILITUDINE

La scala di riduzione geometrica (E) deve essere il più grande possibile per garantire la migliore rappresentatività dei fenomeni e la massima precisione delle misure e dei loro effetti.

In questo modello, la scala di riduzione è stata fissata a 1/59,4.

CANALE 1.0m - MALFA 2D - scala 1/59.4

DIGA

sonda n° 2

41.10 m

sonda n° 1

FONDALE

GENERATORE

Giugno 2000

DIGA DI MALFA

71 2025



CANALE DI PROVA

Fig 03

La natura inerziale dei fenomeni determinanti per lo studio dell'idraulica di questo tipo di struttura sottoposta a moto ondoso impone la scelta della similitudine di Froude.

Infatti per questo tipo di prova la natura dei principali fenomeni in gioco (propagazione di un'onda di gravità, equilibrio di corpi solidi, ecc.) suggerisce di privilegiare la rappresentazione delle forze determinanti legate alle accelerazioni (gravità ed inerzia). Per questo, è necessario che la similitudine adottata lasci invariato il numero di Froude :

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}}$$

con :

- V velocità caratteristica (velocità orbitale, celerità, ecc.)
- G accelerazione di gravità
- D dimensione caratteristica (dimensione di un blocco, livello del mare, altezza dell'onda, ecc.)

I rapporti di riduzione delle principali grandezze che caratterizzano i fenomeni durante le prove si deducono dalla relazione di invarianza del numero di Froude e dalla scelta di densità che assicurino l'invarianza del parametro di stabilità (calcolato secondo la formula di Hudson).

- Scala delle lunghezze (E) = 59,40
- Scala dei volumi (E³) = 209.584
- Scala delle velocità (E^{1/2}) = 7,70
- Scala del tempo (E^{1/2}) = 7,70

3.3. IL MODELLO FISICO

La modellazione riguarda i fondali d'approccio e l'opera allo studio.

I fondali d'approccio sono materializzati con un rivestimento di cemento liscio, dalla profondità -41 m fino al piede dell'opera. Il raccordo con il fondale del canale è di tipo parabolico progressivo.

Il fondale davanti all'opera (-12 m) corrisponde alle maggiori profondità, in quanto sono queste le condizioni più gravose (corrispondenti ad onde già frangenti per le altezze maggiori, ma per cui la dissipazione dovuta al frangimento è ancora limitata).

L'opera allo studio è stata riprodotta in tre configurazioni alternative, descritte al capitolo seguente.

I blocchi ACCROPODE e il muro di cresta sono realizzati in materiale con densità di circa 2.33 t/m^3 rappresentativo di un calcestruzzo (nella realtà da 2.40 t/m^3).

Il peso dei massi naturali e dei blocchi ACCROPODE sono stati selezionati tenendo conto della diversa densità tra l'acqua dolce del canale e l'acqua marina, assicurando l'invarianza del parametro di stabilità secondo la formula di Hudson.

3.4. MISURE E OSSERVAZIONI

Gli strumenti di misura installati nel modello comprendono (figura 3):

- due sonde per misura del moto ondoso, poste davanti al generatore (-45 m) e a -15 m,
- una vasca retrostante la diga per la misura dei volumi.

Le osservazioni eseguite direttamente da un operatore comprendono:

- Osservazione della stabilità dei blocchi e dei massi naturali,
- Numero di onde tracimanti.

oOo

4. LE PROVE

4.1. OBIETTIVO

L'obiettivo delle prove su modello è quello di identificare una sezione tipo dell'opera

- che riduca al minimo i costi di costruzione,
- che rispetti i criteri per la stabilità e la tracimazione indicati nel seguito.

4.2. CRITERI

4.2.1. STABILITÀ

La sezione è stata dimensionata per un moto ondoso con un periodo di ritorno di 30 anni.

I criteri di stabilità sono quelli standards per le dighe protette con blocchi ACCROPODE, ovvero :

- 0 % di danni per moti ondosi fino a quello di progetto ($T_r = 30$ anni),
- danni riparabili per un moto ondoso = 120 % di quello di progetto.

4.2.2. TRACIMAZIONE

I criteri per la tracimazione sono meno oggettivi e più soggetti all'effettivo uso del porto.

Nel caso di Malfa, sono previsti posti barca da diporto sulla banchina interna rispetto alla diga, quindi tale banchina dev'essere normalmente praticabile (non soggetta a onde tracimanti pericolose per le persone e le imbarcazioni).

Tuttavia, poiché una diga non tracimabile nemmeno in condizioni estreme avrebbe dei costi sproporzionati, si ritiene che, per tempeste eccezionali, l'accesso alla diga potrebbe essere interdetto e un certo numero d'imbarcazioni da diporto spostato (senza contare che tali imbarcazioni sono probabilmente presenti in periodo estivo, dove le tempeste non raggiungono condizioni eccezionali).

Tali osservazioni sono state tradotte nei seguenti criteri quantitativi :

- tracimazioni trascurabili per moti ondosi relativamente frequenti (periodi di ritorno fino a 5 anni),
- tracimazioni limitate (meno del 5-10 % di onde tracimanti) per moti ondosi più rari (periodo di ritorno di 10 anni),
- tracimazioni tali da interdire l'accesso alla diga consentite solo per condizioni estreme (periodo di ritorno di 30 anni e oltre).

4.3. PROGRAMMA DI PROVE

Il programma di prove, definito in relazione agli obiettivi e alle condizioni di progetto, comprende

- Una prima serie di prove dedicata soprattutto all'esame della stabilità della mantellata, che prevede:
 - Periodo $T_p = 11.65$ s (periodo di progetto dell'onda trentennale),
 - Livello = +0.30 m,
 - 5 altezze d'onda crescenti = 40%, 60%, 80%, 100% e 120% dell'altezza d'onda di progetto trentennale (la cui altezza significativa è = 8.10 m al generatore di moto ondoso).
- Una seconda serie di prove dedicata all'esame della stabilità del piede, che prevede :
 - Periodo $T_p = 11.65$ s,
 - Livello inferiore = -0.30 m,
 - 2 altezze d'onda crescenti = 80% e 100% dell'altezza d'onda di progetto.
- Una terza serie di prove dedicata all'esame della tracimazione, che prevede :
 - Livello = +0.30 m,
 - Altezza d'onda e periodo corrispondenti (sulla base dello studio idraulico della SIGMA) a periodi di ritorno di 5 e 10 anni.

Tale programma è sintetizzato nella tabella alla pagina seguente.

La distribuzione delle frequenze è stata riprodotta secondo uno spettro del tipo Jonswap, con $\gamma = 3.3$ (tipico del Mediterraneo), come si può osservare dagli esempi di tabulati di registrazione del moto ondoso riportati nell'allegato 2.²

² L'insieme dei tabulati per tutte le prove è disponibile su richiesta del Cliente.

Tab. 2: Il programma di prova

prova n°	Hs (-45 m)	Tp (s)	Livello (m)	Nota	Obiettivi
x.1	3.24	11.65	0.30		Stabilità della mantellata e tracimazione
x.2	4.86	11.65	0.30		
x.3	6.48	11.65	0.30		
x.4	8.10	11.65	0.30	Onda di progetto (Tr = 30 anni)	
x.5	9.72	11.65	0.30	Onda di progetto x 120% (Tr = circa 60 anni)	
x.6	6.48	11.65	- 0.30		Stabilità del piede dell'opera
x.7	8.10	11.65	- 0.30		
x.8	4.15	8.51	0.30	Periodo di ritorno = 5 anni	Tracimazione
x.9	5.55	9.74	0.30	Periodo di ritorno = 10 anni	

Per quanto riguarda il numero delle prove, si osservi che x è l'indicativo del numero della configurazione allo studio.

Non necessariamente tutte le nove prove del programma sono state ripetute per tutte le configurazioni, in quanto, (come è usuale per questi studi) le prime serie di prove consentono di identificare le condizioni più critiche, che vengono poi utilizzate per le configurazioni successive.

4.4. LE CONFIGURAZIONI ESAMINATE

Nel corso dello studio sono state esaminate tre configurazioni della sezione tipica dell'opera (corrispondente alla profondità di - 12 m).

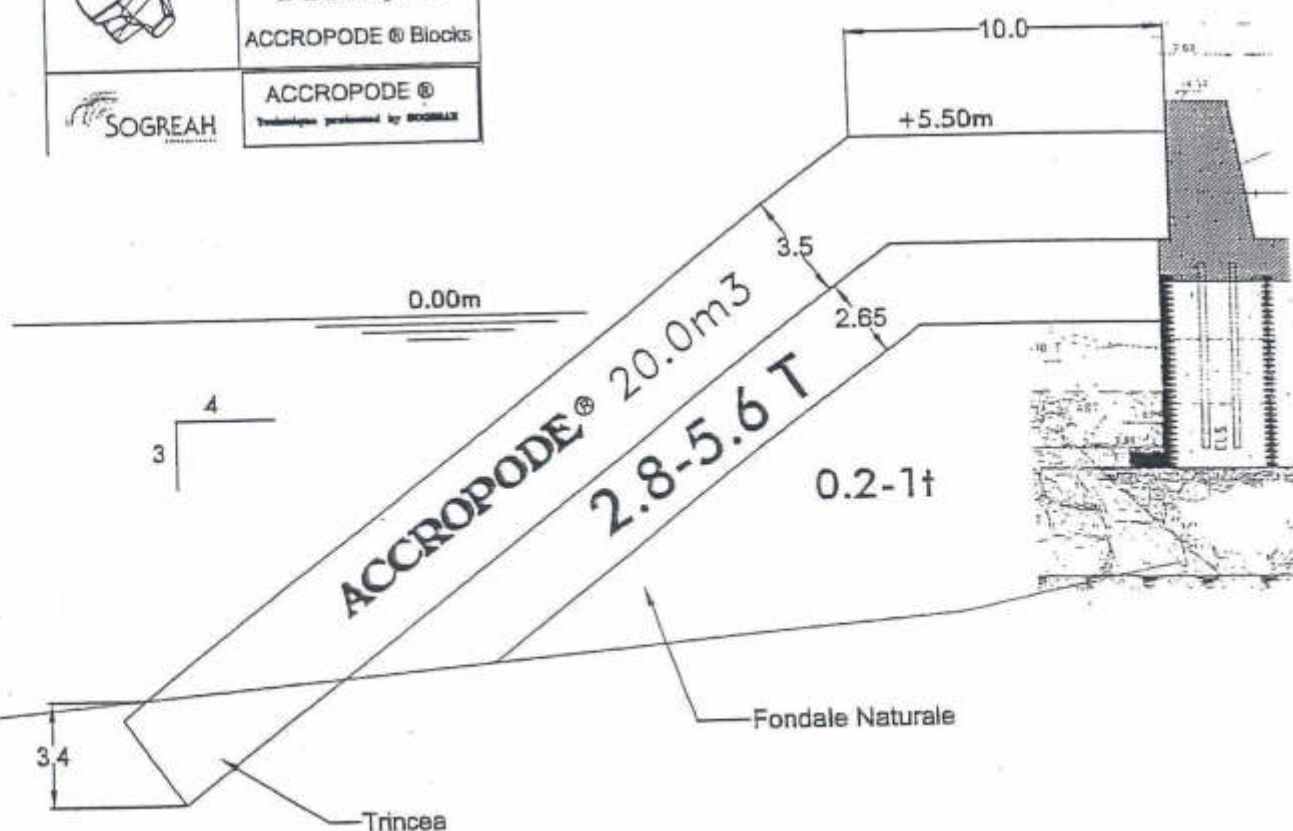
4.4.1. CONFIGURAZIONE 1

E' riportata nella figura 4, ed è quella risultante dallo studio preliminare di variante eseguito da SOGREAH.

Tenendo conto della forte pendenza dei fondali e delle condizioni frangenti dell'onda, essa prevede blocchi Accropode da 20 m³, posti secondo una pendenza di 4 su 3.

Il sottostrato è composto da massi naturali di circa 3 a 6 tonnellate.

	PRELIMINARY STUDY of hydraulic stability of armouring with ACCROPODE® Blocks
	ACCROPODE® Techniques patented by SOGREAH



Giugno 2000	DIGA DI MALFA	
	CONFIGURAZIONE 1	71 2025 Fig 04

Per assicurare un adeguato sostegno al piede della mantellata, date le condizioni geologiche (fondi rocciosi) si è previsto dragare una soglia profonda 3.4 metri (a partire dal fondale naturale).

La quota del muro (+6.50 m) e la larghezza della berma orizzontale che costituisce la cresta della mantellata (10 m) sono state mantenute come nel progetto originario in Antifer, ponendosi come obiettivo di verificare le condizioni di tracimazione sul modello fisico.

4.4.2. CONFIGURAZIONE 2

Tale configurazione (figura 5) è stata definita considerando che, per la configurazione 1:

- La stabilità della mantellata è risultata eccellente, anche con un moto ondososo = 120% di quello di progetto. Data anche la difficoltà di costruire in spazi ristretti come Malfa blocchi di grandi dimensioni, si è ritenuto quindi provare una soluzione con dimensione degli ACCROPODE ridotta (a 16 m³).
- La tracimazione è risultata notevole, anche per moti ondosi relativamente frequenti. Riducendo la dimensione dei blocchi inoltre, a causa del minor volume dei vuoti, la tracimazione (a parità di sezione) è destinata ad aumentare.

Cio' considerato, si è deciso di:

- Ridurre la dimensione degli Accropode da 20 a 16 m³ (cio' ha permesso di ridurre anche la dimensione della trincea dragata al piede dell'opera),
- Aumentare il livello (sia del muro sia, per evitare eccessive pressioni dinamiche sul muro stesso, della berma in Accropode), di un metro, in modo da ridurre la tracimazione. In tal modo, si ottiene anche il vantaggio di poter procedere da terra per la posa in opera del sottostrato in 2-5 tonnellate (il livello superiore del nucleo è in questa configurazione = +0.85 m).

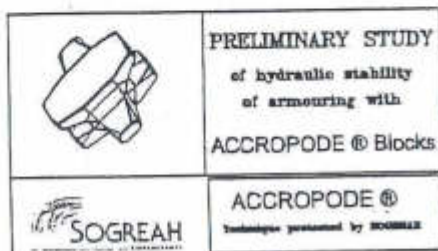
4.4.3. CONFIGURAZIONE 3

Il comportamento della configurazione 2 è risultato soddisfacente sotto tutti gli aspetti.

Tuttavia, si è consapevoli che il dragaggio in sezione obbligata (e in roccia) di una trincea come quella delle configurazioni precedenti è operazione difficile e onerosa.

Per tale motivo, si è voluto provare il comportamento dell'opera con un piede più facile a realizzare che non preveda trincea, ma solo il sostegno con una berma in massi naturali di grandi dimensioni³ (configurazione 3, figura 6).

³ Nel modello sono stati utilizzati cubi da 8-10 tonnellate, simili a quelli attualmente rimossi dai fondali del porto e appartenenti alla diga distrutta.



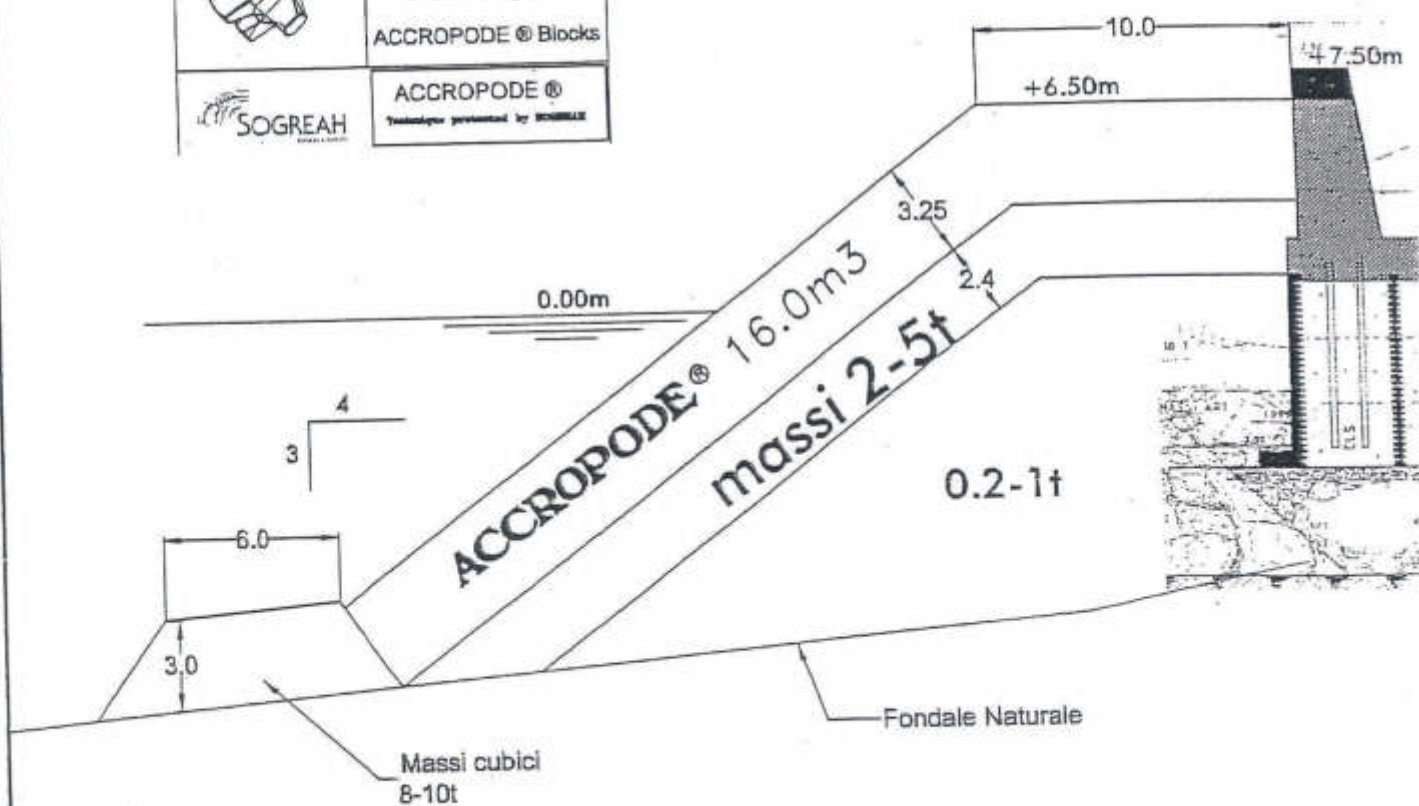
giugno 2000	DIGA DI MALFA	
	CONFIGURAZIONE 2	71 2025
		Fig 05



PRELIMINARY STUDY
of hydraulic stability
of armouring with
ACCROPODE® Blocks



ACCROPODE®
Techniques patented by SOGREAH



giugno 2000	DIGA DI MALFA	
	CONFIGURAZIONE 3	71 2025
		Fig 06

4.5. RISULTATI

Tab. 3: Risultati delle prove

Configurazione	Prova n°	Condizioni di prova			Risultati		
		Hs (-45 m)	Tp (s)	Livello (m)	% onde tracimanti	Tracimazione (l/s/m)	Stabilità
1	1.1	3.24	11.65	0.30	0	0	OK Nessuna oscillazione dei blocchi Accropode
	1.2	4.86	11.65	0.30	5	3.5	
	1.3	6.48	11.65	0.30	20	55	
	1.4	8.10	11.65	0.30	32	114	
	1.5	9.72	11.65	0.30	48	> 250	
2	2.1	3.24	11.65	0.30	0	0	OK Nessuna oscillazione dei blocchi Accropode
	2.2	4.86	11.65	0.30	3	2.2	
	2.3	6.48	11.65	0.30	14	24	
	2.4	8.10	11.65	0.30	28	106	
	2.5	9.72	11.65	0.30	46	> 200	
	2.6	6.48	11.65	- 0.30	Non misurata		
	2.7	8.10	11.65	- 0.30	Non misurata		
	2.8	4.15	8.51	0.30	0	0	
	2.9	5.55	9.74	0.30	4	1.8	
3	3.3	6.48	11.65	0.30	Non misurata		Danni notevoli alla berma in massi 8-10 t 4 blocchi ACCROPODE oscillano Slittamento della mantellata Accropode
	3.4	8.10	11.65	0.30	Non misurata		

Si vedano anche le fotografie, presentate nell'Allegato 1.

4.6. COMMENTI

Come si può osservare, la stabilità della configurazione 2 è eccellente, anche con la dimensione ridotta dei blocchi ACCROPODE.

La tracimazione per la stessa configurazione è accettabile, come si nota anche dall'esame della figura 7, posta alla fine del capitolo 5 (per le mareggiate con periodo di ritorno inferiore a 10 anni, la percentuale delle onde tracimanti è inferiore al 5 %). Rispetto alla configurazione 1, la tracimazione è ridotta, malgrado la riduzione della dimensione dei blocchi.

Nella configurazione 3 il piede dell'opera è instabile: dalla nostra esperienza risulta che, quando in prove in canale viene osservato uno slittamento d'insieme, nelle prove in vasca equivalenti (dove vengono riprodotte le onde oblique) si osservano danni alla mantellata.

Tale configurazione è quindi sconsigliata.

oOo

5. CONCLUSIONI

5.1. SEZIONE TIPO PROVATA SU MODELLO

Il progetto esecutivo di tale sezione (corrispondente, lo ricordiamo, a profondità prossime a -12 m), può riferirsi direttamente ai risultati delle prove.

Le indicazioni sono le seguenti:

- la configurazione 2, con ACCROPODE da 16 m³, quota del muro a + 7.50 m e trincea al piede della mantellata, rispetta sia i criteri di stabilità che quelli di tracimazione,
- per tale configurazione tuttavia l'accesso alla diga e l'utilizzo dei posti barca restrostanti la diga dovranno essere interdetti in caso di mareggiate eccezionali,
- una configurazione che non preveda la trincea ma una semplice berma (come la configurazione 3) non dà le necessarie garanzie di stabilità.

5.2. ESTRAPOLAZIONE DEI RISULTATI AD ALTRE PARTI DELL'OPERA

5.2.1. TESTATA

Secondo gli standards ACCROPODE, derivanti da molti anni d'esperienza, la dimensione dei blocchi in testata dev'essere aumentata del 30% rispetto alla sezione corrente.

Si propone quindi di proteggere la testata dell'opera con blocchi ACCROPODE da 20 m³. I massi naturali del sottostrato in questo caso dovranno essere aumentati, da 2-5 a 3-6 tonnellate.

5.2.2. SEZIONI A PROFONDITÀ RIDOTTA

Teoricamente, la dimensione dei blocchi potrebbe essere ridotta alle profondità per le quali il frangimento delle onde maggiori avviene ad una certa distanza dall'opera (almeno una lunghezza d'onda).

Tuttavia, nel caso di Malfa, si suggerisce di estendere la sezione corrente fino al gomito incluso, in quanto:

- data la forte acclività dei fondali, il frangimento delle onde maggiori avviene in prossimità dell'opera per quasi tutto il suo sviluppo,
- per le profondità minori (< 4 m) la presenza del gomito determina una concentrazione dell'energia del moto ondoso, quindi risulta conveniente disporre in questa zona di certi margini di sicurezza.

oOo

MALFA

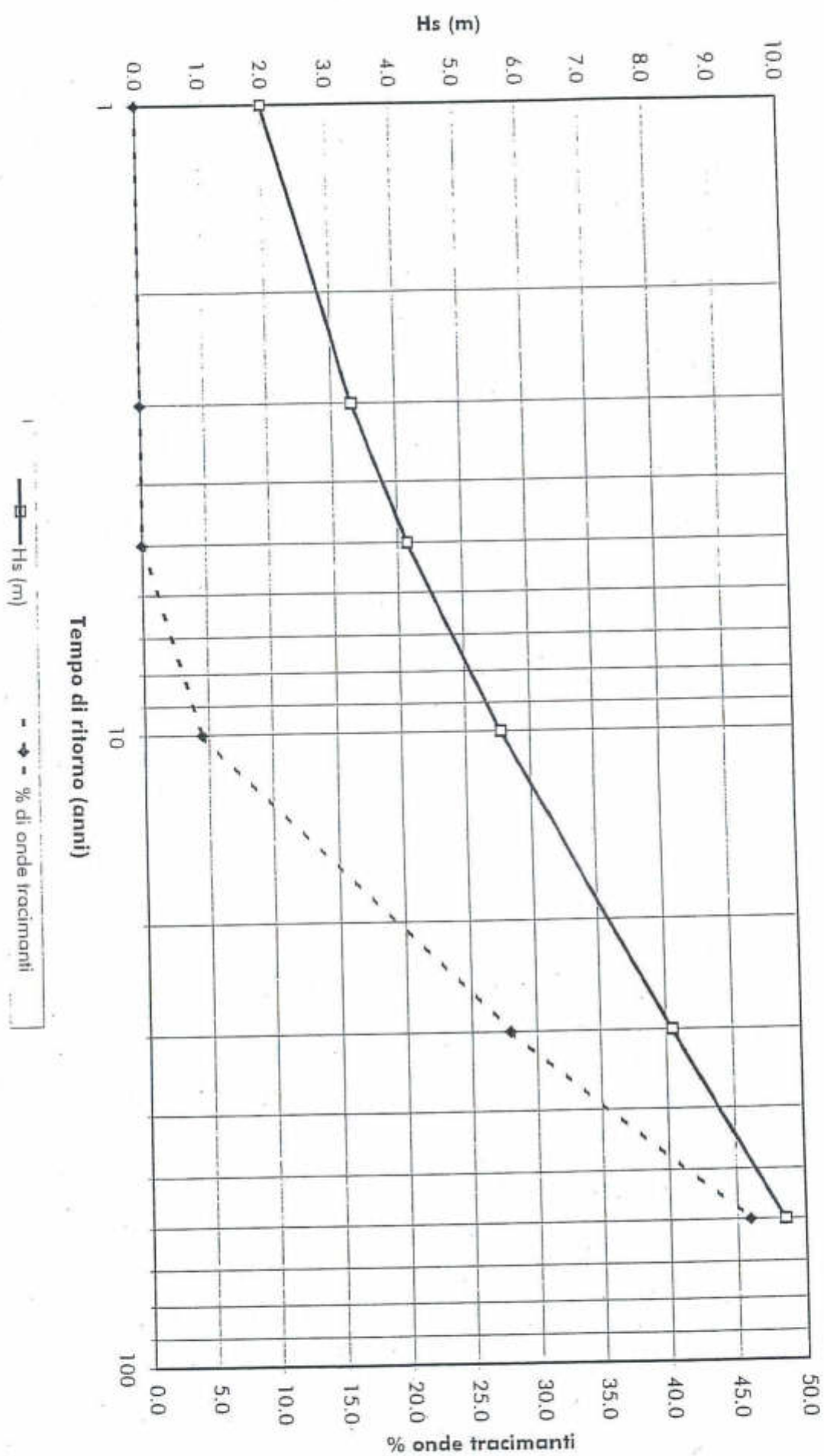


Fig. 07 : Configurazione 2 - % onde traccianti in funzione del periodo di ritorno

ALLEGATO 1 : FOTOGRAFIE

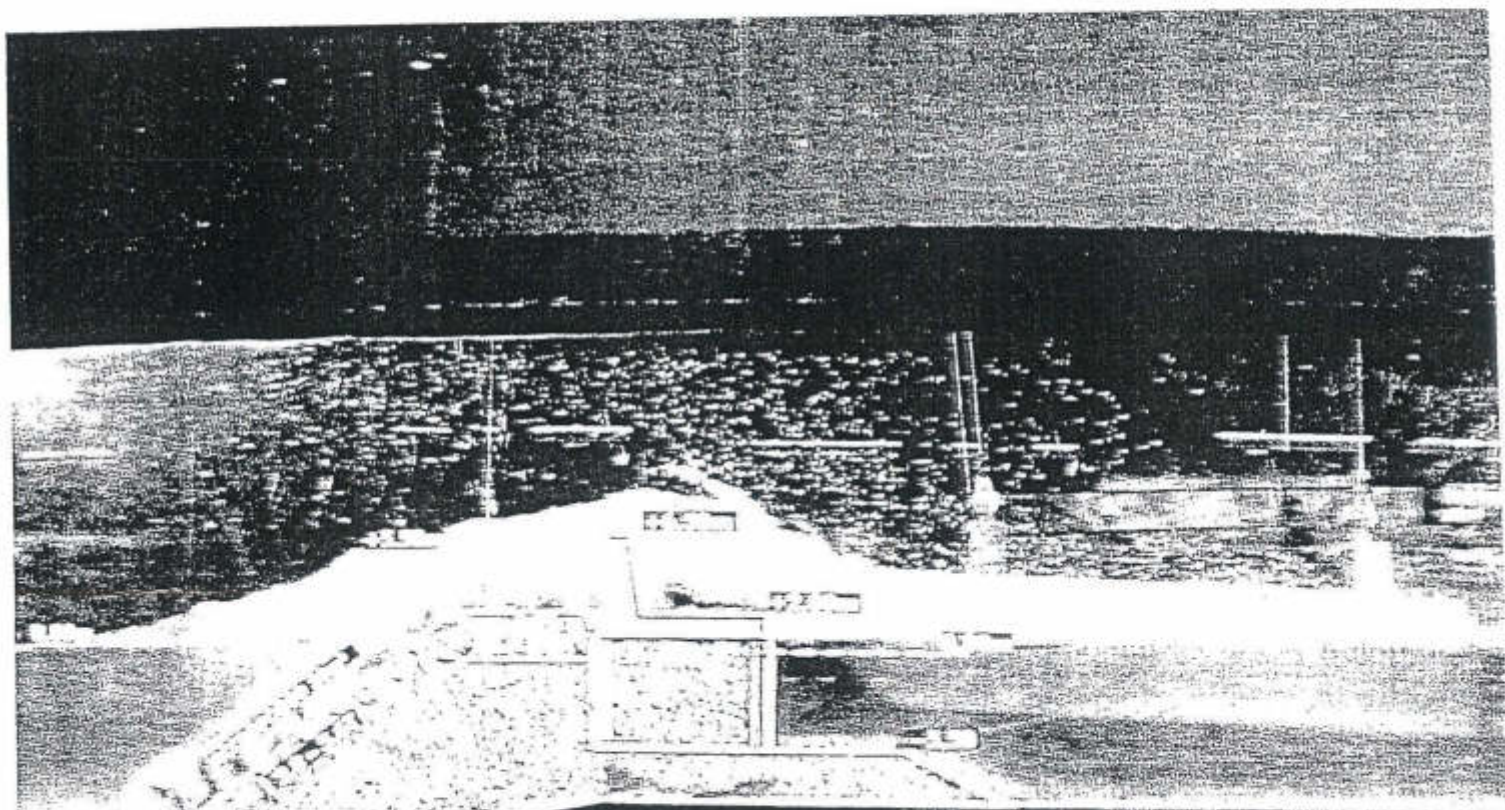
Nelle pagine seguenti sono presentate alcune fotografie scattate durante le prove.

Le foto 1 e 2 sono riferite alla Configurazione 1: si noti la notevole tracimazione per l'onda di 6.68 m.

Le foto 3 - 7 sono riferite alla Configurazione 2 (quella proposta) per altezze d'onda crescenti fino a 120% dell'onda di progetto.

Lo stato della mantellata al termine di questa serie di prove è visibile nelle foto 8 e 9.

Le foto 10 e 11 infine sono riferite alla Configurazione 3: si osservi la rimozione di un numero significativo dei blocchi cubici della berma.



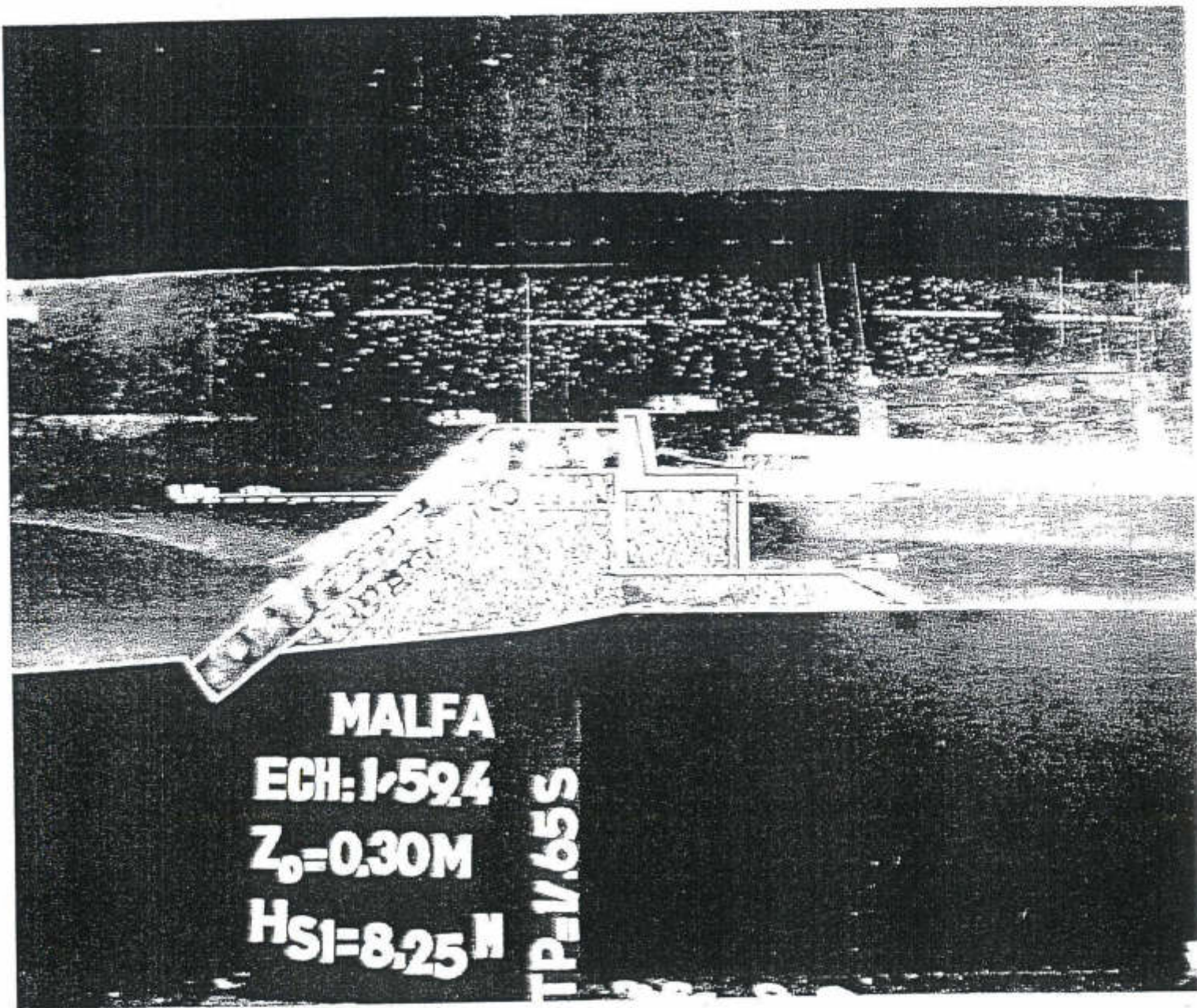
MALFA

ECH: 1.594

$Z_0 = 0.30\text{M}$

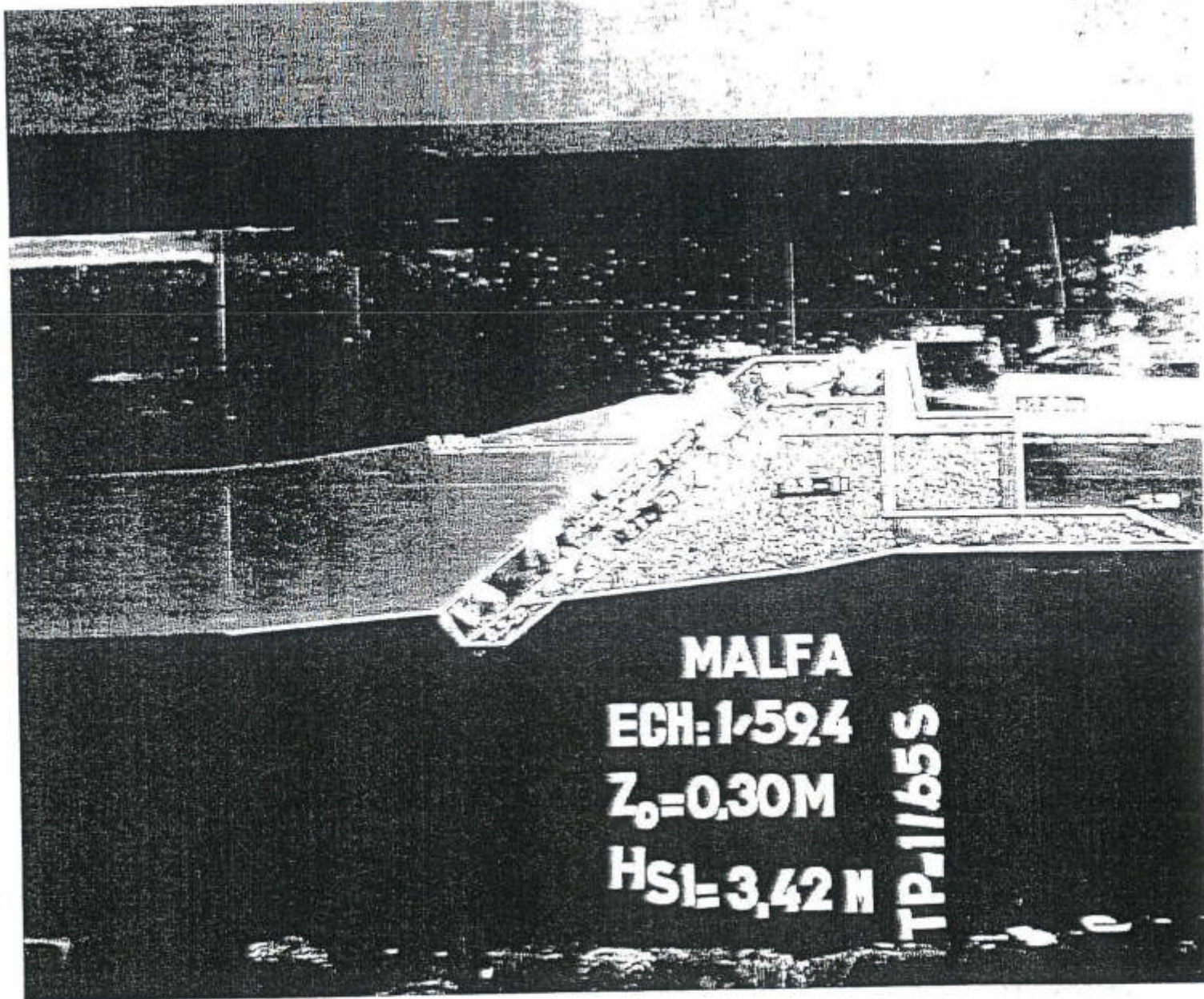
$H_{SI} = 6.68\text{M}$

P=11.65S



MALFA
ECH: 1,594
Z₀=0.30M
HSl=8,25 M

TP=14.65S



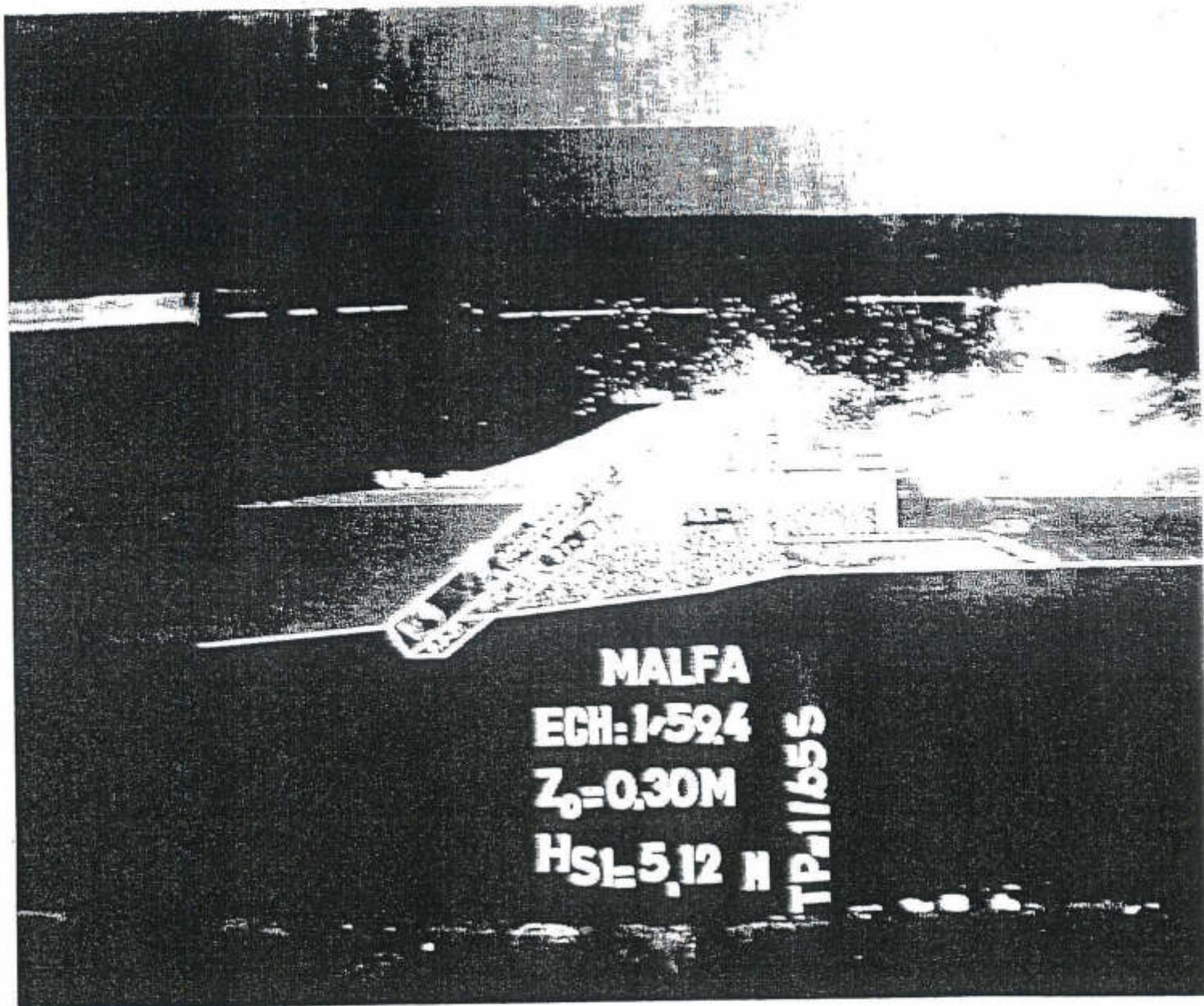
MALFA

ECH: 1,594

$Z_0 = 0,30\text{M}$

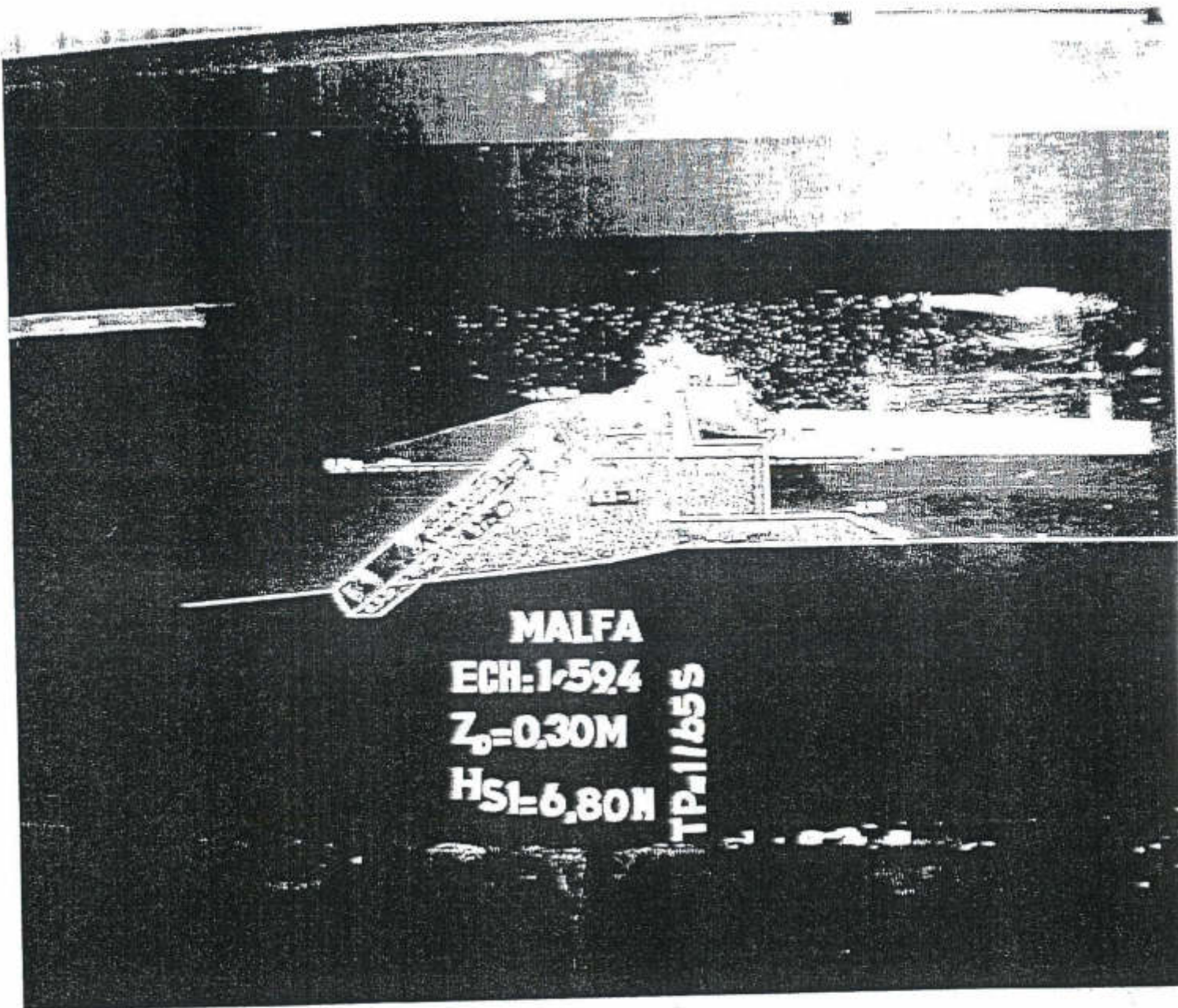
$H_{SI} = 3,42\text{M}$

TP-1/b5s



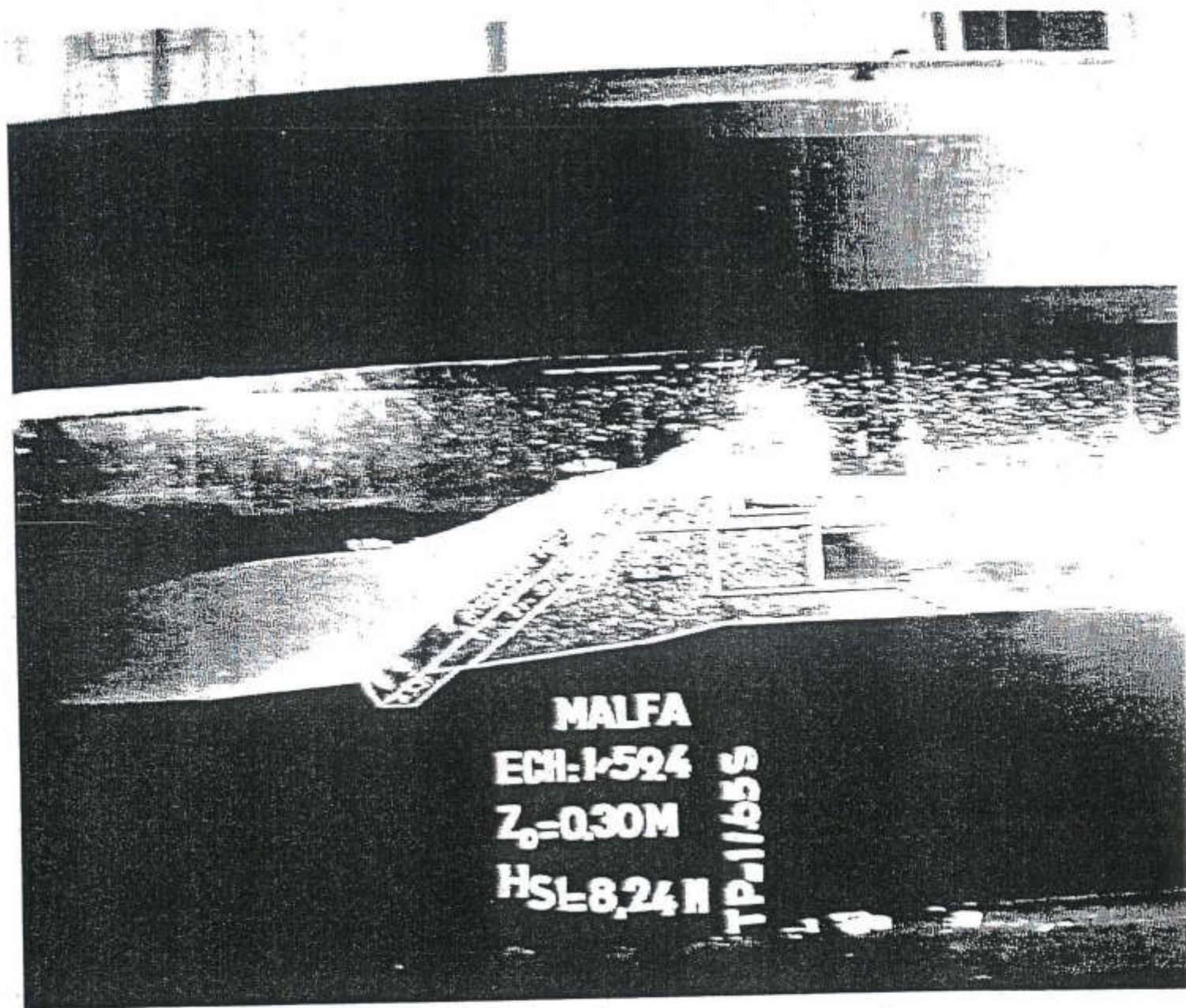
MALFA
ECH: 1-524
 $Z_0 = 0.30M$
 $H_{SL} = 5.12 M$

TP-11655

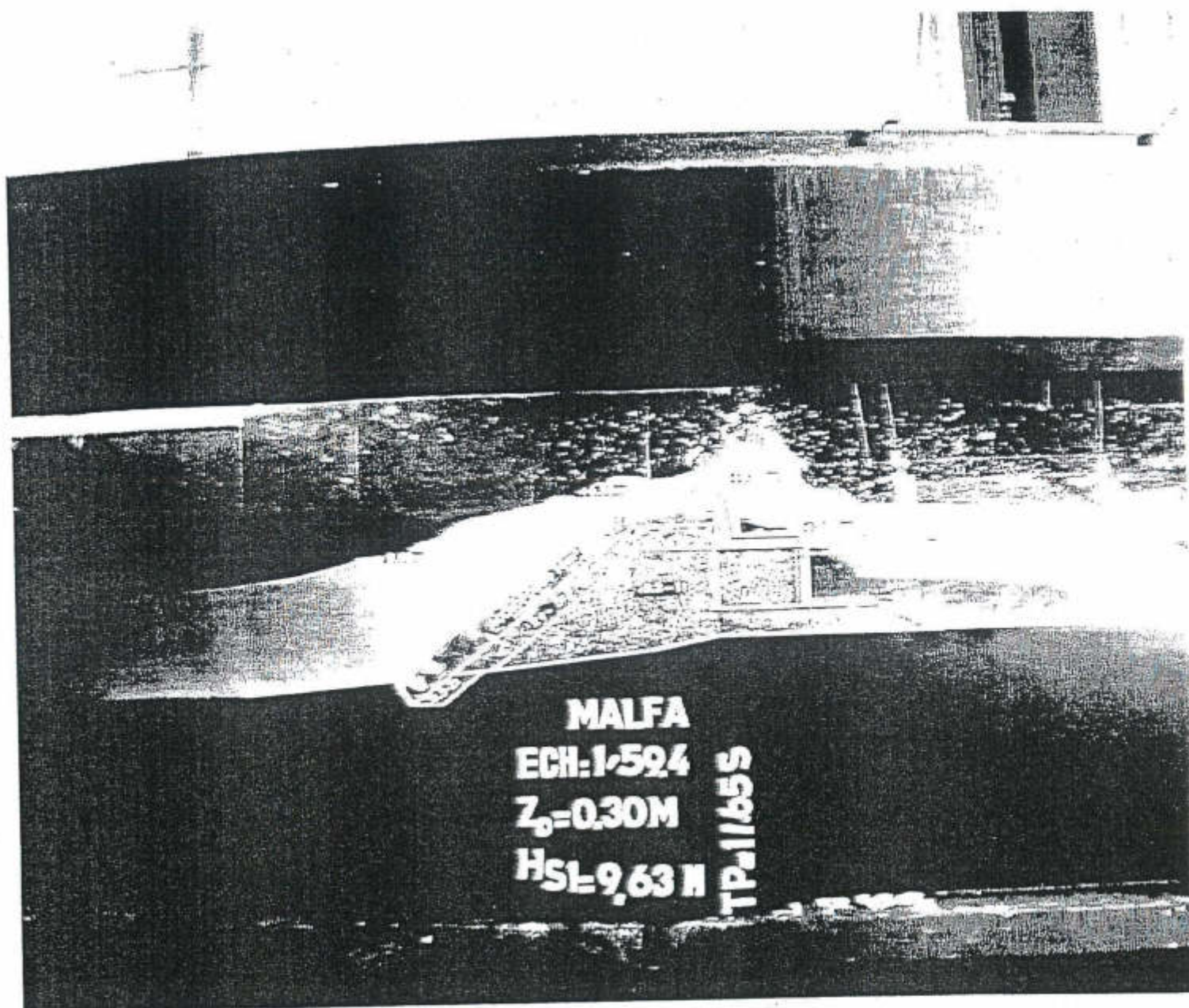


MALFA
ECH-1524
Z₀=0.30M
HSI=6.80M

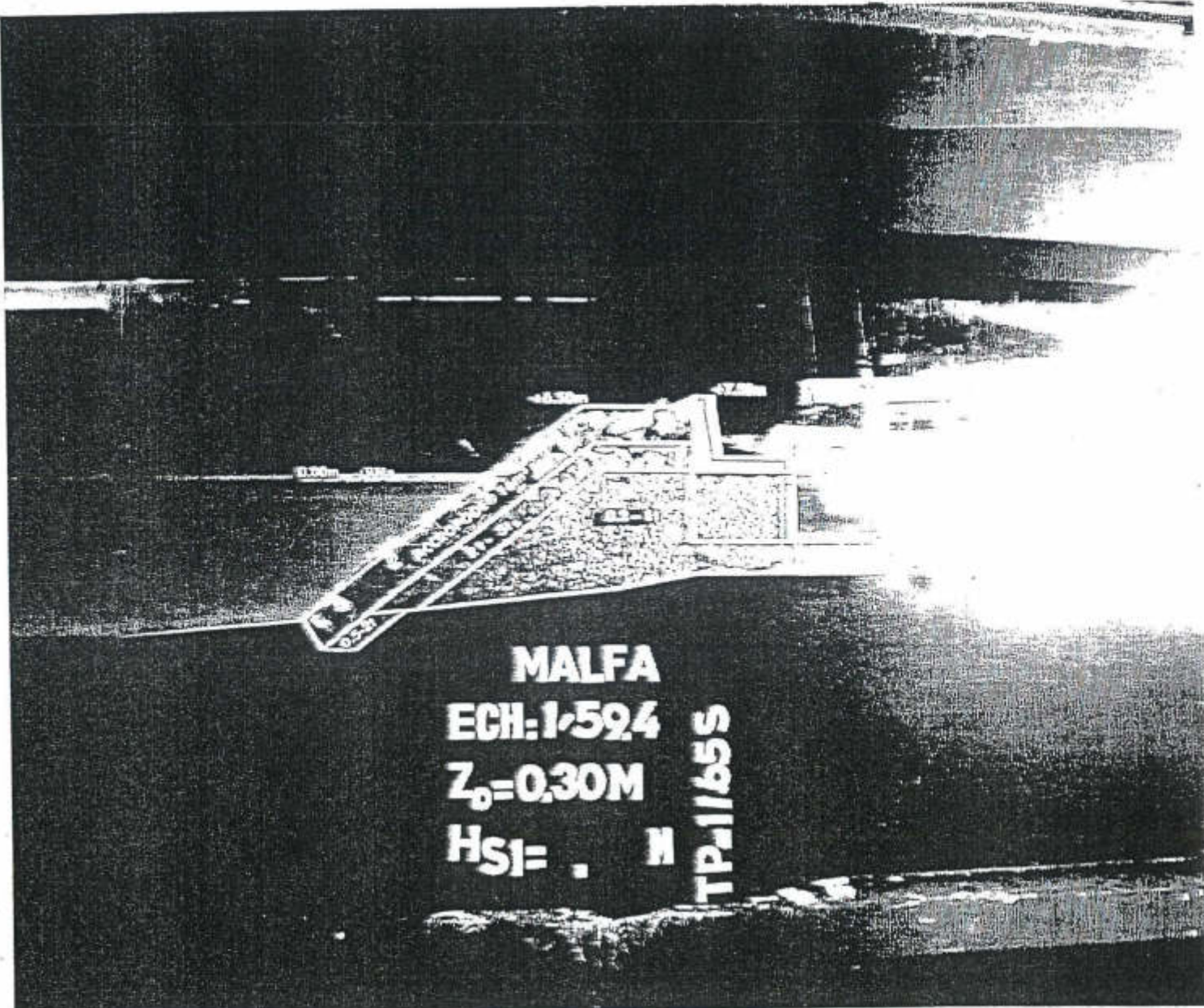
TP-1165S



MALFA
ECH-1-524
Z₀=0.30M
HSL=8,24N
TP-1/65S

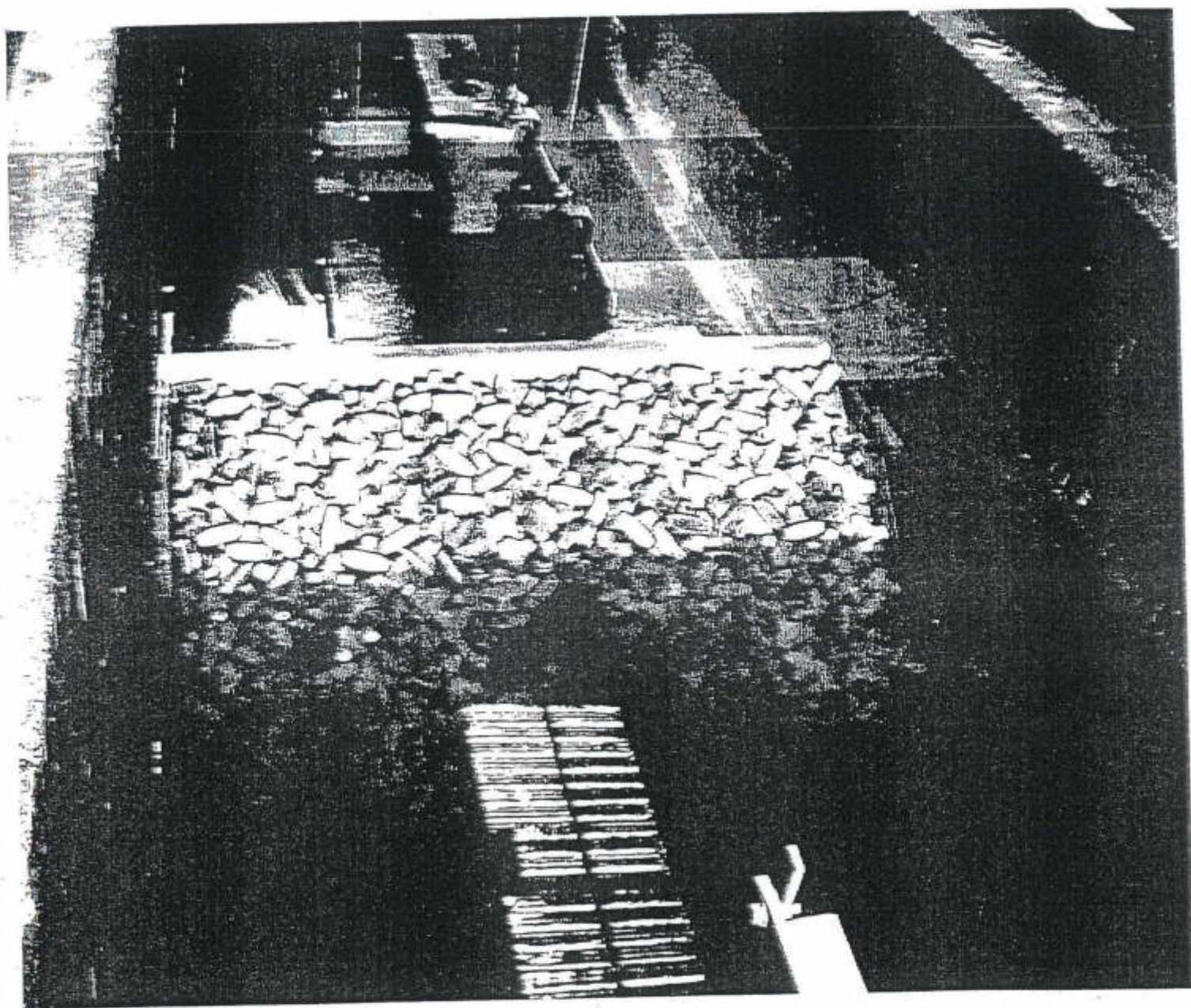


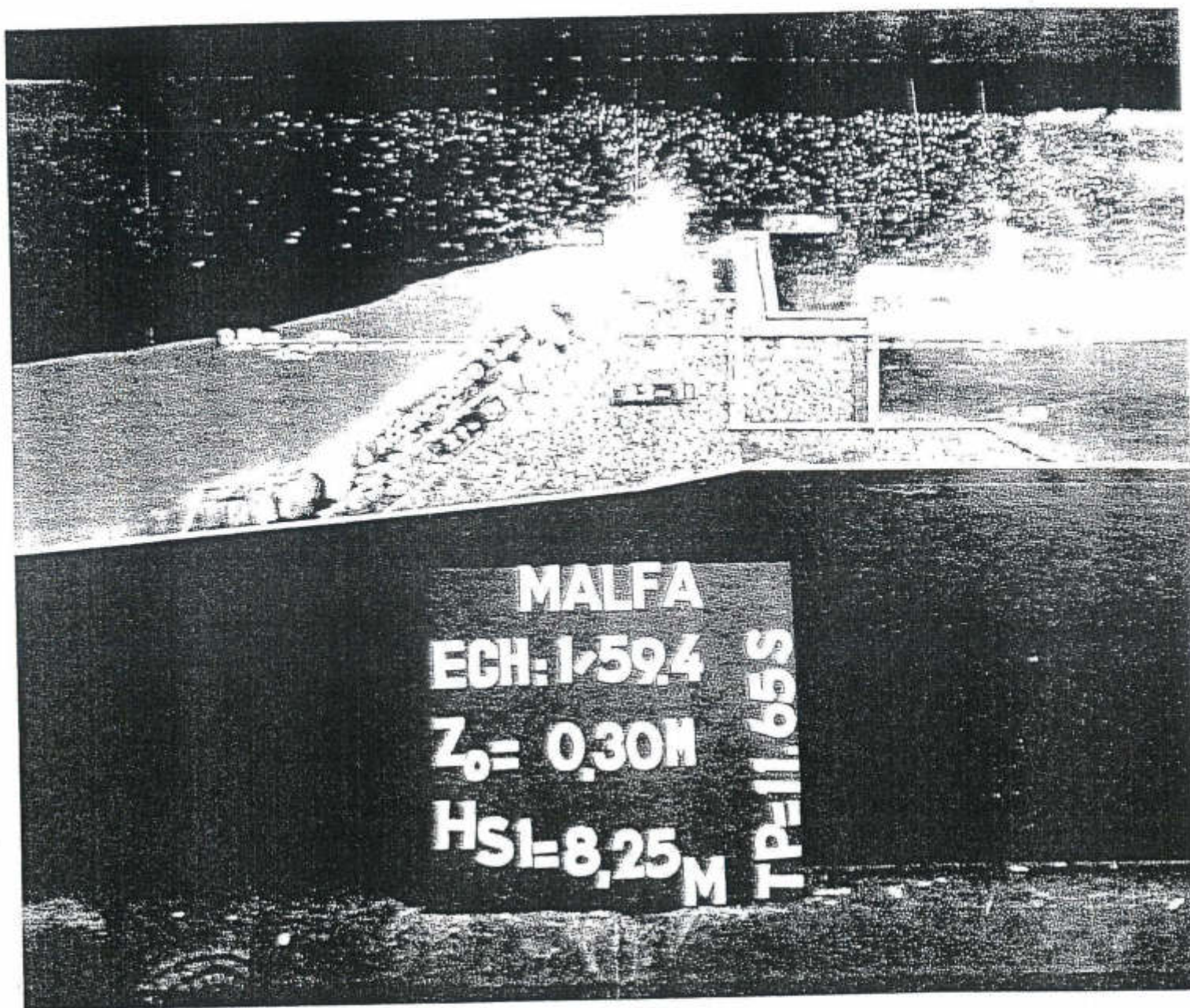
MALFA
ECH: 1-524
 $Z_0 = 0.30M$
 $H_{SL} = 9.63M$
TP-11655



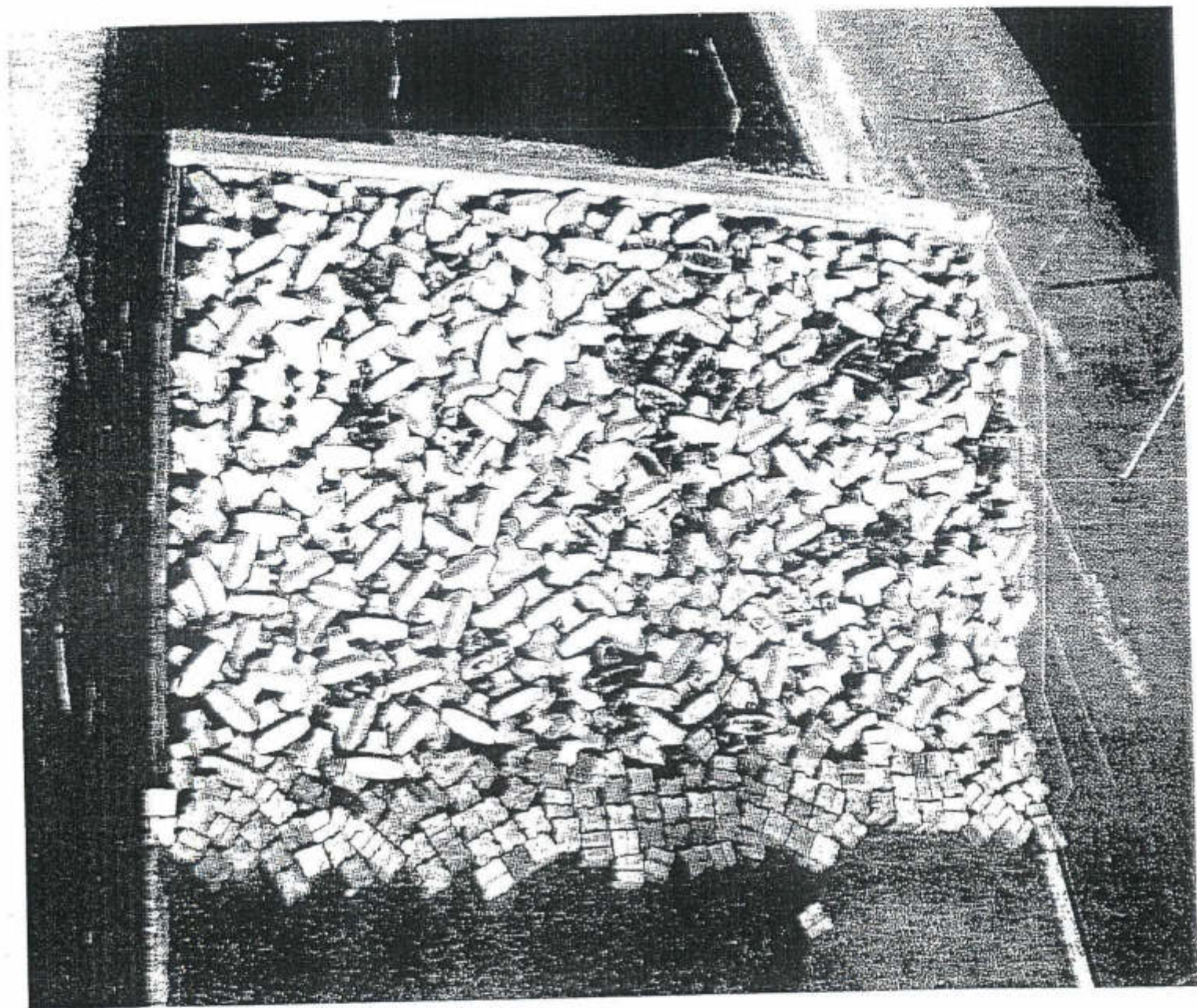
MALFA
ECH: 1.524
 $Z_0 = 0.30M$
 $H_{SI} = \quad M$

TP-1/b5S





MALFA
ECH: 1.59.4
 $Z_0 = 0.30\text{M}$
 $H_{S1} = 8.25\text{M}$
TP=11.65S



ALLEGATO 2 : DISTRIBUZIONE DI PROBABILITÀ DELLE FREQUENZE E DELLE
ALTEZZE D'ONDA

File: TEST12_002

Wave analysis for Channel 3

Sampled: 26-JUN-2000 @ 15:46:12

Drive signal 1: TP116H49_DS.001

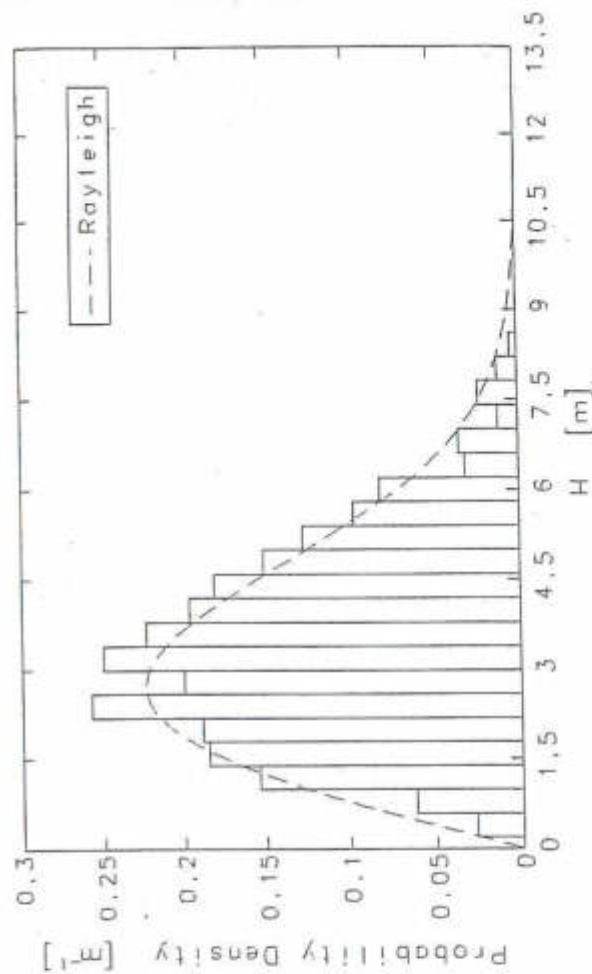
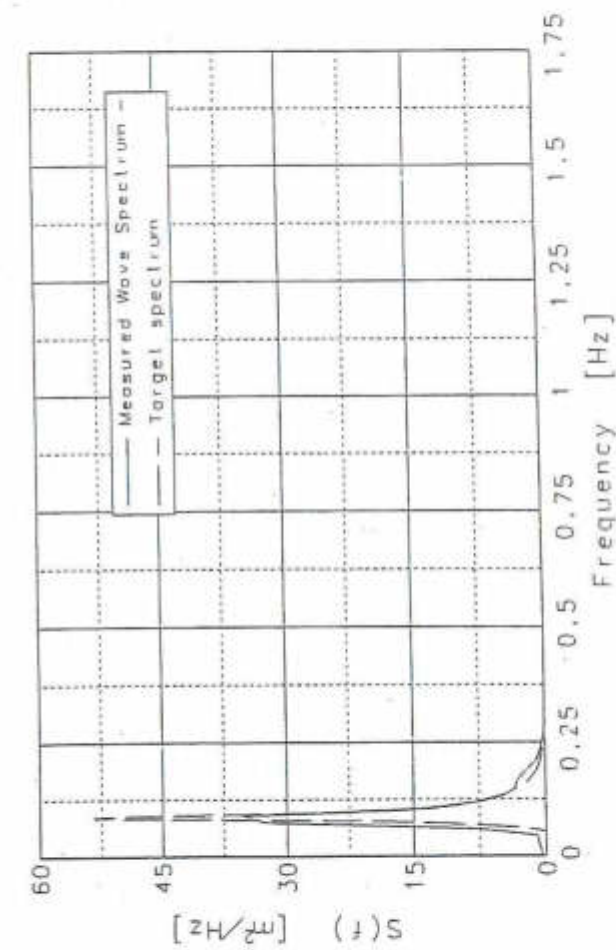
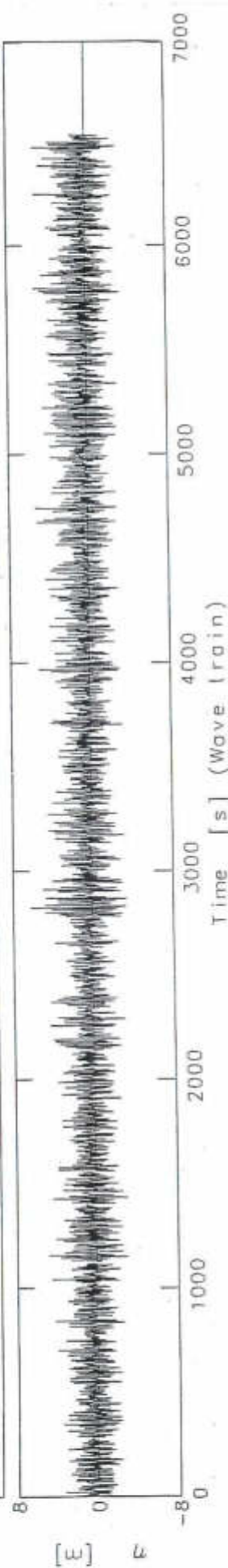
TP = 11.65

HMO = 4.860

GAMMA = 3.300

Spectrum Type = JONSWAP

Water Depth = 1.600

 $H_{mo} = 5.310$ m $T_{pd} = 12.085$ s $E_2 = .414$ $J_1 = 1.567$ $R_{HH(1)} = .382$ $GF = .689$ $\bar{\eta}$ $\eta_{std\ dev}$ η_{min} η_{max} N_w T_{gv} $H_{ov} = .238$ m $H_{1/3} = 1.328$ m $H_{1/10} = -3.606$ m $H_{1/20} = 5.916$ m $N_w = 648$ $T_{gv} = 10.086$ s $H_{ov} = 3.406$ m $H_{1/3} = 5.231$ m $H_{1/10} = 6.432$ m $H_{1/20} = 6.985$ m $N_w = 8,101$ m $T_{gv} = 9.453$ m

Wave analysis for Channel 3

File: TEST13_001

Sampled: 27-JUN-2000 @ 08:43:58

Drive signal 1: TP116H65_DS_001

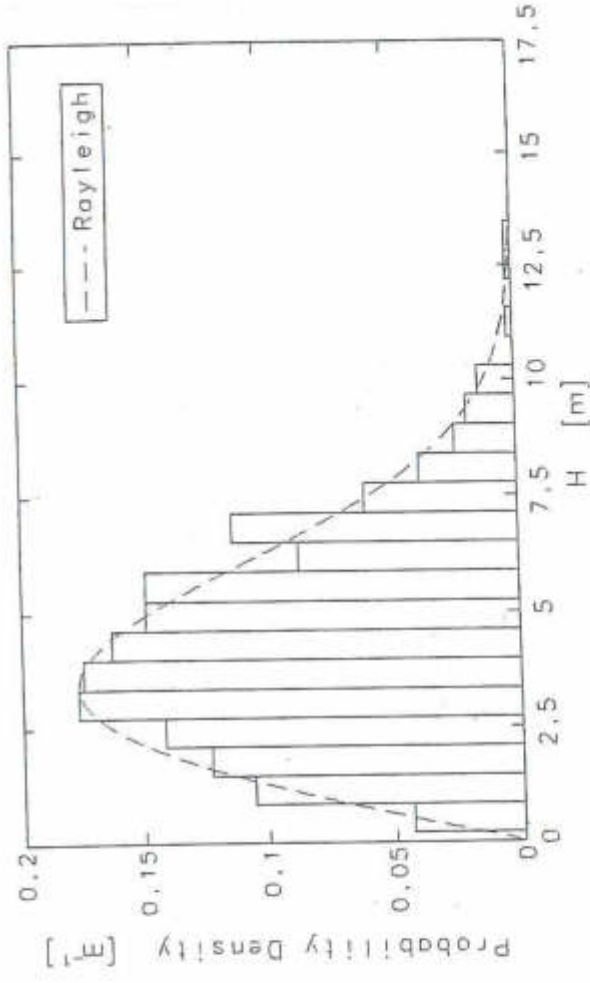
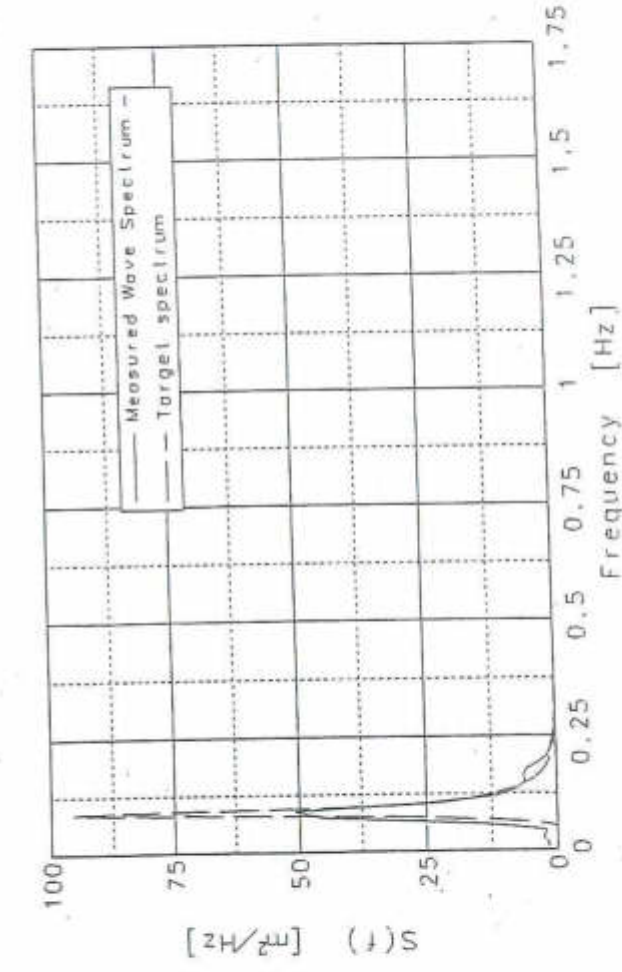
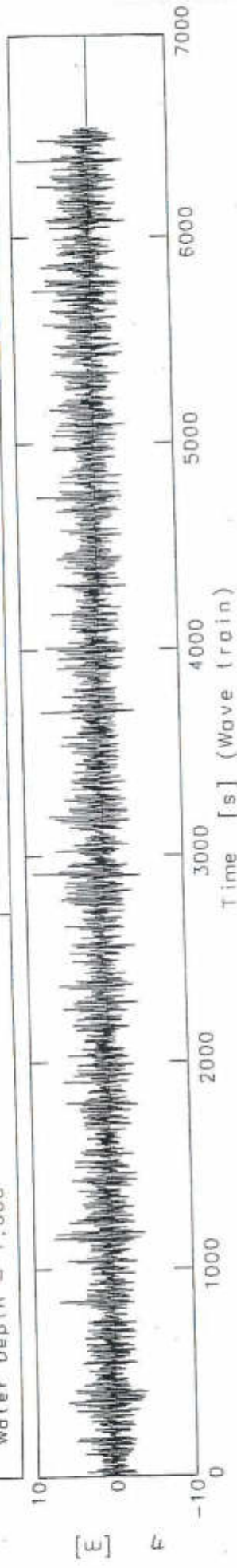
TP = 11.65

HMO = 6.500

GAMMA = 3.300

Spectrum Type = JONSWAP

Water Depth = 1,600

 $H_{me} = 6.744$ m $T_{pd} = 11.988$ s $E_2 = .469$ $J_1 = 1.632$ $R_{HH(1)} = .378$ $GF = .703$ $\bar{\eta} = .170$ m $\eta_{std\ dev} = 1.585$ m $\eta_{min} = -4.672$ m $\eta_{max} = 8.878$ m $N_w = 662$ $T_{av} = 9.869$ s $H_{ov} = 4.300$ m $H_{1/3} = 6.792$ m $H_{1/10} = 8.477$ m $H_{1/20} = 9.316$ m $H_{1/100} = 11.229$ m $H_{hov} = 13.450$ m

File: TEST14_001

Wave analysis for Channel 3

Sampled: 27-JUN-2000 @ 10:56:34

Drive signal 1: TP116H81_DS.001

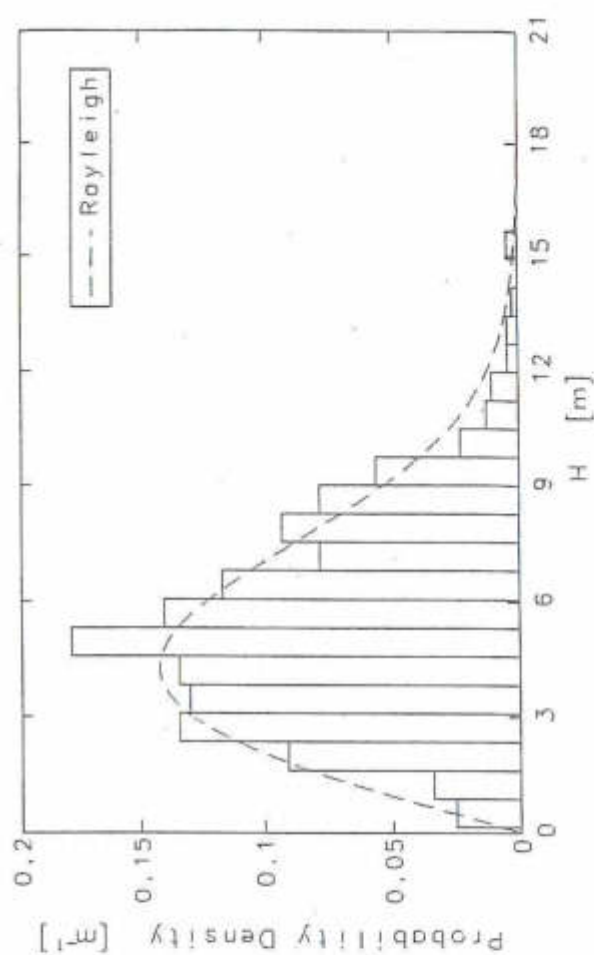
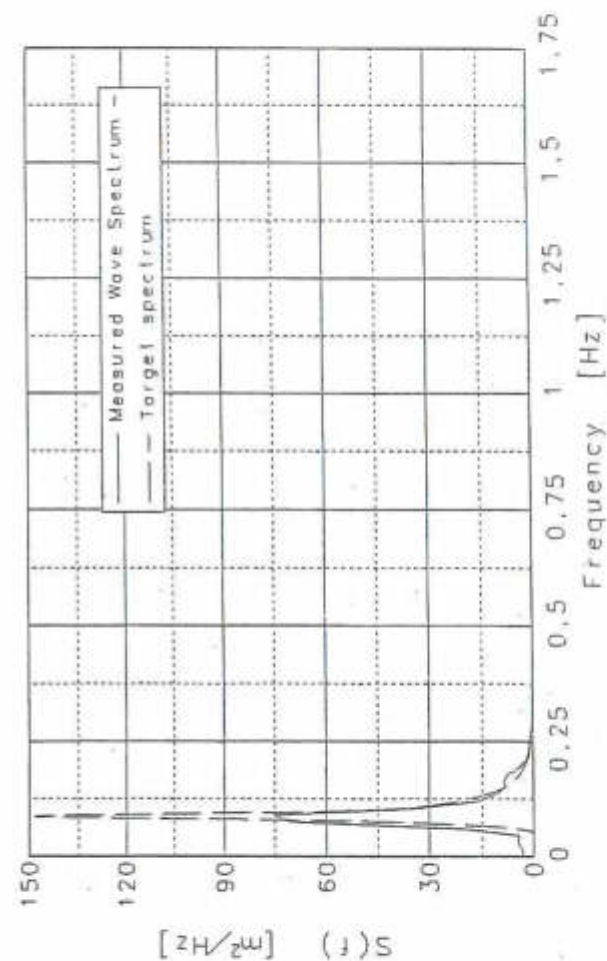
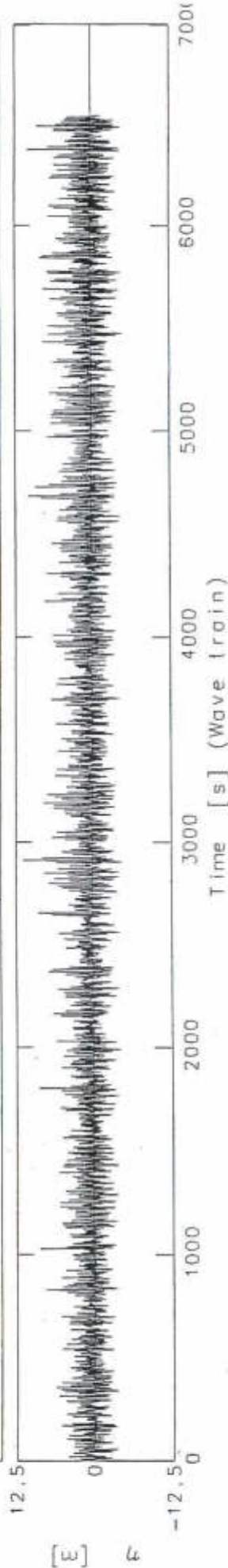
TP = 11.65

HMO = 8.100

GAMMA = 3.300

Spectrum Type = JONSWAP

Water Depth = 1.600

 $H_{mo} = 8.117$ m $\bar{\eta} =$ $\eta_{std\ dev} =$ $\eta_{min} =$ $\eta_{max} =$ $N_w =$ $T_{ov} =$ $H_{ov} = 5.351$ m $H_{1/3} = 8.249$ m $H_{1/10} = 10.250$ m $H_{1/20} = 11.194$ m $H_{1/100} = 13.525$ m $H_{max} = 15.676$ m $T_{pd} = 12.102$ s $E_2 = .521$ $J_1 = 1.500$ $R_{peak} = .374$ $CF = .675$ $\eta =$ $\eta_{std\ dev} =$ $\eta_{min} =$ $\eta_{max} =$ $N_w =$ $T_{ov} =$ $T_{ov} =$ 

File: TEST15_002

Wave analysis for Channel 3

Sampled: 27-JUN-2000 @ 14:08:50

Drive signal 1: TP116H97_DS.001

TP = 11.65

HMO = 9.720

GAMMA = 3.300

Spectrum Type = JONSWAP

Water Depth = 1,600

 $H_{mo} = 9.337$ m $\bar{\eta} =$ $\eta_{sid\ dev} = .099$ m $\eta_{sid} = 2.334$ m $\eta_{min} = -5.630$ m $\eta_{max} = 11.993$ m $\eta_{max} = 11.090$ m $N_w = 593$ $T_{ev} = 11.013$ s $H_{1/100} = 14.647$ m $H_{1/100} = 16.745$ m