



Ricerca di Sistema elettrico

Progettazione e costruzione del sistema meccanico di conversione in scala 1:45

G. Mattiazzo, E. Giorcelli, G. Bracco, E. Giovannini, A. Fontanella

PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE DEL SISTEMA MECCANICO DI CONVERSIONE IN SCALA 1:45

G. Mattiazzo, E. Giorelli, G.Bracco (Politecnico di Torino)

E. Giovannini , A. Fontanella (ENEA, UTRINN)

Settembre 2014

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2013

Area: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente

Progetto: Studi e valutazioni sulla produzione di energia elettrica dalle correnti marine e dal moto ondoso

Obiettivo: Sviluppo di un sistema oscillante passivo per il recupero di energia dal moto ondoso

Responsabile del Progetto: G. Sannino, ENEA

Indice

SOMMARIO	4
1 INTRODUZIONE	5
2 PROGETTAZIONE MECCANICA	6
3 COSTRUZIONE	9
4 VERIFICHE E COLLAUDI	11
5 INSTALLAZIONE	13
6 CONCLUSIONI	16

Elenco delle figure

Figura 1- Principio di funzionamento del prototipo sperimentale	6
Figura 2- Sezione trasversale del prototipo	7
Figura 3- Modello 3D del meccanismo oscillante	7
Figura 4- Particolare del telaio	9
Figura 5- Assemblaggio del prototipo	10
Figura 6 - Cuscinetto con attacchi della cella di carico	10
Figura 7- Particolare del sistema oscillante	11
Figura 8- Completamento dell' assemblaggio in fabbrica	12
Figura 9 - Verifica idrodinamica dello scafo	13
Figura 10- Messa in acqua del dispositivo	14
Figura 11- Canale di prova del Politecnico di Torino	15
Figura 12- Strumentazione per il controllo dei test	15

Elenco delle tabelle

Tabella 1- Fasi di sviluppo della tecnologia	5
Tabella 2- Parti principali del prototipo	8

Sommario

Il Piano Annuale di Attuazione 2013 (PAR 2013) dell'Accordo di Programma tra Ministero per lo Sviluppo Economico e l'ENEA per la Ricerca sul Sistema Elettrico, relativamente al progetto B.1.5 *“Studi e valutazioni sulla produzione di energia elettrica dalle correnti marine e dal moto ondoso”* e all' Obiettivo d) *“ Sviluppo di un sistema oscillante passivo per il recupero di energia dal moto ondoso”* prevede l'emissione dei seguenti tre rapporti:

1. Descrizione del modello matematico del prototipo
2. Progettazione e costruzione del prototipo in scala 1:45
3. Sintesi delle attività svolte con disegni costruttivi del prototipo, nota sulle verifiche e prove preliminari, descrizione delle prove sperimentali e risultati ottenuti.

Questo rapporto è il n. 2 e descrive le attività connesse alla progettazione e alla costruzione del prototipo in scala 1:45, idoneo per la sperimentazione presso i laboratori del Politecnico di Torino, di cui si dà conto nel rapporto n. 3.

Le attività di progettazione e costruzione del prototipo sperimentale sono state svolte in collaborazione tra ENEA e Politecnico di Torino; in particolare, le scelte progettuali di base sono state definite congiuntamente, la progettazione meccanica di dettaglio è stata svolta dal Politecnico, l'affidamento della costruzione, i controlli delle lavorazioni, le verifiche e l'accettazione in fabbrica sono stati curati dall'ENEA. Infine le verifiche funzionali e l'installazione in laboratorio sono state svolte dal Politecnico con l'assistenza dell'ENEA.

Il prototipo realizzato si trova presso i laboratori del Politecnico di Torino e potrà essere utilizzato per successive campagne di prove nell'ambito dell'Accordo di Programma MISE-ENEA o altri programmi di ricerca.

Le attività di progettazione, costruzione e installazione nel canale di prova del Politecnico di Torino del prototipo sperimentale si sono svolte secondo i programmi stabiliti.

La collaborazione tecnica e scientifica tra Politecnico di Torino e ENEA è risultata molto efficace nel raggiungere i risultati in tempi contenuti.

1 Introduzione

Nello sviluppo di un Wave Energy Converter, la prototipazione e la modellazione matematica sono fortemente legate. Fin dai primi stadi di prototipazione a scala ridotta e fino alla realizzazione del sistema in scala reale, i modelli permettono di progettare i prototipi. I test sperimentali permettono di validare modelli sempre più sofisticati.

Il progetto Europeo EquiMar, del 7° Programma Quadro, propone cinque stadi di sviluppo per un Wave Energy Converter, dal *concept* fino alla *wave farm*, come schematizzato in tabella 1.

FASE	MODELLO	SCALA	RANGE
1	CONCETTUALE	PICCOLA	1:100 - 1:25
2	FUNZIONALE	MEDIA	1:25 - 1:10
3	COMPLETO	GRANDE	1:5 - 1:2
4	PROTOTIPO	REALE	1:1
5	DIMOSTRATORE	REALE	1:1

Tabella 1- Fasi di sviluppo della tecnologia

La prima fase, relativa al modello concettuale, è finalizzata a validare il progetto mediante prove con onde regolari e a ottimizzarlo mediante prove con onde irregolari. Si basa su prove sperimentali su piccola scala, mediamente 1:50, riferita all'altezza significativa dell'onda di riferimento.

Nell'ambito della comune partecipazione al Progetto B.1.5, obiettivo d) dell'Accordo di Programma tra ENEA e Ministero per lo Sviluppo Economico per la ricerca di sistema elettrico, PAR 2013, ENEA e Politecnico di Torino hanno messo insieme le rispettive competenze in una azione congiunta di maggiore efficacia.

In particolare il Politecnico, grazie alla sua esperienza nello sviluppo del sistema ISWEC con giroscopio, ha elaborato il modello matematico e ha svolto la progettazione meccanica di dettaglio del prototipo, mentre l'ENEA, che ha pluriennale esperienza nella costruzione di impianti prototipali, ha collaborato alla definizione dei criteri di progettazione, ha curato la selezione della ditta esecutrice, ha svolto l'affidamento dei lavori, ha supervisionato le fasi di lavorazione, ha svolto i controlli geometrici e funzionali sul dispositivo, ne ha curato la spedizione presso i laboratori del Politecnico e ha fornito assistenza all'installazione e allo svolgimento delle prove.

Il prototipo realizzato ha dimensioni di circa 750 mm x 450 mm x 900 mm e corrisponde alla scala 1:45, idonea per eseguire i test nel canale di prova del Politecnico di Torino.

Il dispositivo è concepito per poter essere utilizzato anche per successive campagne di prova, che potranno essere oggetto del prossimo PAR o di altri programmi di sviluppo. Si trova attualmente presso i laboratori del Politecnico.

In Figura 1 è illustrato il principio di funzionamento del prototipo attraverso un disegno divulgativo.

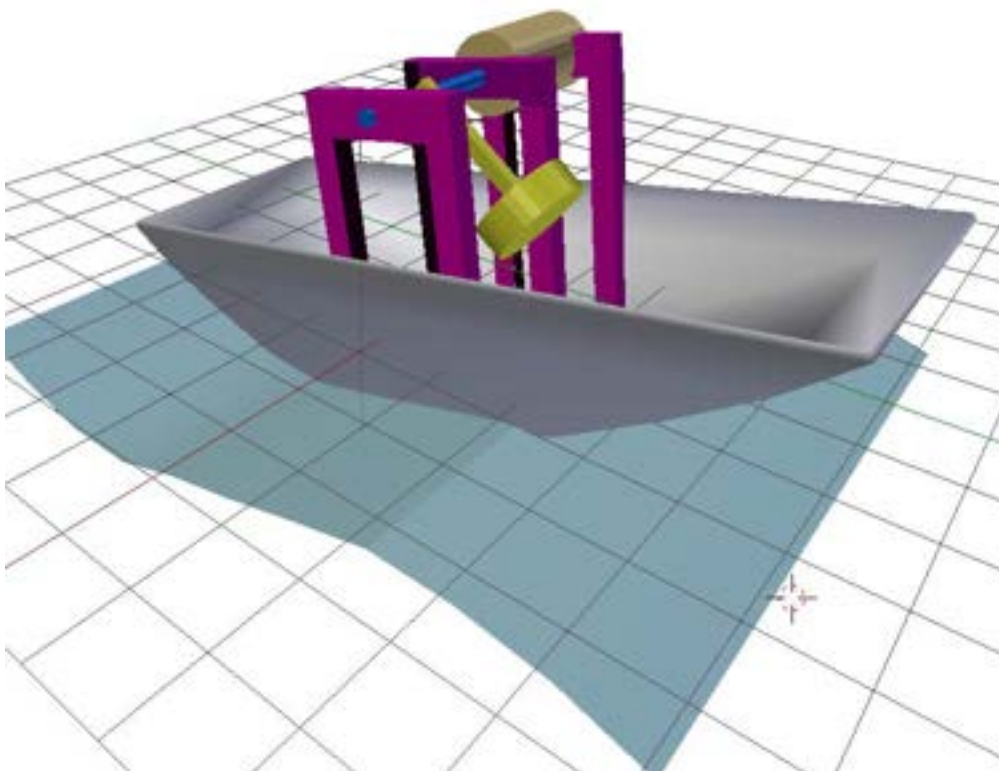


Figura 1- Principio di funzionamento del prototipo sperimentale

Il dispositivo si compone essenzialmente di uno scafo su cui è installata una massa pendolante collegata al generatore elettrico e supportata da un telaio. Ciascuno di questi elementi e il loro assemblaggio sono stati oggetto di studi specifici per realizzare il prototipo in modo da evidenziare i fenomeni fisici e renderne misurabili con maggiore accuratezza le grandezze che ne caratterizzano il funzionamento.

2 Progettazione meccanica

La progettazione meccanica è stata svolta dal Politecnico di Torino sulla base del dimensionamento di base e dei criteri precedentemente elaborati e illustrati nel rapporto n.1.

Il progetto esecutivo si compone di 30 tavole, che sono allegate al rapporto n.3, e dalla modellazione tridimensionale del meccanismo interno oscillante con relativo telaio.

La figura 2 riporta la sezione trasversale dell'insieme, in cui si evidenziano:

- lo scafo con la piastra di appoggio regolabile
- il telaio, con le guide per regolare l'altezza
- il meccanismo a pendolo, con la massa oscillante e la boccola di fissaggio al generatore elettrico.

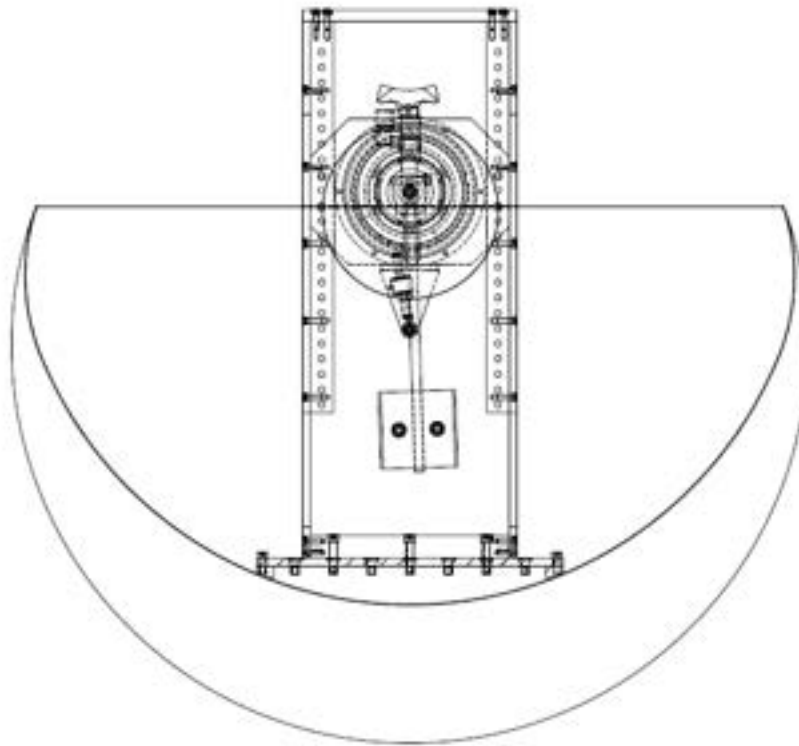


Figura 2- Sezione trasversale del prototipo

La Figura 3 riporta il modello tridimensionale del gruppo costituito dalla massa oscillante, dal telaio e dal generatore elettrico.



Figura 3- Modello 3D del meccanismo oscillante

La Tabella 2 riporta l'elenco delle parti principali dei diversi sottosistemi del prototipo.

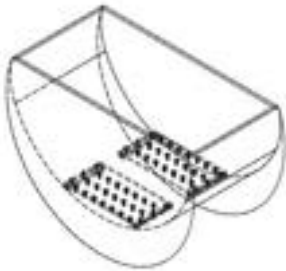
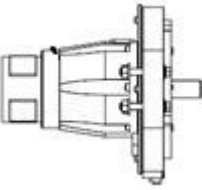
SCAFO	TRAVERSA SUPERIORE TRAVERSA LATO DESTRO TRAVERSA DI BASE TRAVERSA LATO SINISTRO GUIDA DI POSIZIONAMENTO CULLA CENTRALE PARETE LATERALE LONGHERONE DI ATTACCO LAMIERA LAMIERA BASE APPOGGIO COPERCHIO	
TELAIO		
PENDOLO	GIUNTO ALBERO BARRE FILETTATE BOCCOLA FISSAGGIO DISCO INERZIALE MASSA CENTRALE MASSA LATERALE GIUNTO SFERICO SKF BOCCOLA FILETTATA INTERFACCIA PIASTRA INTERFACCIA LATO GENERATORE	
GENERATORE		
CELLA DI CARICO		

Tabella 2- Parti principali del prototipo

3 Costruzione

Le attività di costruzione del prototipo hanno riguardato:

- Acquisizione dei materiali (laminati e profilati), dei componenti (cuscinetti) e della strumentazione (celle di carico)
- Lavorazione dei materiali (taglio, piegatura, foratura, saldatura, finitura)
- Assemblaggio delle parti
- Controllo delle saldature e verifiche dimensionali
- Controllo idraulico dello scafo
- Verifica funzionale del meccanismo pendolante
- Imballaggio e spedizione ai laboratori del Politecnico di Torino.

L'ENEA ha curato la selezione della ditta esecutrice, l'affidamento del lavoro, la supervisione alle fasi di lavorazione e di controllo, nonché l'accettazione del manufatto in fabbrica.

Le immagini successive, riprese nelle fasi di assemblaggio del prototipo, evidenziano la qualità e l'accuratezza delle lavorazioni.

La Figura 4 mostra il particolare del telaio in cui si evidenziano le piastre forate al fondo dello scafo per consentire i diversi posizionamenti della massa oscillante.



Figura 4- Particolare del telaio

La Figura 5 mostra una vista del prototipo assemblato in cui si evidenzia il montaggio del generatore elettrico sulla cerniera del pendolo.



Figura 5- Assemblaggio del prototipo

La Figura 6 mostra il cuscinetto interposto tra la parte fissa del generatore e il telaio per misurare il momento torcente all'asse mediante cella di carico.



Figura 6 - Cuscinetto con attacchi della cella di carico

La Figura 7 mostra il particolare del sistema oscillante in cui si evidenzia il sistema di fissaggio al telaio per variare l'altezza della cerniera rispetto al baricentro dello scafo.



Figura 7- Particolare del sistema oscillante

4 Verifiche e collaudi

Il prototipo è stato sottoposto a verifiche e controlli nelle diverse fasi:

- nel corso delle lavorazioni, da parte del fabbricante, con la supervisione dell'ENEA
- al completamento dei lavori, da parte dell'ENEA in sede di accettazione
- alla consegna presso i laboratori del Politecnico di Torino, del Politecnico.

In particolare, le attività svolte dall'ENEA hanno riguardato:

- Verifica dei materiali utilizzati
- Ispezione visiva delle attrezzature impiegate
- Assistenza ai controlli e alle verifiche del fabbricante

- Ispezione visiva del manufatto e dell'imballaggio.

La Figura 8 mostra il prototipo al termine della fase di assemblaggio in fabbrica.

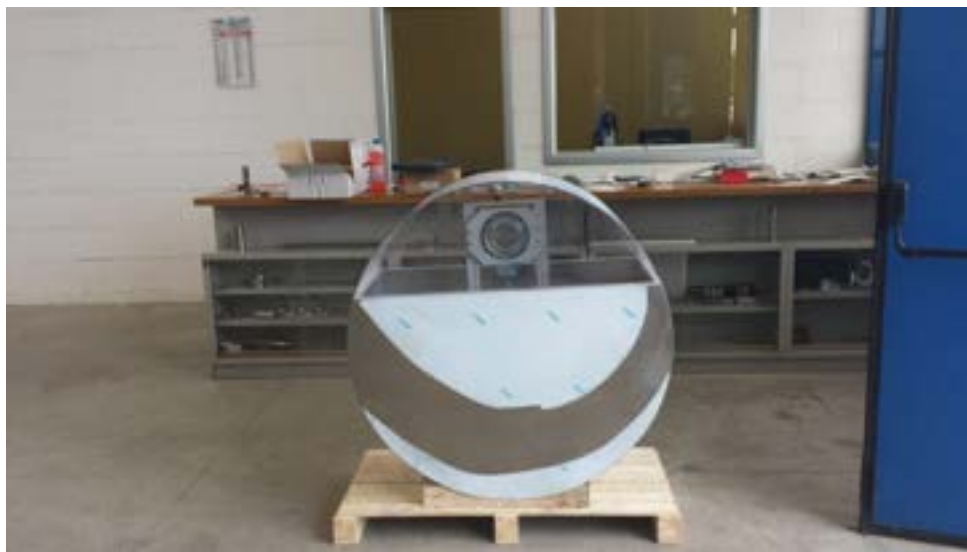


Figura 8- Completamento dell' assemblaggio in fabbrica

Le verifiche del Politecnico di Torino in sede di accettazione della spedizione hanno riguardato:

- ispezione visiva per verificare l'assenza di difetti evidenti di fabbricazione e di deformazioni a seguito del trasporto
- prova di tenuta idraulica dello scafo.

Successivamente sono state svolte le verifiche dell'assetto idrodinamico dello scafo per determinare la quantità e la posizione delle zavorre da inserire per garantire la stabilità durante le prove (v. Figura 9).

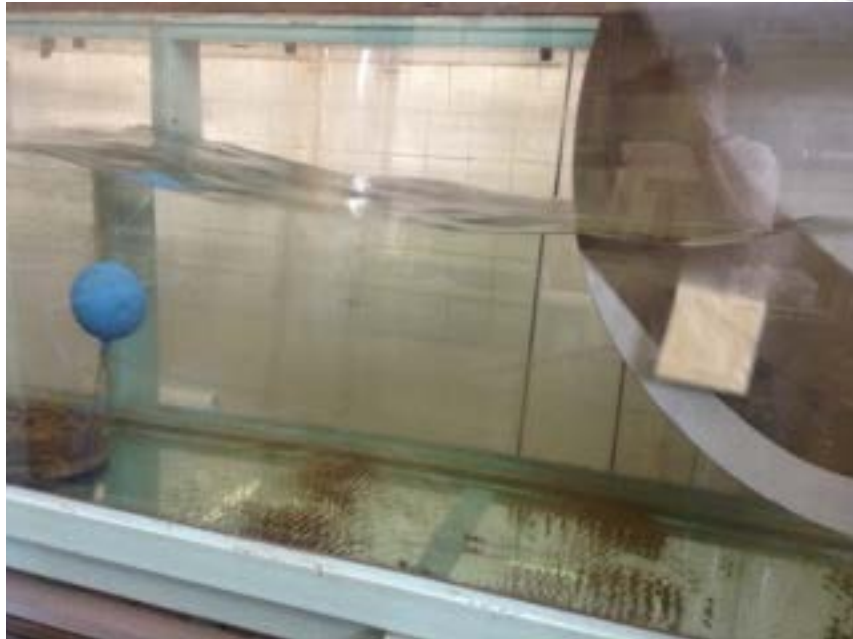


Figura 9 - Verifica idrodinamica dello scafo

5 Installazione

L'installazione del prototipo nel canale di prova del Politecnico di Torino ha comportato le seguenti attività:

- Montaggio del generatore elettrico e della cella di carico
- Fissaggio e cablaggio della strumentazione di bordo
- Collegamento elettrico con la strumentazione esterna
- Messa in acqua del prototipo
- Ancoraggio
- Verifiche dei collegamenti

Le operazioni di installazione sono state svolte dal Politecnico con assistenza dell'ENEA

La Figura 10 mostra l'operazione di messa in acqua del prototipo.

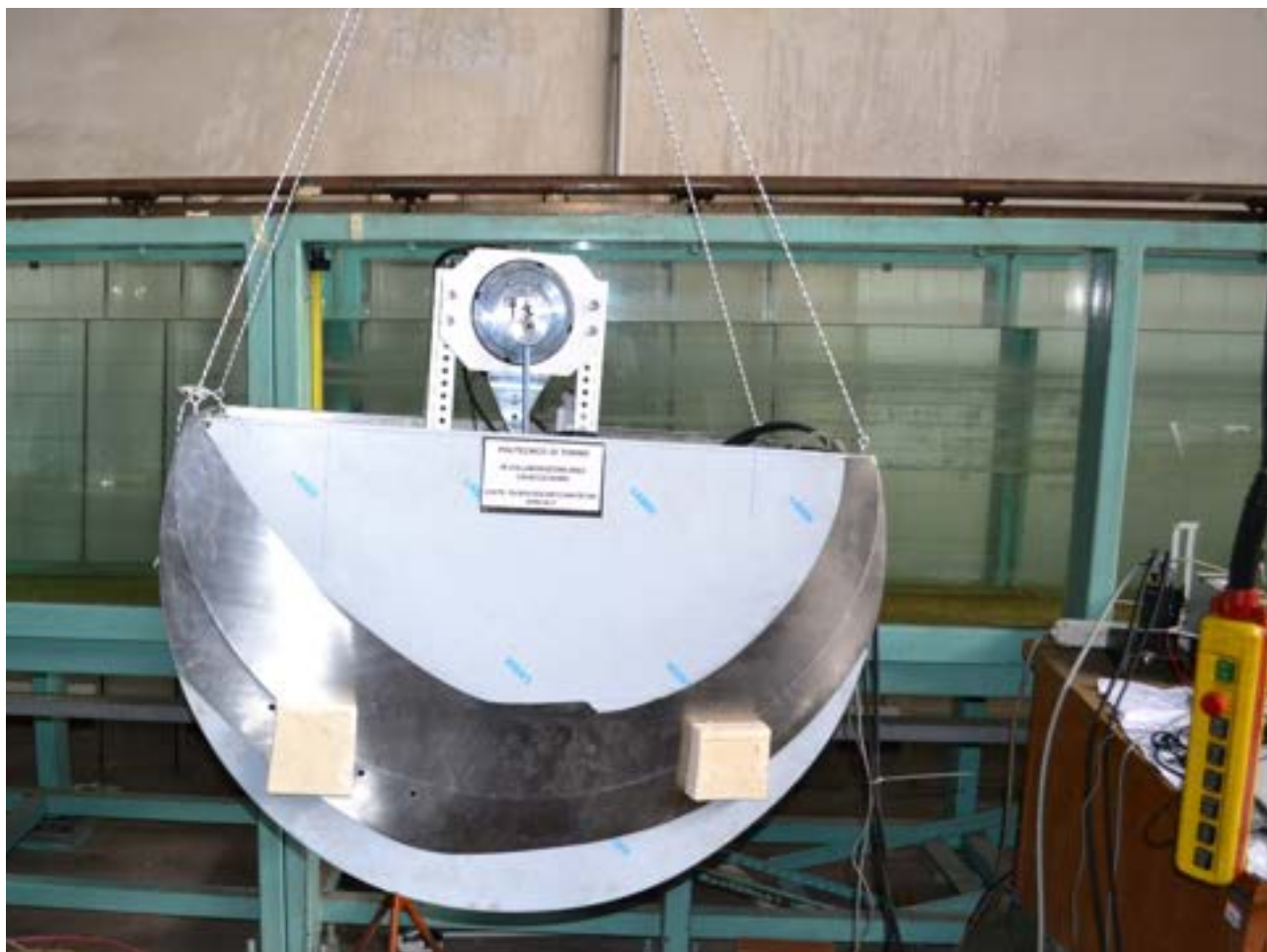


Figura 10- Messa in acqua del dispositivo

La Figura 11 mostra il canale di prova del Politecnico di Torino in cui è stato installato il prototipo.



Figura 11- Canale di prova del Politecnico di Torino

La Figura 12 mostra i computer e le schede di acquisizione utilizzate per il controllo delle prove sperimentali.



Figura 12- Strumentazione per il controllo dei test

6 Conclusioni

Le fasi di progettazione, costruzione e installazione nel canale di prova del prototipo sperimentale si sono svolte secondo i programmi stabiliti e non sono emersi problemi particolari.

La ditta esecutrice ha rispettato i tempi di consegna; la qualità delle lavorazioni e del manufatto sono risultate pienamente conformi alle specifiche fissate.

La collaborazione tecnica e scientifica tra Politecnico di Torino e ENEA è risultata proficua ed è quindi auspicabile che possa continuare ed eventualmente estendersi ad altri temi di ricerca applicata nel campo delle energie rinnovabili.