

COMUNE DI SIRACUSA

TITOLO PROGETTO:

RIELABORAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO DELL'APPRODO TURISTICO "MARINA DI SIRACUSA" SVILUPPATO SULLA BASE DEI CONTENUTI DEL PROGETTO PRESENTATO E DISCUSO IN CONFERENZA DEI SERVIZI IN DATA 15.02.2021

COMMITTENTE:

S.P.E.R.O. s.r.l.
Via Elorina 29 - 96100 Siracusa - Italy

PROGETTISTA GENERALE

TEAMNETWORK s.r.l. - Engineering & Management
Via Luigi Spagna 50/L-M, 96100 Siracusa - Italy



TITOLO ELABORATO:

STUDIO IDRODINAMICO

Scala

Formato

FILE

PROGETTISTA

Progettista architettonico:
Arch. Mario Rizza

Progettista strutture ed impianti:
Ing. Paolo Calafiore

Geologia e Ambiente:

Dott. G. Bellomo

Dott. G. Anselmo

NUMERO DOCUMENTO

IMM12-08

MdS

PD

REL

SDC-SI

03

R0

JOB N.

COD. 1

COD. 2

COD. 3

COD. 4

COD. 5

REV. n.

N. REV

DATA

DESCRIZIONE

DRW.

CHK.

APP.

COMUNE DI SIRACUSA
Provincia di Siracusa

MARINA DI SIRACUSA

**RIELABORAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO DELL'APPRODO TURISTICO
"MARINA DI SIRACUSA" SVILUPPATO SULLA BASE DEI CONTENUTI DEL PROGETTO
PRESENTATO E DISCUSO IN CONFERENZA DEI SERVIZI IN DATA 15.02.2021**

STUDIO IDRODINAMICO

GIUGNO 2023

VERSIONE:	DESCRIZIONE:	PREPARATO:	APPROVATO:	DATA:
01	EMISSIONE			21/06/2023
NOME FILE:			DISTRIBUZIONE: RISERVATA	

INDICE

1. PREMESSA	1
2. INTRODUZIONE	2
3. DESCRIZIONE DEL MODELLO	3
3.1 EQUAZIONI BASE	3
3.2 CONDIZIONI AL CONTORNO	4
3.3 FORZANTI.....	5
4. DETERMINAZIONE DEL DOMINIO DI CALCOLO	7
5. SCELTA DELLE CONDIZIONI METEOMARINE DA SIMULARE	9
6. SIMULAZIONI EFFETTUATE.....	12
7. SIMULAZIONI DEGLI EFFETTI DOVUTI AL FENOMENO DELLA MAREA	13
7.1 LAYOUT DI STATO DI FATTO	13
7.2 LAYOUT DI PROGETTO	16
8. SIMULAZIONI RELATIVE AGLI EFFETTI DOVUTI ALLE FORZANTI DI MAREA E METEOROLOGICHE	20
8.1 SIMULAZIONE RELATIVA AGLI EFFETTI DOVUTI ALLA MAREA E AL VENTO DA SCIROCCO	20
8.1.1 RISULTATI DEL LAYOUT S.D.F.	20
8.1.2 RISULTATI DEL LAYOUT "PROG"	24
8.2 SIMULAZIONE RELATIVA AGLI EFFETTI DOVUTI AI FENOMENI DELLA MAREA E DEL VENTO DA GRECALE	27
8.2.1 RISULTATI DEL LAYOUT S.D.F.	27
8.2.2 RISULTATI DEL LAYOUT "PROG."	31
9. SIMULAZIONI RELATIVE AGLI EFFETTI DOVUTI AI FENOMENI DI MAREA E DI APPORTO IDRICO CONTINUO DA PARTE DELL'ANAPO	35
9.1 RISULTATI DEL LAYOUT "SDF"	35
9.2 RISULTATI DEL LAYOUT "PROG"	38
10. RIEPILOGO DEI RISULTATI E CONCLUSIONI	41
10.1 EFFETTI DOVUTI ALLA MAREA ASTRONOMICA	41
10.2 EFFETTI DOVUTI ALLA MAREA ASTRONOMICA E AL VENTO DA SCIROCCO	42
10.3 EFFETTI DOVUTI ALLA MAREA ASTRONOMICA E AL VENTO DA GRECALE.....	42
10.4 EFFETTI DOVUTI ALLA MAREA ASTRONOMICA E AL CONTRIBUTO IDRICO DEL F.ANAPO	43
10.5 CONCLUSIONI.....	43

1. PREMESSA

Questo elaborato fa parte degli studi specialistici redatti a supporto del progetto **PROGETTO DEFINITIVO DELL'APPRODO TURISTICO "MARINA DI SIRACUSA" SVILUPPATO SULLA BASE DEI CONTENUTI DEL PROGETTO PRESENTATO E DISCUSO IN CONFERENZA DEI SERVIZI IN DATA 15.02.2021**

Il concetto che sta alla base di questo corpo documentale, è quello che la realizzazione di qualsiasi tipologia di infrastruttura ovvero qualsiasi attività antropica legata alla presenza della stessa, interagisce inevitabilmente con i processi climatici, idrodinamici e sedimentologici del sistema costiero in cui sono inserite, caratterizzato da un complesso equilibrio "dinamico".

Tali interazioni possono provocare fenomeni spesso complessi da prevedere e i cui effetti sicuramente ricadono sia sull'ambiente, sia sull'intero sistema, compromettendo talvolta anche le stesse strutture antropiche.

Un approccio moderno che consenta la comprensione dei possibili scenari futuri connessi alla costruzione delle opere in progetto è rappresentato da uno studio "omnicomprensivo" di tutte le caratteristiche in gioco, che, anche tramite l'uso di modelli matematici, descrive i fenomeni reali e può proporre la previsione degli scenari futuri.

Il corpo documentale degli studi tecnici è quindi da intendersi come un unico testo organico, in cui ogni singolo elaborato rappresenta solo un capitolo dedicato ad un determinato aspetto.

In particolare lo studio climatologico, lo studio idraulico marittimo, lo studio idrodinamico, lo studio della dinamica della costa, lo studio della qualità delle acque e lo studio idrologico-idraulico costituiscono le tessere di un puzzle che insieme definiscono il "quadro ambientale" in cui viene inserito il progetto proposto e di cui si vogliono individuare gli impatti indotti.

2. INTRODUZIONE

Questa relazione ha per oggetto le indagini di tipo idrodinamico effettuate per il sito del Porto Grande di Siracusa, sede delle opere in progetto.

Lo scopo è quello di determinare le caratteristiche idrodinamiche e climatologiche dell'area interessata, tramite l'uso di modelli matematici che utilizzando i dati a disposizione e, applicando equazioni specifiche, descrivono i fenomeni reali e possono proporre la previsione degli scenari futuri.

Determinare tali caratteristiche è fondamentale a causa dell'interdipendenza dei fenomeni idrodinamici con gli altri fenomeni in gioco, quali quelli legati alla sedimentologia, al trasporto solido litoraneo e alla qualità delle acque.

In particolare sono stati indagati sia il layout di stato di fatto che la configurazione prevista dalle opere in progetto, tramite l'uso del modello matematico numerico agli elementi finiti ADCIRC (sviluppato da Luettich R.A. e Westerink J.J., 2000) secondo condizioni meteomarine differenti, con il fine di verificare se la realizzazione delle opere in progetto comporti o meno la presenza di impatti sostenibili.

Dapprima, in questo elaborato, sarà descritto il modello di calcolo utilizzato, in seguito saranno descritte le condizioni al contorno e le forzanti considerate; infine verranno analizzati i risultati ottenuti con le simulazioni numeriche al fine di verificare se la realizzazione delle opere in progetto comporti la presenza di impatti sostenibili rispetto alle condizioni di stato di fatto.

3. DESCRIZIONE DEL MODELLO

In questo capitolo saranno descritti il modello numerico, il suo funzionamento e le possibili condizioni al contorno implementabili.

3.1 EQUAZIONI BASE

ADCIRC è un modello numerico che si basa sulla soluzione del problema del moto 2D per un fluido in movimento su un sistema ruotante come quello terrestre (Luettich R.A., Westerink J.J., 2000).

L'equazioni base sono state formulate usando la pressione idrostatica tradizionale e le approssimazioni di Boussinesq ed è possibile usare sia un sistema di coordinate cartesiane che in coordinate sferiche; le equazioni sono state discretizzate nello spazio usando il metodo agli elementi finiti (FE) e nel tempo usando il metodo alle differenze finite (FD).

Il modello ADCIRC risolve il sistema costituito dall'equazione di continuità primitiva:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial UH}{\partial x} + \frac{\partial VH}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

In cui :

- $z(x,y,t)$ è l'elevazione della superficie libera,
- $U, V(x,y,t)$ sono le componenti orizzontali della velocità,
- t è la variabile tempo,
- x, y sono le variabili spaziali di riferimento,

e dalle equazioni della quantità di moto (nella forma non conservativa):

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} + fV = -\frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{p_s}{\rho_0} + g\zeta - g(\eta + \gamma) \right] + \frac{\tau_{xx}}{\rho_0 H} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0 H} + D_x - B_x \quad (2)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + fU = -\frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{p_s}{\rho_0} + g\zeta - g(\eta + \gamma) \right] + \frac{\tau_{yy}}{\rho_0 H} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0 H} + D_y - B_y \quad (3)$$

in cui :

- f è il parametro di Coriolis,
- g è l'accelerazione di gravità,
- ρ_s e ρ sono la densità dell'acqua e la densità di riferimento,
- $(h + g)$ rappresenta l'azione dovuta al potenziale gravitazionale (marea newtoniana, attrazione della terra e degli altri corpi),
- H è l'altezza della colonna d'acqua,
- $\tau_{sx} \tau_{sy}$ sono gli sforzi di trascinamento superficiali (dovuti ad esempio all'azione del vento),

- t_{bx} t_{by} sono gli sforzi dovuti all'azione di attrito del fondale,
- B_y e B_x sono i termini relativi gradienti di pressione,
- D_x e D_y sono i termini dispersivi-diffusivi.

L'elevazione $z(x,y,t)$ è ottenuta dalla soluzione dell'equazione di continuità integrata sulla profondità nella forma "Generalized Wave-Continuity Equation" (GWCE)", al fine di evitare problemi di tipo numerico che nascono dall'uso del metodo di Galerkin per la discretizzazione spaziale.

$$\frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} + \tau_0 \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} - UH \frac{\partial \tau_0}{\partial x} - VH \frac{\partial \tau_0}{\partial y} = 0 \quad (4)$$

IN CUI:

$$A_x \equiv \frac{\partial UH}{\partial t} + \tau_0 UH = \frac{\partial Q_x}{\partial t} + \tau_0 Q_x \quad (5)$$

$$A_y \equiv \frac{\partial VH}{\partial t} + \tau_0 VH = \frac{\partial Q_y}{\partial t} + \tau_0 Q_y \quad (6)$$

τ_0 è un parametro numerico variabile spazialmente usato come funzione peso tra l'equazione primitiva e la sua forma modificata GWCE.

Le componenti della velocità $U(x,y,t)$, $V(x,y,t)$ sono invece calcolate dalle equazioni della quantità di moto.

3.2 CONDIZIONI AL CONTORNO

Tra le condizioni al contorno che è possibile imporre in ADCIRC si enumerano:

- Elevazione dovuta al potenziale gravitazione (come serie nel tempo o calcolate per mezzo dell'analisi armonica delle costituenti di marea)
- Specifico "flusso normale" (apporti idrici provenienti da corsi d'acqua)
- Stress superficiale (provocato dal vento e/o dal wave radiation stress)
- Pressione atmosferica.

L'implementazione delle condizioni al contorno (e delle forzanti) segue una determinata architettura dei files di input (fort.xx), che il codice richiede.

3.3 FORZANTI

Le forzanti implementate in questo studio dal codice numerico ADCIRC sono:

- la forzante di marea,
- la forzante meteorologica,
- l'apporto idrico continuo proveniente dal fiume Anapo.

La forzante di marea rappresenta la variazione di livello idrico dovuta all'azione delle forze di tipo gravitazionale sulla massa liquida.

L'equazione di riferimento (REID 1990) è :

$$\eta(\lambda, \phi, t) \equiv \sum_{j,n} \alpha_{jn} C_{jn} f_{jn}(t_0) L_j(\phi) \cos\left[2\pi(t-t_0)/T_{jn} + j\lambda + \nu_{jn}(t_0)\right] \quad (7)$$

In cui:

- α_{jn} è il fattore di riduzione del campo gravitazione (cfr. Wahr-1981),
- $\nu_{jn}(t_0)$ è l'angolo di equilibrio , che tiene conto della variazione temporale del parametro di fase (cfr. Schureman -1958),
- L_j sono la longitudine e la latitudine,
- C_{jn} è l'ampiezza relativa della marea,
- $f_{jn}(t_0)$ è il fattore nodale che tiene conto dell' influenza della marea di periodo 18,6 anni sulle maree di corto periodo (cfr. Schureman -1958),
- $L(F)$ è un parametro che dipende dalla latitudine,
- T_{jn} è il periodo della marea,
- T_0 è il tempo di riferimento,

Tale forzante viene implementata in ADCIRC sul contorno di "mare aperto" del dominio, indicando per ogni nodo del contorno stesso le componenti di marea principali e i valori dei coefficienti caratteristici delle componenti stesse, compresi i valori di ampiezza relativa e fase, che dipendono dal sito di interesse.

La variazione del livello idrico è caratterizzata da un termine legato agli effetti dell' attrito del fondale, secondo le seguenti equazioni:

$$t_{bx} = Ut^* \quad (8)$$

$$t_{by} = Vt^* \quad (9)$$

in cui:

- V e U sono le componenti orizzontali della velocità ;
- t^* è funzione del coefficiente di attrito (coefficiente di Drag) C_f e della velocità mediata lungo la colonna d'acqua.

Il termine t^* può essere espresso tramite una relazione che può essere lineare o quadratica:

$$t^* = C_f (10)$$

$$t^* = C_f (1/H) (U^2 + V^2)^{1/2} (11)$$

Il valore minimo consigliato che $C_{f \min}$ deve assumere è 0.0025.

Per valutare C_f si possono applicare le seguenti applicazioni:

1. nel caso di acque alte ($H > H_{break}$)

$$C_f = C_{fmin} (12)$$

2. nel caso di acque basse ($H < H_{break}$)

$$C_f = C_{fmin} (H_{break}/H)^g (13)$$

in cui

- $g = 1/3$
- H_{break} l'altezza di rottura dell'onda,
- n è il coefficiente di Manning;
- $C_{fmin} = gn^2/H_{break}^g$,

Il flusso normale può essere inserito in ADCIRC come serie nel tempo o calcolato per mezzo dell'analisi armonica delle costituenti di marea.

Le forzanti di tipo meteorologico (velocità del vento e pressione atmosferica) possono essere implementati secondo varie modalità in ADCIRC.

Tra le opzioni più semplici c'è quella relativa alla costruzione di una serie temporale per più nodi della mesh di calcolo, per ognuno dei quali vengono indicate le componenti (secondo il sistema di riferimento adottato) della VEL_{10} (velocità del vento a 10 m rispetto al l.m.m.) misurata in nodi, e il valore della pressione atmosferica in hPa.

ADCIRC implementa una routine che permette di calcolare sia lo sforzo dovuto al vento a partire dai dati di velocità sia la variazione di livello idrico, dovuta al gradiente pressione atmosferica.

4. DETERMINAZIONE DEL DOMINIO DI CALCOLO

Il dominio computazionale scelto ha una forma semicircolare centrata rispetto al sito di interesse, a delimitare il tratto di costa tra Capo Panagia e Capo Murro di Porco.

La profondità di mare aperto è circa 100 m rispetto al l.m.m.

Il contorno esterno ha una lunghezza di circa 5,750 Km.

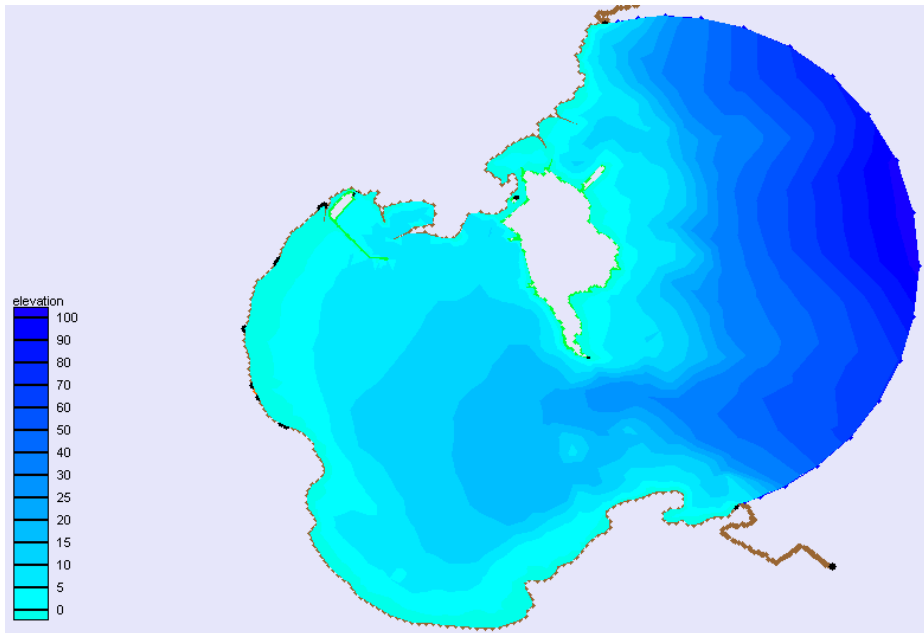


Figura 1 - Planimetria raffigurante il dominio ADCIRC

Sono stati investigati due domini di calcolo, uno relativo alle condizioni distato di fatto e uno alla configurazione di progetto.

Gli elementi della mesh sono triangolari e di dimensioni e densità variabili, al fine di ottenere una maggiore risoluzione in specifiche zone, ad esempio vicino alla costa ed alle opere portuali.

Il numero di elementi della mesh di stato di fatto è pari a 3251 e il numero di nodi è 1923.

Il numero di elementi della mesh di progetto è pari a 2720 e il numero di nodi è 1920.



Figura 2 - Planimetria raffigurante la mesh ADCIRC per il layout "Stato di Fatto"

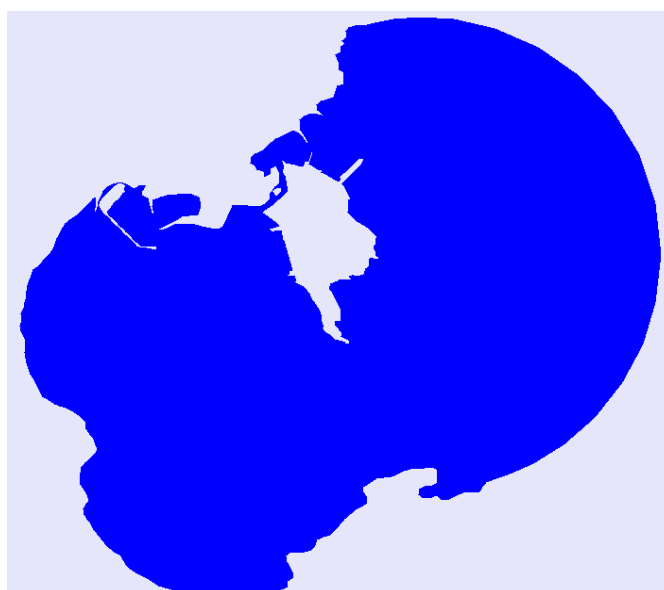


Figura 3 - Planimetria raffigurante la mesh ADCIRC per il layout "Configurazione di Progetto"

5. SCELTA DELLE CONDIZIONI METEOMARINE DA SIMULARE

Il sito di interesse è quello della baia del Porto Grande di Siracusa, che si estende tra l'isola di Ortigia e la penisola della Maddalena.

La batimetria all'interno del Porto Grande è variabile tra 0 e 30 m sotto il l.m.m.

Questo tratto di costa è caratterizzata dall'alternarsi di arenili (come quello del Pantanelli) e di promontori rocciosi (P. Pero e P. Castelluccio).

Inoltre nella baia vi è localizzata la foce del sistema fluviale Anapo-Ciane-Mammaiabica del canale Pantanelli e di altri canali minori.

Dall'analisi anemologiche effettuate (cfr. elaborato B.1- SC "Studio Climatologico") si osserva che durante l'anno i venti dominanti provengono da levante e grecale; nel periodo invernale i venti regnanti sono quelli da grecale, nel periodo estivo i venti dominanti sono quelli da levante e scirocco.

Ai fini del presente studio la marea astronomica assume una notevole rilevanza.

Per le simulazioni condotte è stato scelto un periodo di 4 giorni, ritenuto adeguato per valutare almeno 2 cicli di marea semidiurna in conformità con le indicazioni sulla qualità dei bacini chiusi fornite dall' US Environmental Protection Agency-EPA (1985).

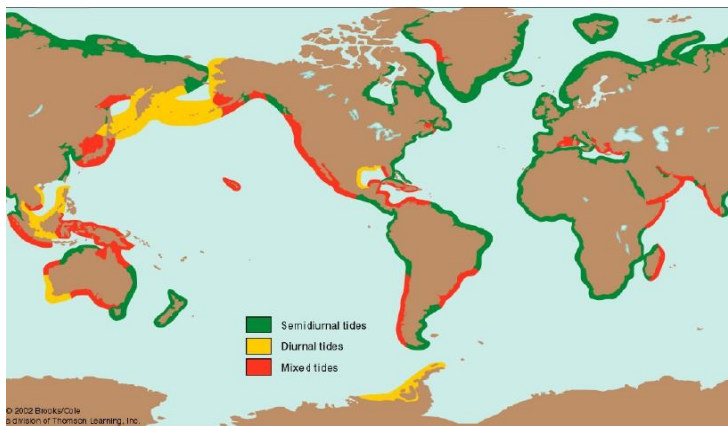


Figura 4 - Planisfero relativo alla distribuzione della tipologia di marea

Il fenomeno periodico della marea, come è noto, è caratterizzato dalla sovrapposizione di più "componenti" ognuna delle quali caratterizzate da un periodo e da un'ampiezza relativa.

Tra queste sono state scelte quelle principali a cui a cui competono gli effetti maggiori in termini di escursione dei livelli idrici.

Di seguito si riporta il prospetto di riepilogo delle componenti principali usate per comporre la forzante di marea in questo studio.

COMPONENTE	SIMBOLO	PERIODO (H)	AMPIEZZA RELATIVA
LUNARE PRINCIPALE	M2	12,42	100,00
SOLARE PRICIPALE	S2	12,00	46,00
LUNARE ELLITTICA MAGGIORE	N2	12,66	19,20
LUNISOLARE DIURNA	K1	23,93	58,40
LUNARE DIURNA PRINCIPALE	O1	25,82	41,50
SOLARE DIURNA PRINCIPALE	P1	24,07	19,40

Tabella 1 - Componenti di marea principali

Usualmente i valori delle costanti di marea (ampiezza assoluta, frequenza, fattore di riduzione, fattore nodale, e angolo di equilibrio), che dipendono dalla localizzazione geografica del sito e dal tempo di riferimento delle simulazioni si determinano facendo riferimento al database di Le Provost.

Poichè il database di Le Provost risulta incompleto alle nostre latitudini per quanto riguarda i valori delle costanti "ampiezza relativa" e "fase", si è scelto di fare riferimento a quelli determinati sulla base delle registrazioni di livello idrico del mareografo A.P.A.T. di Catania, in quanto non sono reperibili dati ufficiali di escursione di marea nel sito di Siracusa.

Di seguito se ne riporta il prospetto riepilogativo:

AMPIEZZA E FASE (CATANIA)					
COMPONENTI					
	M2	S2	N2	K1	O1
AMPIEZZA	6,6	3,8	1	1,6	1,2
FASE	95°	95°	111°	60°	66°

Tabella 2 - Valori dei coefficienti di ampiezza e fase per il sito di Catania

La forzante meteorologica è stata implementata in modo tale da simulare raffiche di vento continue per tutta la durata delle simulazioni con intensità pari al valore associato alla frequenza di accadimento maggiore, registrate nella serie dei dati anemologici presso la stazione automatica dell' Aeronautica di Siracusa (cfr. elaborato B.1- SC "Studio Climatologico") per le due direzioni di scirocco e grecale.

Di seguito si riporta il prospetto riepilogativo delle forzanti di vento simulati.

DIR	U (nodi)	V (nodi)
GRECALE	-5.64558E+00	-5.66810E+00
SCIROCCO	-2.09413E+00	-7.72105E+00

Tabella 3 - Prospetto riassuntivo delle forzanti anemologiche associate alla maggiore frequenza di accadimento utilizzate durante le simulazioni

La forzante "portata", è stata investigata generando i dati di input a partire dalla previsione dell'idrogramma di piena per T=2 anni del fiume Anapo (cfr. elaborato B.5-SIDR "Studio Idrologico").

In particolare si è costruita una serie temporale per la portata unitaria nel dominio di calcolo per ognuno dei tre nodi della mesh relativi al tratto interessato; la portata in ogni nodo e ad ogni passo temporale è stato posto pari ad un terzo del valore della portata per unità di larghezza.

Di seguito si riporta il diagramma temporal della portata unitaria.

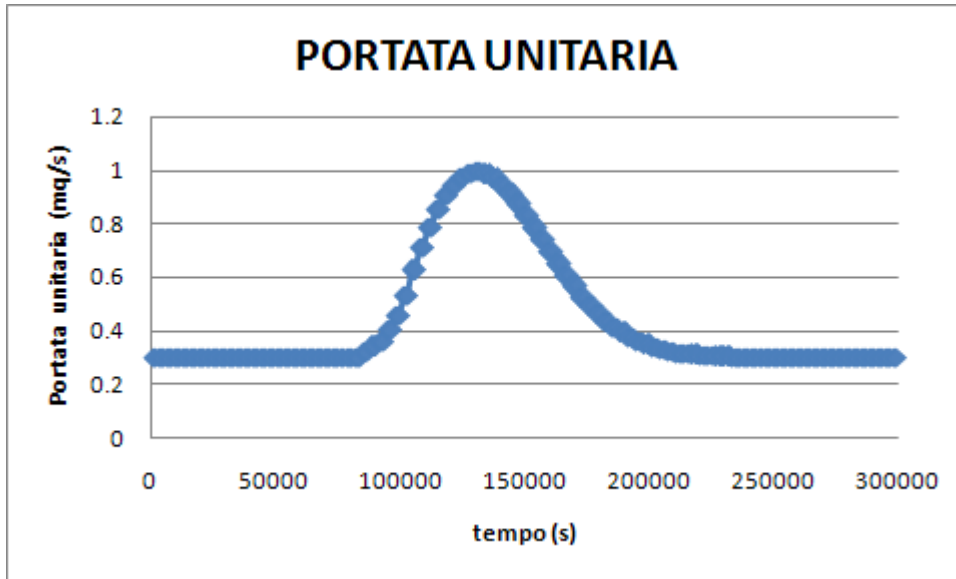


Figura 5 - Diagramma temporale della portata unitaria del fiume Anapo

6. SIMULAZIONI EFFETTUATE

Il numero totale delle simulazioni condotte è 8, 4 per la configurazione di “Stato di Fatto” (di seguito indicata come S.D.F.) e 4 per la configurazione di “Progetto” (di seguito indicata come PROG.) secondo il seguente schema:

DURATA	FORZANTI
4 gg	MAREA
	MAREA + SCIROCCO
	MAREA + GRECALE
	MAREA + PORTATA ANAPO

Tabella 1 - Prospetto riassuntivo delle forzanti meteo marine utilizzate durante le simulazioni

Per ognuna delle simulazioni effettuate sono state estratti i diagrammi temporali per le grandezze scalari “livello idrico” e “velocità” nel punto di controllo P.4, già ritenuto identificativo dell’area interessata dalle opere in progetto durante le elaborazioni STWAVE, CGWAVE, ed ACES (cfr. “Studio Idraulico Marittimo”).

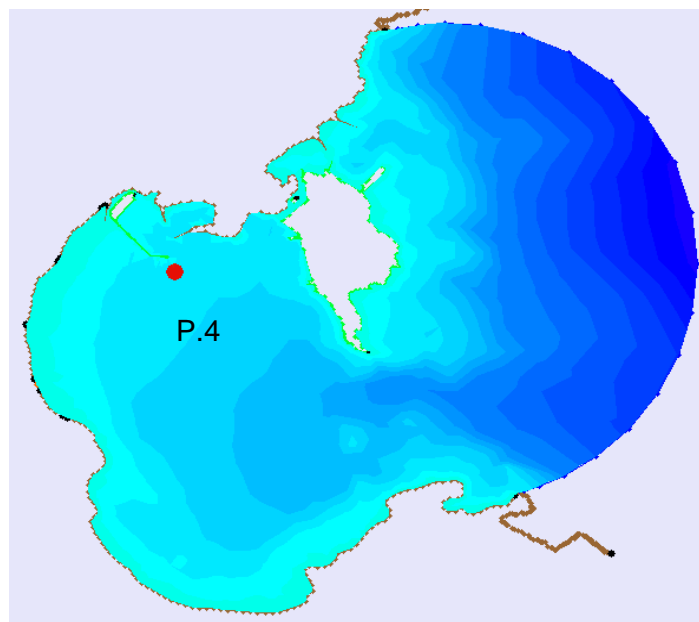


Figura 6 - Localizzazione dei Punto di controllo all’interno del domino di calcolo

Inoltre per quanto riguarda la distribuzione spaziale del vettore velocità sono state estratte sia delle planimetrie a grande scala raffiguranti l’intero bacino del Porto Grande di Siracusa, sia a piccola scala raffiguranti l’area interessata dalle opere in progetto.

7. SIMULAZIONI DEGLI EFFETTI DOVUTI AL FENOMENO DELLA MAREA

Di seguito si riportano i risultati ottenuti a seguito delle simulazioni relative agli effetti dovuti al fenomeno della marea, nei due casi del layout di stato di fatto e del layout di progetto.

7.1 LAYOUT DI STATO DI FATTO

Di seguito si riportano i diagrammi temporali delle grandezze “livello idrico” e “velocità”, determinati nel punto P.4, situato in prossimità del sito destinato ad accogliere le opere in progetto (cfr. figura 6), per il layout di stato di fatto.

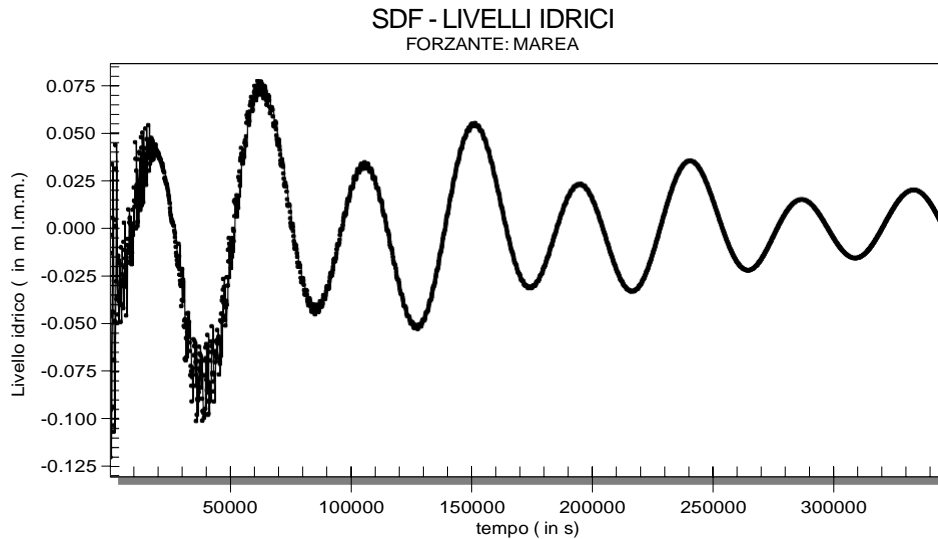


Figura 7 - Diagramma temporale del livello idrico durante la simulazione relativa alla forzante di marea per il layout “SDF”, nel punto di controllo 4.

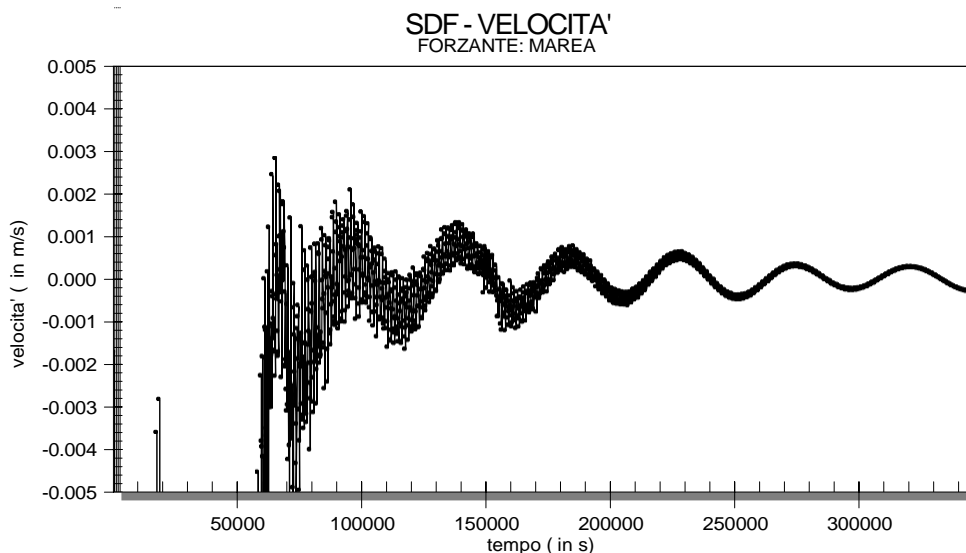


Figura 8 - Diagramma temporale delle velocità durante la simulazione relativa alla forzante di marea per il layout “SDF”, nel punto di controllo 4

In entrambi i diagrammi si evidenzia una fase iniziale di autocalibrazione di durata pari a 33 ore caratterizzata da oscillazioni numeriche di grande entità; tali oscillazioni

sono causate dal fatto che all'istante iniziale i parametri di input (elevazione e velocità) assumono in tutti i nodi valori nulli.

Il diagramma delle oscillazioni di livello conferma il carattere semidiurno dello stato di marea che caratterizza il sito; la variazione della marea astronomica compresa per tutto il sito del Porto Grande è compresa tra -34 e + 25 cm, in particolare nel punto di controllo P.4 (in prossimità dell'area destinata ad accogliere le opere in progetto, cfr. figura 6) essa è compresa tra -5,0 e +7,5 cm.

Le velocità assolute nell'intero dominio sono comprese tra 0 e 2 m/s.

Il diagramma delle velocità mostra che l'intervallo di variazione accettabile per questa grandezza è compreso nel punto P.4. tra - 0.0001 m/s e 0.001 m/s.

In conformità alla regole della fisica dei moti oscillatori, i valori estremi delle velocità vengono raggiunti negli istanti in cui l'elevazione rispetto al livello medio marino è pressochè nulla.

Il regime delle correnti risulta essere ben delineato e facilmente osservabile nell'intervallo di simulazione 51 – 60 ore, a partire dall'inizio delle simulazioni.

Tale periodo è stato ritenuto idoneo per la valutare i trend circolatori principali all'interno del bacino del Porto Grande.

La scala cromatica è tale che è stato assegnato al colore rosso il valore 0,001 m/s ed al blu il valore di 0,00 m/s, al fine di enfatizzare al meglio i trend circolatori indotti.

Nel configurazione di stato di fatto, all'interno del Porto Grande, a causa degli effetti dovuti esclusivamente al fenomeno della marea, si generano due correnti principali :

- la prima a sud avente senso antiorario,
- la seconda a nord avente senso orario dalla foce dell' Anapo verso l'imboccatura del Porto Grande presso Ortigia.

Si osserva che questi risultati sono compatibili con quelli ottenuti con gli altri studi facenti parte del corpo documentale di questo progetto (cfr. gli elaborati B.3.1-SDC“Studio della Dinamica delle Coste” ed B.4.2 –SQA“Studio sulla qualità delle acque”).

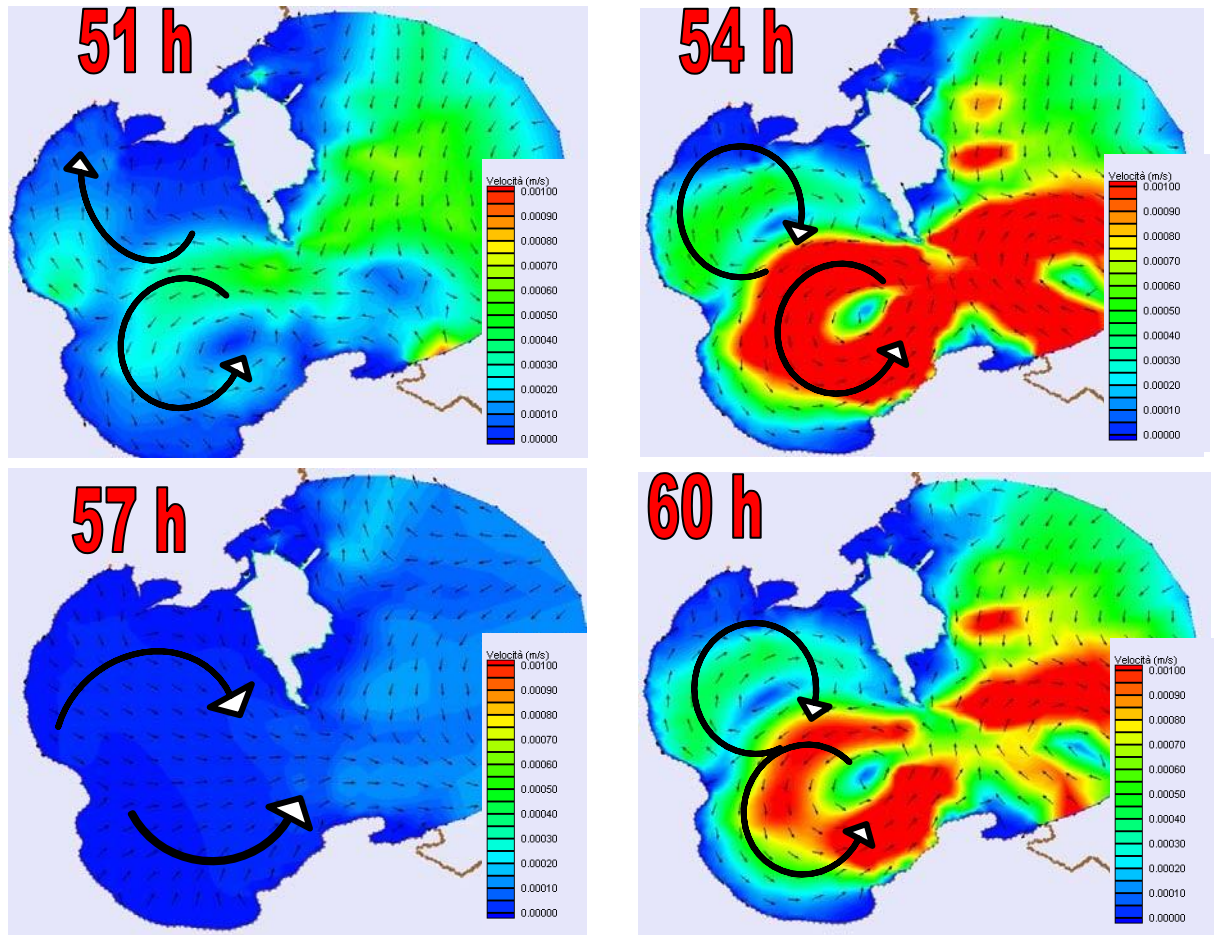


Figura 9 - Distribuzione planimetrica del vettore velocità durante la simulazione relativa alla forzante di marea per il layout "SDF", durante il periodo di osservazione 51-60 h.

Inoltre è stato possibile identificare il regime delle correnti nel sito destinato ad ospitare le opere in progetto, nelle condizioni di stato di fatto.

Si osserva la presenza della corrente superficiale in senso orario dalla foce dell'Anapo verso l'isola di Ortigia.

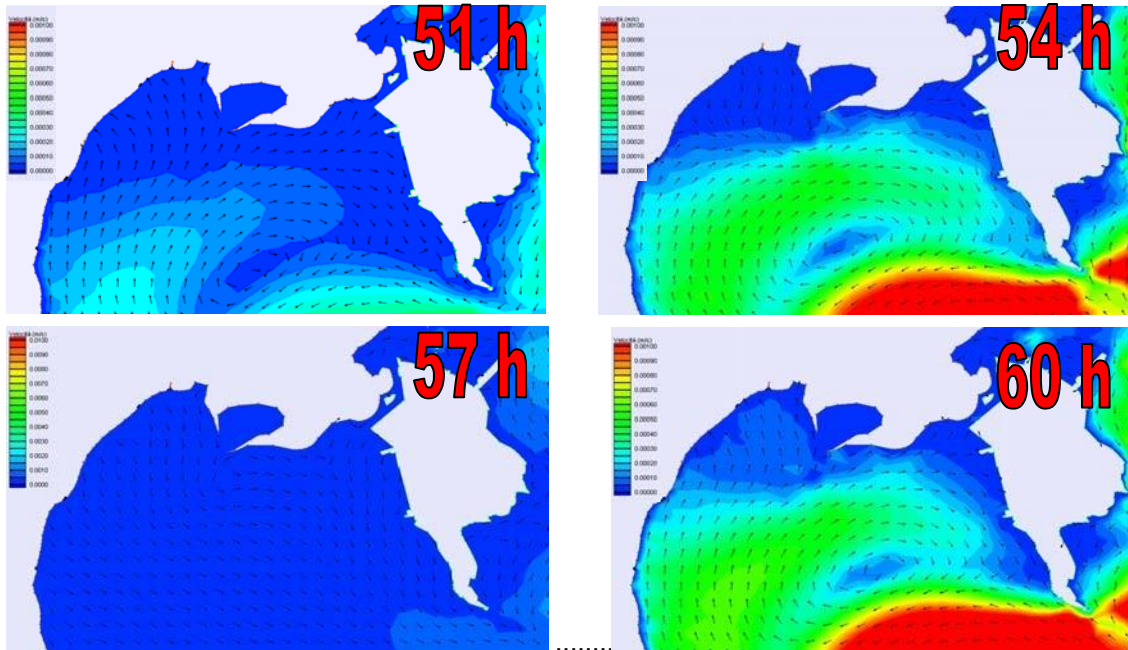


Figura 10 - Distribuzione planimetrica del vettore velocità durante la simulazione relativa alla forzante di marea per il layout "SDF", in prossimità del sito destinato ad ospitare le opere in progetto.

7.2 LAYOUT DI PROGETTO

Di seguito si riportano i diagrammi temporali delle grandezze "Livelli Idrici" ed "velocità" determinati nel punto P.4 (cfr. Figura 6) per il layout di progetto.

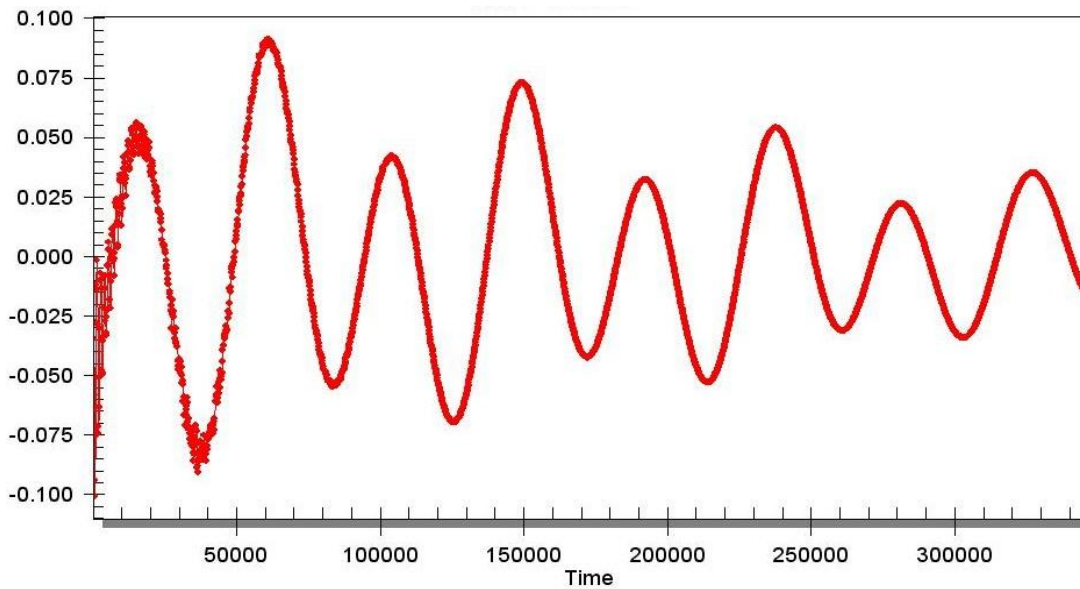


Figura 11 - Diagramma temporale del livello idrico durante la simulazione relativa alla forzante di marea per il layout "PROG", nel punto di controllo 4.

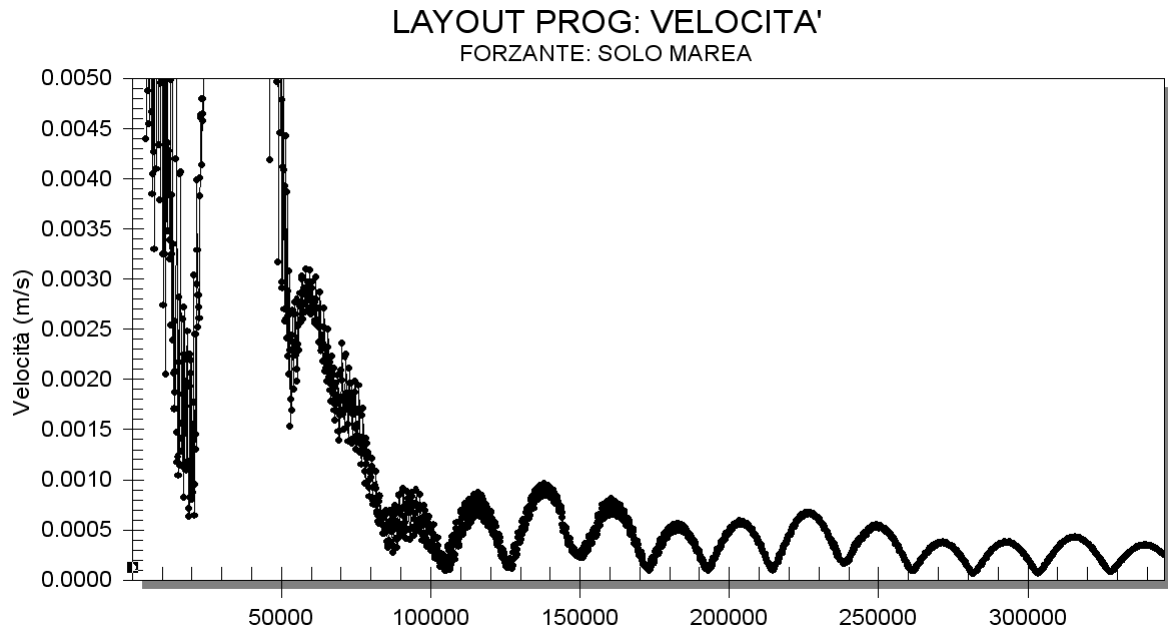


Figura 12 - Diagramma temporale delle velocità durante la simulazione relativa alla forzante di marea per il layout "PROG", nel punto di controllo 4

L'ampiezza della fase iniziale di autocalibrazione viene confermata anche dalle simulazioni del layout progettuale.

Il diagramma delle oscillazioni di livello indica che la variazione di livello idrico nel punto di controllo scelto è compresa tra -6,0 e + 7,5 cm.

Il diagramma delle velocità mostra che l'intervallo di variazione accettabile per questa grandezza è compreso nel punto di controllo tra - 0.001 m/s e 0.001 m/s.

Il regime delle correnti risulta essere ben delineato e facilmente osservabile nell'intervallo di simulazione 51 – 60 ore, a partire dall'inizio delle simulazioni.

Tale periodo è stato ritenuto ancora idoneo per la valutare i trend circolatori principali all'interno del bacino del Porto Grande.

La scala cromatica è tale che è stato assegnato al colore rosso il valore 0,001 m/s ed al blu il valore di 0,00 m/s, al fine di enfatizzare al meglio i trend circolatori indotti.

L'andamento generale del regime delle correnti indotte dal fenomeno della marea all'interno del Porto Grande nella configurazione di progetto risulta essere confermato rispetto a quello analogo osservato per il layout di stato di fatto.

Infine, per quanto riguarda il regime delle correnti all'interno del bacino portuale si osserva che la costruzione delle opere in progetto non implica alcuna variazione del regime generale delle correnti; infatti la corrente dalla foce dell'Anapo verso Ortigia permane.

Inoltre all'esterno del porto i valori della velocità simulati rimangono dello stesso ordine di quelli ottenuti in seno alle simulazioni di stato di fatto.

All'interno del porto invece si osserva un sostanziale aumento delle correnti, soprattutto all'imboccatura e lungo il canale di vivificazione.

In particolare all'imboccatura del porto si osservano valori che sfiorano i 0.005 m/s.

8. SIMULAZIONI RELATIVE AGLI EFFETTI DOVUTI ALLE FORZANTI DI MAREA E METEOROLOGICHE

Di seguito vengono riportati le risultanze relative alle simulazioni ADCIRC effettuate, considerando gli effetti dovuti alle forzanti di marea e meteorologiche.

In particolare la forzante meteorologica è stata implementata tramite l'input di serie temporali che ricostruiscono fenomeni anemologici di intensità e direzione costante.

L'input meteorologico, come illustrato nel capitolo 4, è stato ricostruito sulla base dei dati meteorologici forniti dall' Aeronautica Militare (cfr. elaborato B.1 "Studio Climatologico"), compatibili fra l'altro ai dati delle serie MEDATLAS, elaborata durante la redazione del progetto omonimo nel 2003-2004, realizzato da un consorzio di enti internazionali tra cui l'istituto di scienze marine del C.N.R. (per maggiori informazioni si rimanda al report RTP10.10/TR/IE's/04 del 14-04-2004 redatto dagli enti partecipanti).

Le direzioni indagate sono state quelle di grecale e scirocco, che risultano essere quelle dei venti dominanti e regnanti (cfr. l'elaborato B.1 "Studio Climatologico").

Le simulazioni sono state effettuate sia per il layout di stato di fatto, sia per il layout di progetto.

Infine occorre sottolineare che è stata trascurata la componente barometrica, in quanto non è stato possibile rilevare per il sito di Siracusa, serie abbastanza lunghe di dati di pressione, da sottoporre ad analisi statistica e da poter utilizzare per questa tipologia di simulazione.

A supporto di tale scelta si ricorda che l'innalzamento di livello idrico dovuto alle variazioni barometriche raggiunge valori dell' ordine di qualche cm (cfr. elaborato B.2 "Studio Idraulico Marittimo"): tale innalzamento risulta di fatto trascurabile al fine dell'individuazione dei trend circolatori.

8.1 SIMULAZIONE RELATIVA AGLI EFFETTI DOVUTI ALLA MAREA E AL VENTO DA SCIROCCO.

8.1.1 RISULTATI DEL LAYOUT S.D.F.

Di seguito si riportano i diagrammi temporali dei livelli idrici ed delle velocità determinati nel punto di controllo scelto, in prossimità del sito destinato ad accogliere le opere in progetto (punto di controllo 4, cfr. la figura 10) ottenuti durante le simulazioni degli effetti dovuti ai fenomeni della marea e del vento da scirocco per il layout di stato di fatto.

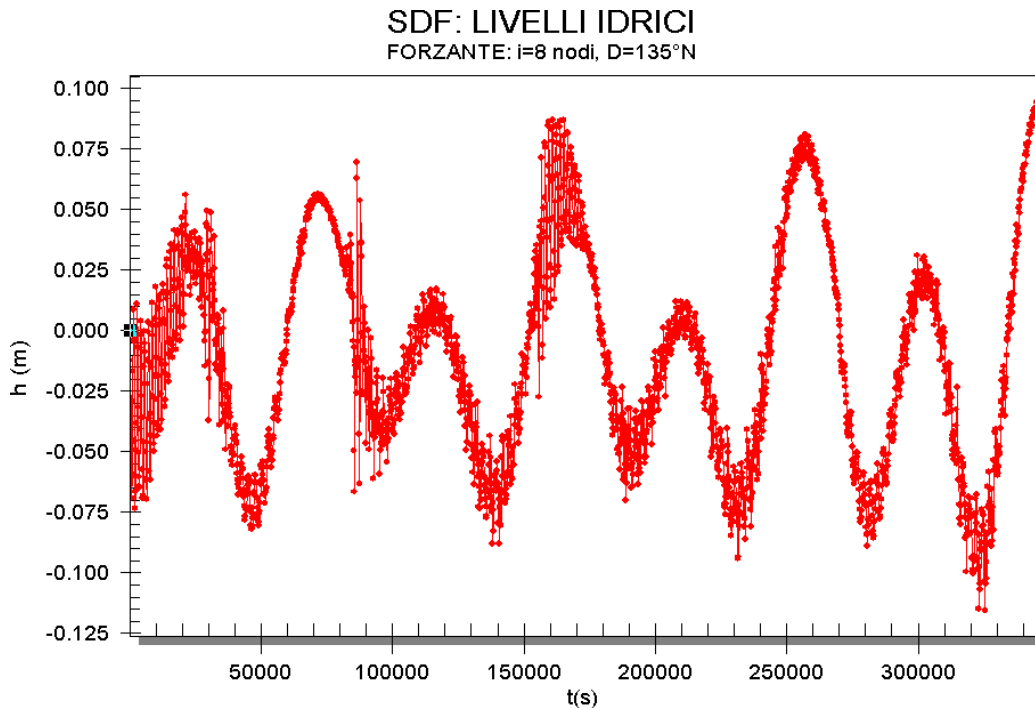


Figura 15 Diagramma temporale del livello idrico durante la simulazione relativa alla forzante di marea e di vento da scirocco, per il layout “ SDF”, nel punto di controllo 4.

Il diagramma delle oscillazioni dei livelli simulati mostra come l’escursione simulata nel sito di controllo per gli effetti dovuti alla marea e al vento da scirocco è compresa tra -0,125 e + 0,10 m.

In particolare il diagramma mostra l’effetto di innalzamento dovuto alla componente meteorologica; nella fase finale della simulazione è possibile osservare che l’aumento delle escursione di livello si localizza nel range 2,5-5,0 cm rispetto al caso della simulazione di sola marea.

La variazione totale dei livelli idrici all’interno del dominio indagato, dovuto agli effetti dei fenomeni della marea e del vento da scirocco è compresa tra -25 e +18 cm.

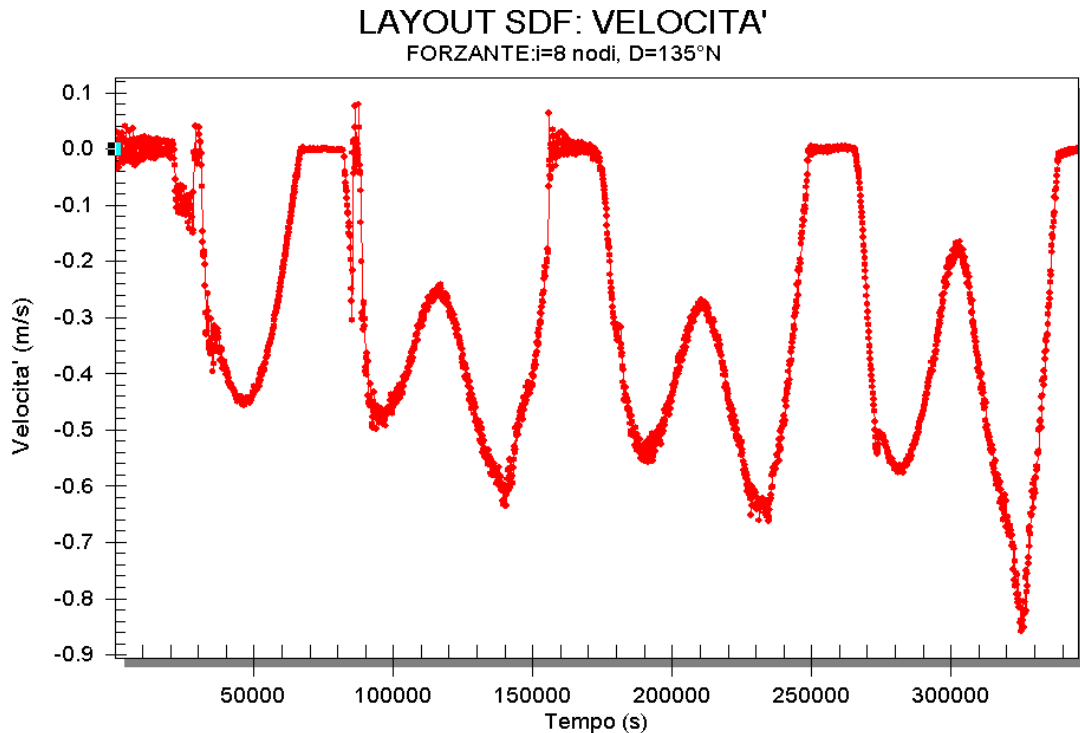


Figura 16 -Diagramma temporale delle velocità durante la simulazione con forzante di marea e da scirocco, con la maggiore frequenza di accadimento, per il layout " SDF", nel punto di controllo 4.

Il regime delle correnti simulate all'intero dominio sono comprese tra 0 e 1,50 m/s.

Il diagramma delle velocità mostra una variazione nel punto di controllo, localizzato in prossimità delle opere in progetto m(cfr. la figura 6), localizzata tra i valori -0.9m/s e 0.1m/s .

Di seguito sono riportate le immagini relative agli step temporali 51-60 h dall'inizio della simulazione ritenuti significativi per l'identificazione della circolazione all'interno del Porto Grande e in particolare nell'intorno del sito di controllo scelto, destinato ad accogliere le opere il progetto; inoltre la freccia con estremità bianca indica il trend circolatorio e la freccia con estremità nera indica invece la direzione di applicazione della forzante.

Si osserva che al colore rosso sono associate le velocità maggiori o uguali $0,120\text{m/s}$; tale scelta sulla graduazione cromatica dei campi di velocità è stata effettuata per ottenere un grado di enfattizzazione migliore.

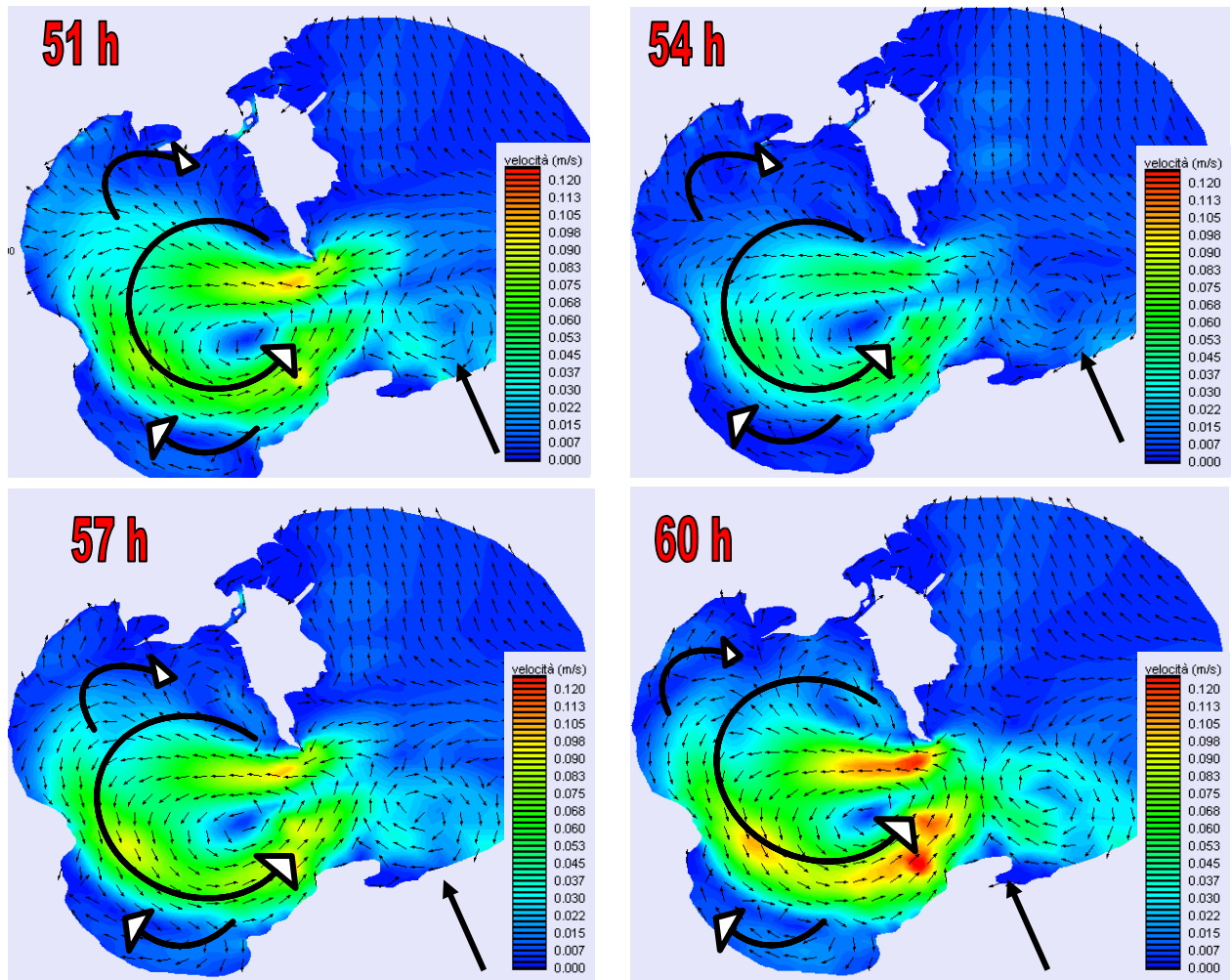


Figura 17-Identificazione dei trend di circolazione all' interno del dominio indagato sotto l'azione delle forzanti di marea e di vento da scirocco, nel periodo 51-60 h dall'inizio della simulazione.

Sotto le forzanti di marea e scirocco si evidenzia la formazione di alcune celle di circolazione; una principale in senso antiorario all'interno al bacino del Porto Grande, una in senso orario in prossimità del marina di Archimede, e una in senso orario lungo la riviera sud del Porto Grande.

Nella cella principale del Porto Grande la circolazione è di tipo antiorario, in ingresso in prossimità della Punta Maniace di Ortigia, e ruota verso sud in prossimità del tratto di costa tra le foci del Fiume Anapo e del Pantanelli.

La prima cella minore è localizzata a sud ed è caratterizzata da una circolazione di tipo orario.

La seconda cella in prossimità dell'approdo del Marina di Archimede, è di tipo orario ed interessa l'area compresa tra il Marina di Archimede e Ortigia, nei pressi del Molo S. Antonio.

Di seguito si riportano le mappe tematiche per poter effettuare più chiaramente l'identificazione dei domini di circolazione in prossimità del sito destinato ad ospitare le opere in progetto.

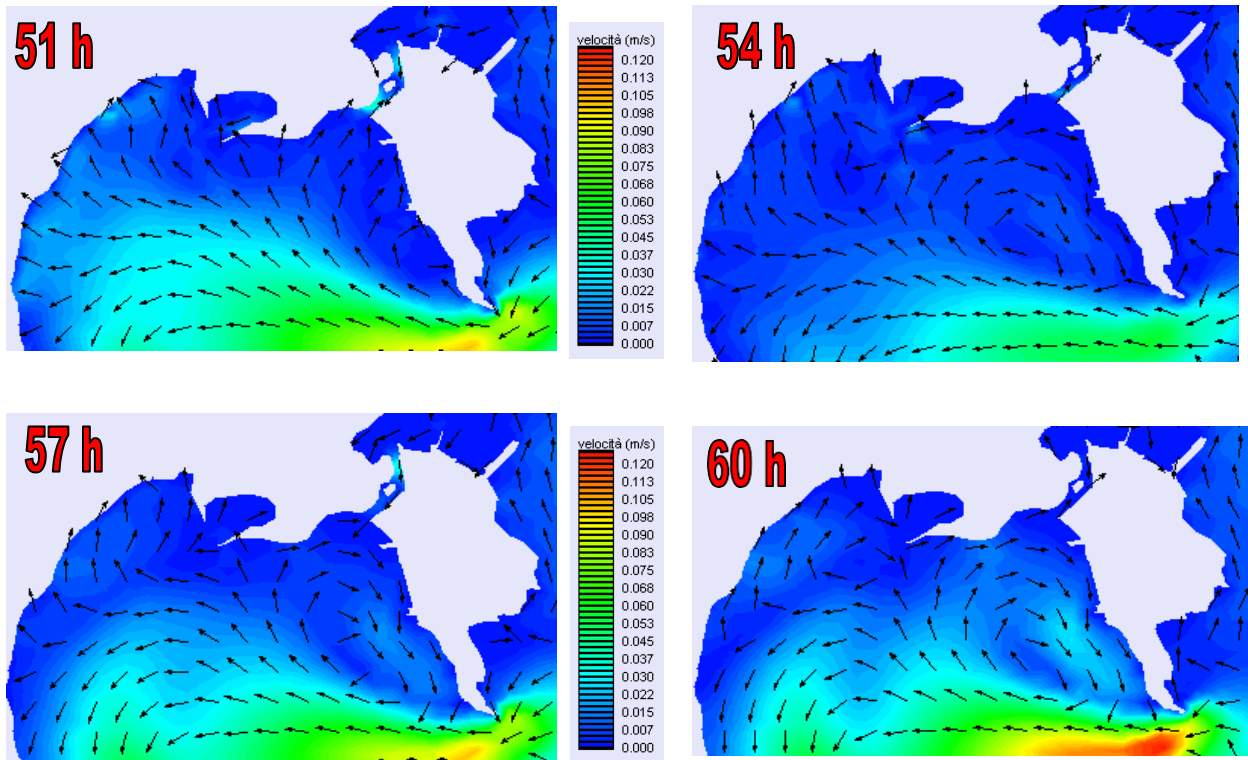


Figura 18-Identificazione dei trend di circolazione all' interno del dominio indagato sotto l'azione delle forzanti di marea e di vento da scirocco, in prossimità del sito destinato ad ospitare le opere in progetto

Si osserva che i risultati appena ottenuti sono compatibili con quelli ottenuti nello studio idro-morfodinamico per il sito del Porto Grande, redatto dalla società THESIS S.P.A su incarico di "Sviluppo Italia Aree Produttive (SIAP)", nel periodo settembre 2006 - dicembre 2007.

8.1.2 RISULTATI DEL LAYOUT "PROG"

Di seguito si riportano i diagrammi temporali dei livelli idrici ed delle velocità determinati nel punto di controllo scelto in prossimità delle opere in progetto (cfr figura 10) per il layout di progetto, ottenuti durante la simulazione relativa agli effetti dovuti ai fenomeni della marea e del vento da scirocco.

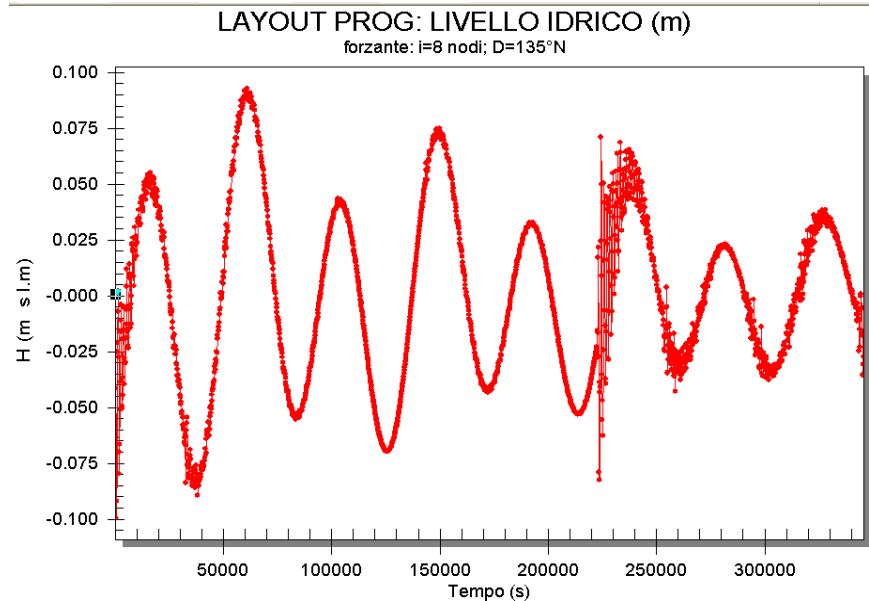


Figura 19-Diagramma temporale dei livelli idrici durante la simulazione relativa agli effetti dovuti alle forzanti di marea e da vento da scirocco, per il layout “ PROG”, nel punto di controllo 4.

Il diagramma delle oscillazioni dei livelli simulati mostra come l’escursione simulata nel sito di controllo è compresa tra -0,1 e + 0,1 m. Il diagramma conferma l’effetto di innalzamento dovuto al componente meteorologica già osservato per il layout di stato di fatto; le escursione di livello si localizza nel range 2,5-5,0 cm rispetto al caso della simulazione di sola marea. Il carattere semidiurno delle oscillazioni dovuto agli effetti di marea viene confermato. La variazione totale dei livelli idrici all’interno di tutto il sito del Porto Grande è compresa tra -25 e +39 cm.

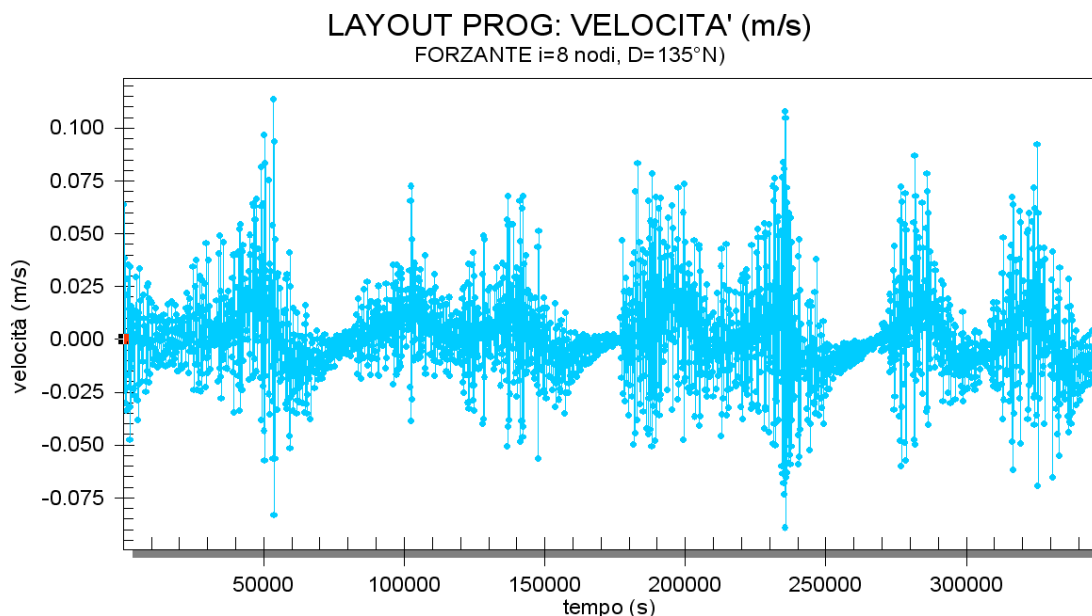


Figura 20-Diagramma temporale delle velocità durante la simulazione relativa gli effetti dovuti al fenomeno del vento e del vento da scirocco, per il layout “ PROG”, nel punto di controllo 4.

Il diagramma delle velocità mostra delle variazioni dei massimo e dei minimi nel punto di controllo scelto (cfr. figura 10) è localizzata tra i valori – 0.075 m/s e 0.100 m/s.

Rispetto al layout di stato di fatto, la configurazione di progetto è caratterizzato quindi da un regime correntometrico molto più contenuto, in quanto il periodo ritenuto ottimale per l'enfaticazione dei trend è quello compreso tra 51 e 60 h dall'inizio della simulazione, proprio perché nella scala di identificazione dei valori di velocità, sono associate le velocità maggiori di 0,120 m/s;

Si osserva la formazione all'interno del Porto Grande una cella di circolazione antioraria che si localizza al centro del dominio in prossimità dell'imboccatura principale.

La corrente che va dalla foce dell'Anapo ad Ortigia, già osservata nei precedenti casi, risulta ancora sussistere, ma essa risulta essere limitata per via degli effetti di schermatura dovuti alla presenza delle opere in progetto.

Tale corrente va ad immettersi nella cella di circolazione antioraria.

Per tale ragione, le opere in progetto costituiscono uno schermo, provocando la deviazione della corrente oraria che si genera lungo la costa a nord della foce del fiume Anapo; all'interno del bacino portuale si instaura un regime correntometrico ridotto (dell'ordine del mm/s)

8.2 SIMULAZIONE RELATIVA AGLI EFFETTI DOVUTI AI FENOMENI DELLA MAREA E DEL VENTO DA GRECALE

8.2.1 RISULTATI DEL LAYOUT S.D.F.

Di seguito si riportano i diagrammi temporali dei livelli idrici delle velocità determinati nel punto P.4 (cfr. figura 6) per il layout di stato di fatto, ottenuti durante la simulazione degli effetti dovuti ai fenomeni della marea e del vento da grecale.

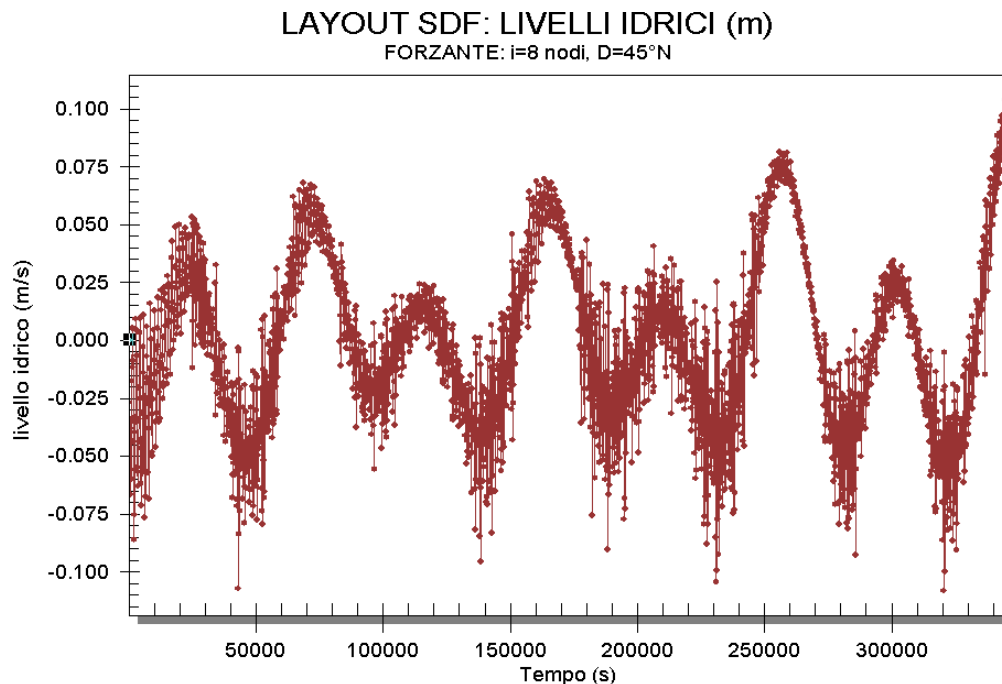


Figura 21-Diagramma temporale dei livelli idrici durante la simulazione con forzante di marea e da grecale, con la maggiore frequenza di accadimento, per il layout " SDF", nel punto di controllo 4

Il diagramma delle oscillazioni dei livelli simulati mostra come l'escursione simulata nel sito di controllo è compresa tra -0,1 e + 0,1 m.

In particolare il diagramma mostra l'effetto di innalzamento dovuto al componente meteorologica; nella fase finale della simulazione è possibile osservare che l'aumento delle escursione di livello si localizza nel range 2,5-5,0 cm rispetto al caso della simulazione di sola marea.

Il carattere semidiurno delle oscillazioni dovuto agli effetti di marea viene confermato.

La variazione totale dei livelli idrici all' interno del dominio indagato, è compresa tra -25 e +32 cm.

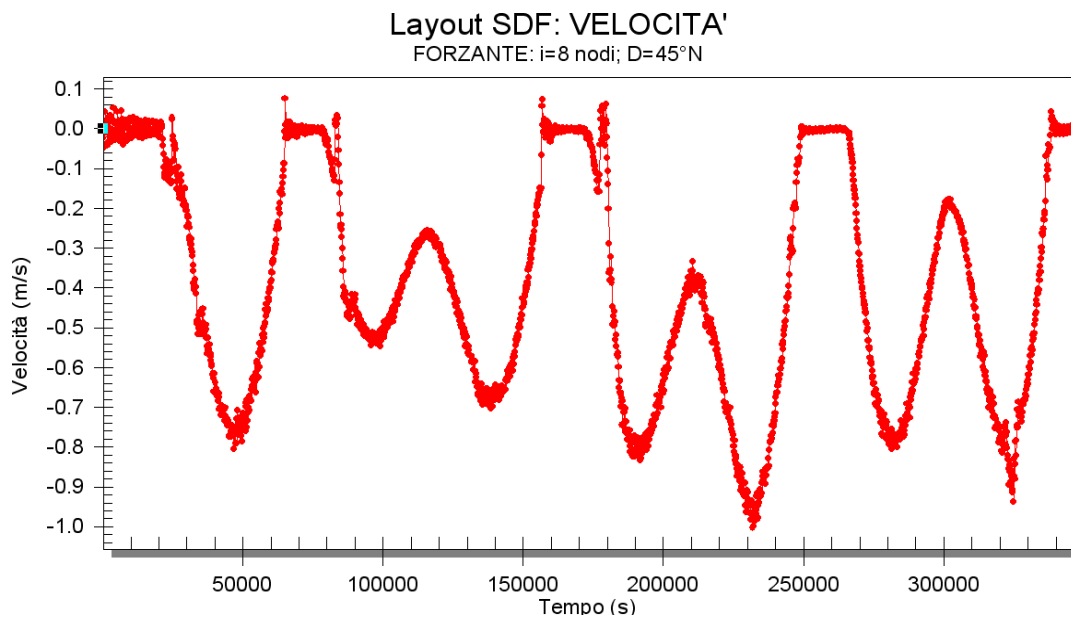


Figura 22 Diagramma temporale delle velocità durante la simulazione con forzante di marea e da grecale, con la maggiore frequenza di accadimento, per il layout " SDF", nel punto di controllo 4

In particolare si osserva che sotto la forzante da grecale nel punto di controllo P.4, le velocità scalari variano tra -1,0 e 0,1 m/s.

Inoltre si osserva che sotto le forzanti di marea e di grecale, l'andamento delle velocità corrisponde a quello dei livelli idrici, in termini di valori massimi e minimi cartesiani principali e secondari.

L'influenza della forzante di grecale sulle velocità si esplica nel fatto che il vettore velocità risulta essere quasi sempre orientato nel semipiano negativo ($v < 0$ m/s) durante la simulazione.

Di seguito si riportano le immagini per l'intero dominio dagli istanti 51-60 h.

Si osserva che al colore rosso vengono associati i valori di velocità maggiori è uguali a 0,120 m/s; inoltre la freccia con estremità bianca indica il trend circolatorio e la freccia con estremità nera indica invece la direzione di applicazione della forzante.

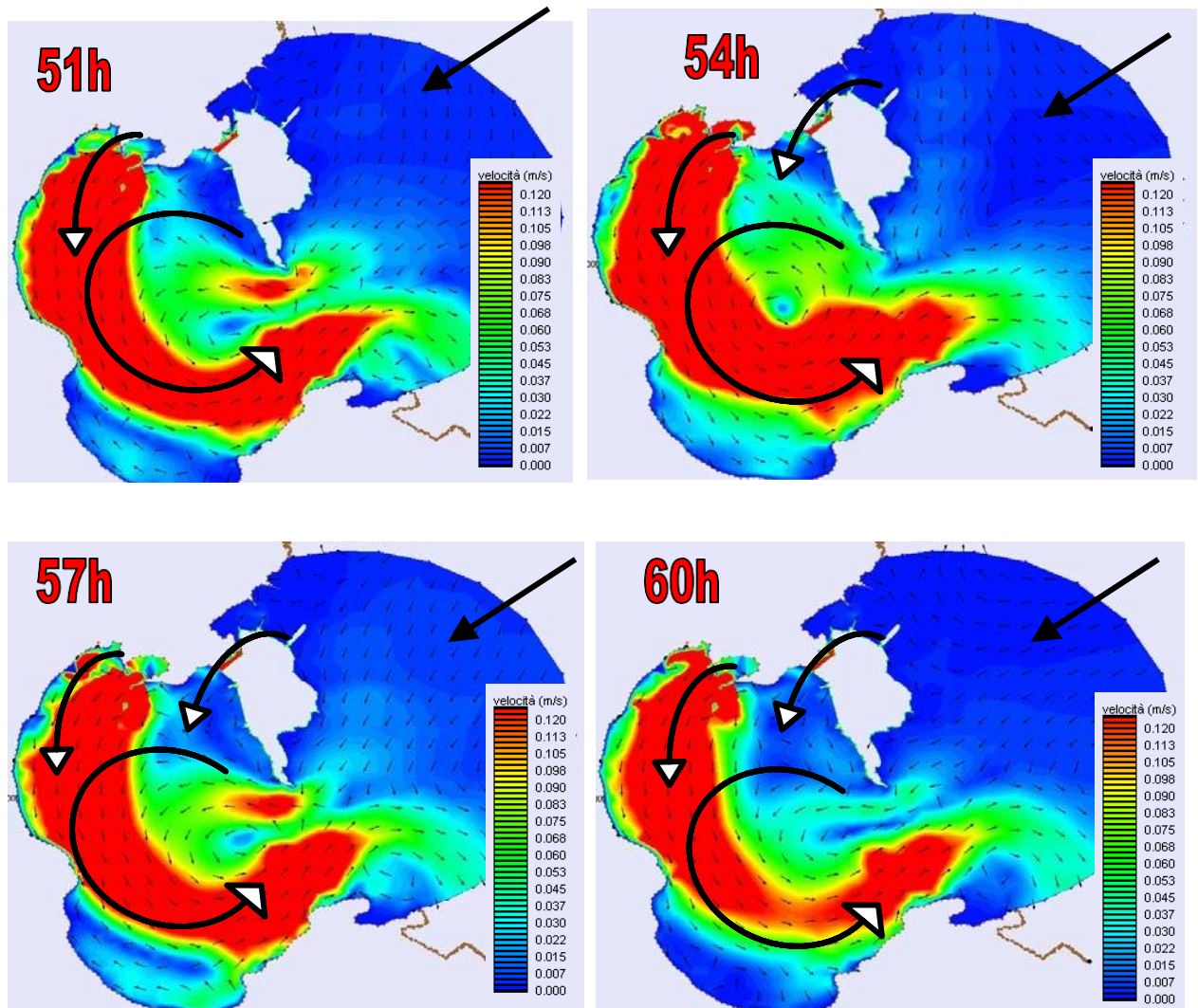


Figura 23- Indentificazione dei trend di circolazione all' interno del dominio indagato sotto l'azione delle forzanti di marea e di vento da grecale, caratterizzato da intensità a cui è associata la maggior frequenza di accadimento.

All'interno del Porto Grande a causa dell'azione congiunta della marea astronomica e del vento da grecale, si forma una cella di circolazione antioraria; essa risulta essere alimentata dalla correnti di grecale entranti nel bacino semichiuso rispettivamente dal canale di collegamento tra Ortigia e la terra ferma nei pressi del Porto Piccolo, e dall'imboccatura del Porto Grande nei pressi del Castello Maniace.

Il range di variazione delle velocità all'interno del dominio indagato è compreso tra 0 e 1,6 m/s.

Di seguito si riportano le immagini ritenute esplicative della circolazione nell'area destinata ad ospitare le opere in progetto e relative alle forzanti di marea e di grecale.

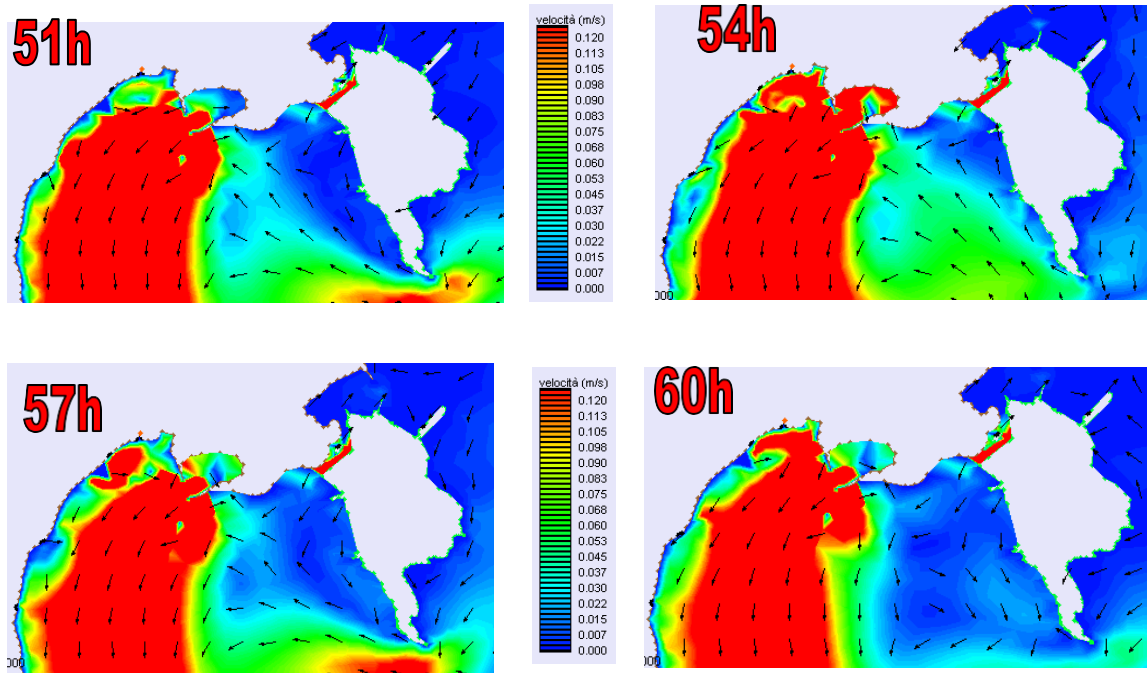


Figura 24-Identificazione dei trend di circolazione all' interno dell'area sede delle opere in progetto, i sotto l'azione delle forzanti di marea e di vento da grecale, nel periodo di osservazione 51-60 h.

Si osserva che i risultati appena ottenuti sono compatibili con quelli ottenuti nello studio idro-morfodinamico per il sito del Porto Grande, redatto dalla società THESIS S.P.A su incarico di " Sviluppo Italia Aree Produttive (SIAP)", nel periodo settembre 2006 e dicembre 2007.

8.2.2 RISULTATI DEL LAYOUT "PROG."

Di seguito si riportano i diagrammi temporali dei livelli idrici $h(s)$ ed delle velocità (m/s) determinati nel punto di controllo 4 (cfr. figura 6), per il layout di progetto, ottenuti durante la simulazione relativi agli effetti dovuti ai fenomeni della marea e del vento da grecale.

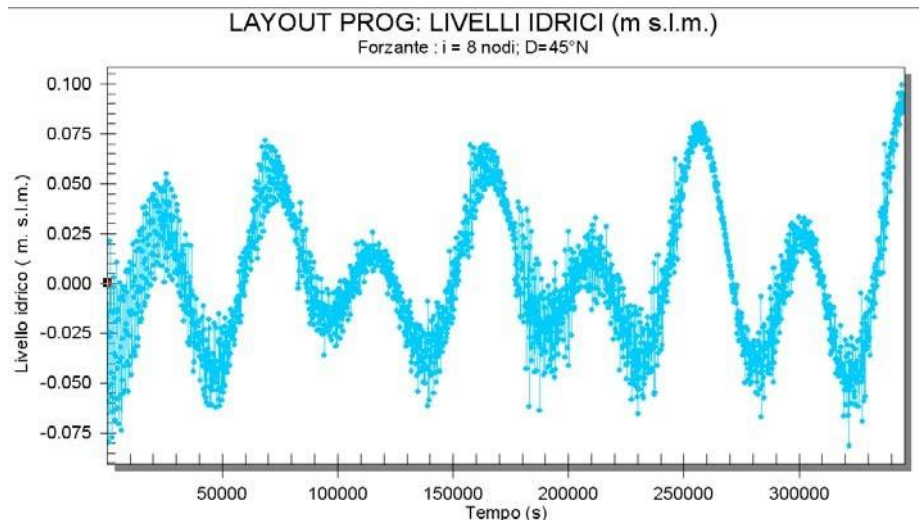


Figura 25-Diagramma temporale dei livelli idrici durante la simulazione con forzante di marea e da grecale, con la maggiore frequenza di accadimento, per il layout " PROG", nel punto di controllo 4

Il diagramma delle oscillazioni dei livelli simulati mostra come l'escursione simulata nel sito di controllo è compresa tra -0,075 e + 0,1 m.

In particolare il diagramma mostra l'effetto di innalzamento dovuto al componente meteorologica; nella fase finale della simulazione è possibile osservare che l'aumento dell'escursione di livello si localizza nel range 2,5-5,0 cm rispetto al caso della simulazione di sola marea.

Il carattere semidiurno delle oscillazioni dovuto agli effetti di marea viene confermato.

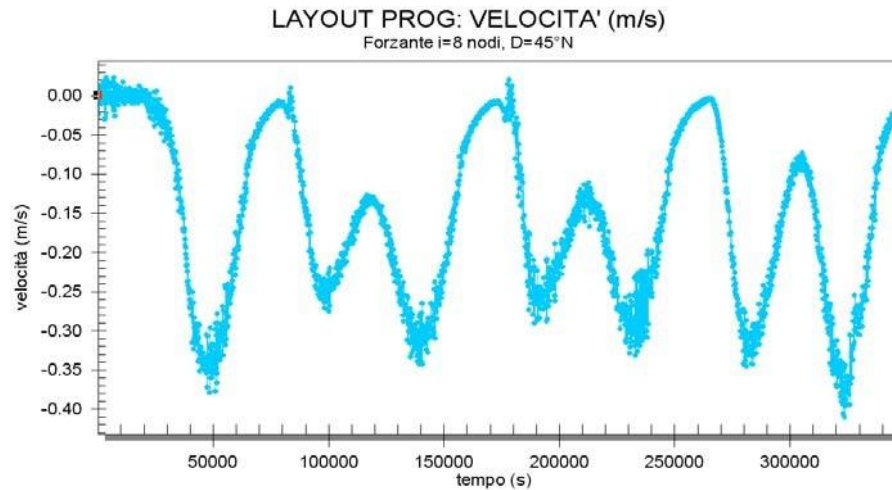


Figura 26-Diagramma temporale delle velocità durante la simulazione con forzante di marea e da grecale, con la maggiore frequenza di accadimento, per il layout " PROG", nel punto di controllo 4

In particolare si osserva che sotto la forzante da grecale nel punto di controllo scelto in prossimità delle opere in progetto, le velocità scalari variano tra 0 e 0,4 m/s.

La presenza delle opere portuali e delle variazioni della profondità dei fondali in prossimità delle stesse causa un rallentamento della corrente ed un'azione di schermatura.

La corrente in direzione oraria che si forma in prossimità della foce dell'Anapo, subisce una deviazione a causa dell'effetto di schermatura prodotto dalle opere in progetto; tale corrente risulta quindi immessa all'interno della cella di circolazione principale.

9. SIMULAZIONI RELATIVE AGLI EFFETTI DOVUTI AI FENOMENI DI MAREA E DI APPORTO IDRICO CONTINUO DA PARTE DELL'ANAPO

9.1 RISULTATI DEL LAYOUT "SDF"

Di seguito vengono riportati i diagrammi dei livelli idrici e delle velocità simulate nei punti di controllo 4 (cfr. figura 6), all'interno del dominio di calcolo, ottenuti dalle elaborazioni ADCIRC per la configurazione di stato di fatto, considerando come forzanti la marea e la portata idrica del Fiume Anapo.

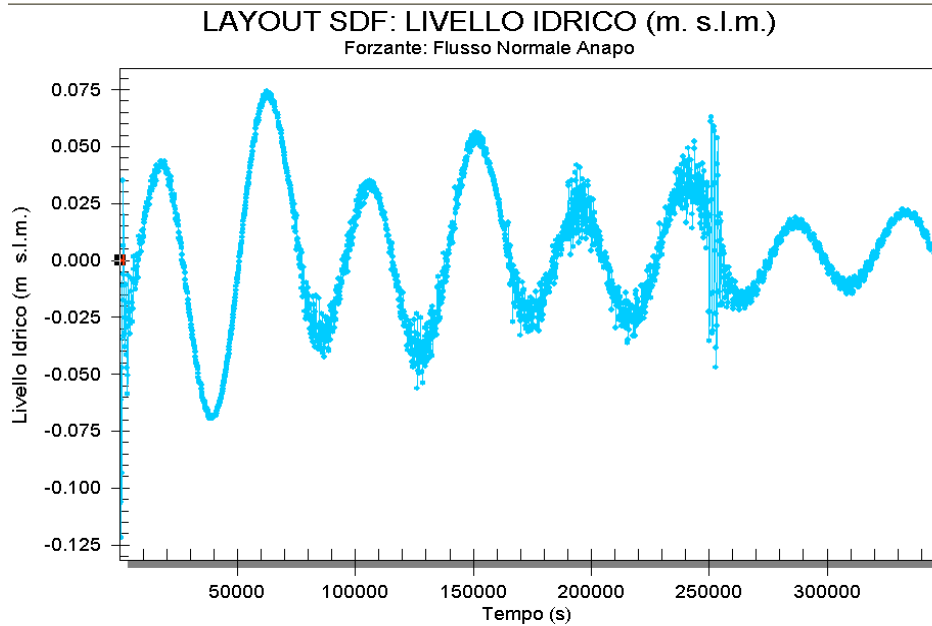


Figura 27-Diagramma temporale dei livelli idrici durante la simulazione relativa agli effetti dovuti ai fenomeni della marea e dell'apporto idrico continuo proveniente dal fiume Anapo, per il layout " SDF", nel punto di controllo 4.

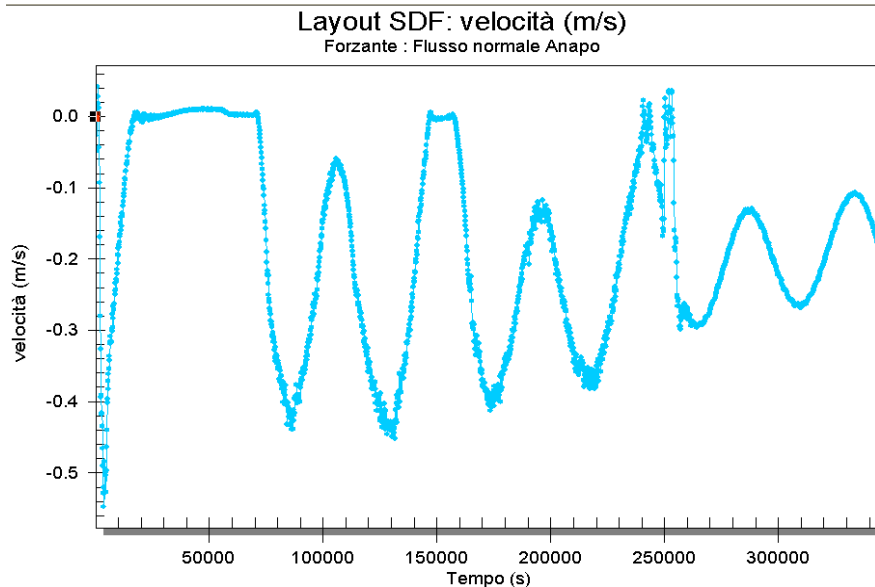


Figura 28 - Diagramma temporale delle velocità durante la simulazione relativa agli effetti dovuti ai fenomeni della marea e dell'apporto idrico continuo proveniente dal fiume Anapo, per il layout " SDF", nel punto di controllo 4.

Dal confronto tra i diagrammi temporali dei livelli idrici nel punto di controllo 4 relativi al caso in esame (forzanti di marea e flusso idrico continuo) si osserva che il livello idrico è variabile tra -0,075 e + 0,075 m, con andamento che rispetta l'andamento sinusoidale semidiurno tipico della variazione per marea astronomica; tale livelli idrici risultano essere dello stesso ordine di grandezza di quelli simulati nello stesso punto P.4. in seno alla simulazione di solo marea; ciò implica che il flusso continuo risulta essere quasi trascurabile in termini di livelli idrici nell'area del punto P.4.

Tale corrispondenza viene confermata dall'osservazione dei diagrammi delle velocità per il punto P.4, soprattutto nel tratto iniziale, relativo alle prime 24 ore di simulazione.

Dai diagrammi relativi al punti di Controllo P4, localizzato in punto del dominio di fronte l'area che ospita la foce dell'Anapo si osserva che gli effetti dovuti alla presenza del flusso continuo si esplicano soprattutto in termini di velocità delle correnti; tale grandezza risulta essere sempre positiva e compresa nel range 0.01 - 0.30 m/s.

Per poter identificare la circolazione indotta dall'apporto continuo dovuto al contributo idrico del fiume Anapo, di seguito si riportano le immagini estratte per gli istanti 9 h,12 h,15h 18h dall'inizio della simulazione. Tali istanti sono stati ritenuti significativi per identificare i principali trend correntometrici.

Si osserva che nelle mappe tematiche seguenti ai fini di una maggiore enfaticizzazione dei risultati il colore rosso è stato associato a valori di velocità maggiori a 0.120 m/s; inoltre la freccia con estremità bianca indica il trend circolatorio e la freccia con estremità nera indica invece la direzione di applicazione della forzante.

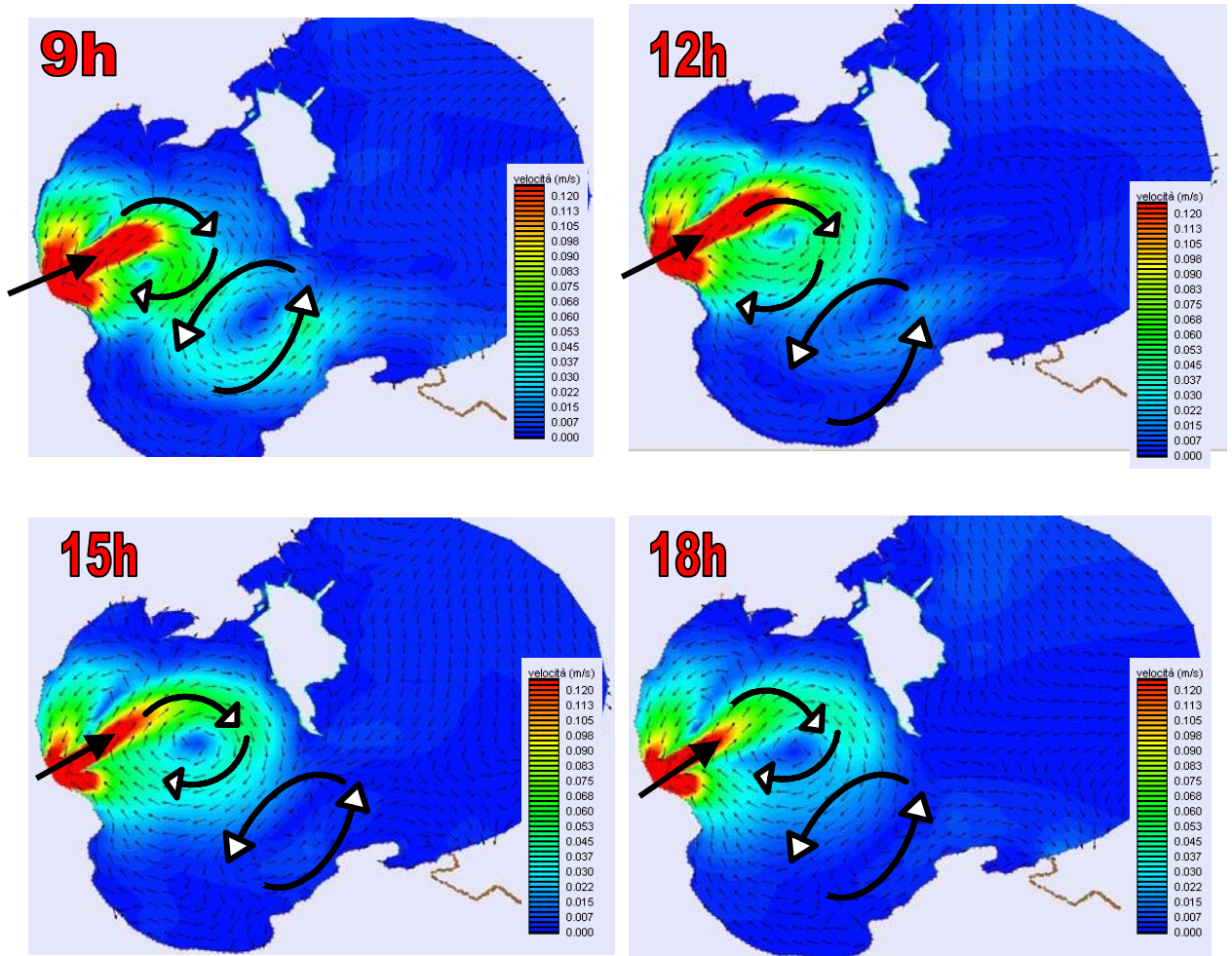


Figura 29-Identificazione dei trend di circolazione all' interno del dominio indagato sotto l'azione delle forzanti di marea e del flusso idrico proveniente dovuto al F.Anapo.

All'interno del Porto Grande per effetto delle forzanti di marea e di apporto continuo proveniente dal fiume Anapo, si instaura un regime correntometrico caratterizzato dalla formazione di due celle di circolazione, in conformità a quello osservato durante le simulazioni di solo marea.

La cella principale è di tipo orario ed è causata dal flusso continuo dovuto dal contributo idrico dell' immissione dell' Anapo; tale corrente crea una circolazione oraria dalla foce dell' Anapo, verso l'isola di Ortigia.

La cella secondaria è localizza invece più a sud e la circolazione indotta è di tipo antiorario.

Per meglio evidenziare i fenomeni idrodinamici relativi all'area destinata ad accogliere le opere in progetto si riportano le relative mappe tematiche ritenute maggiormente identificative dei trend circolatori.

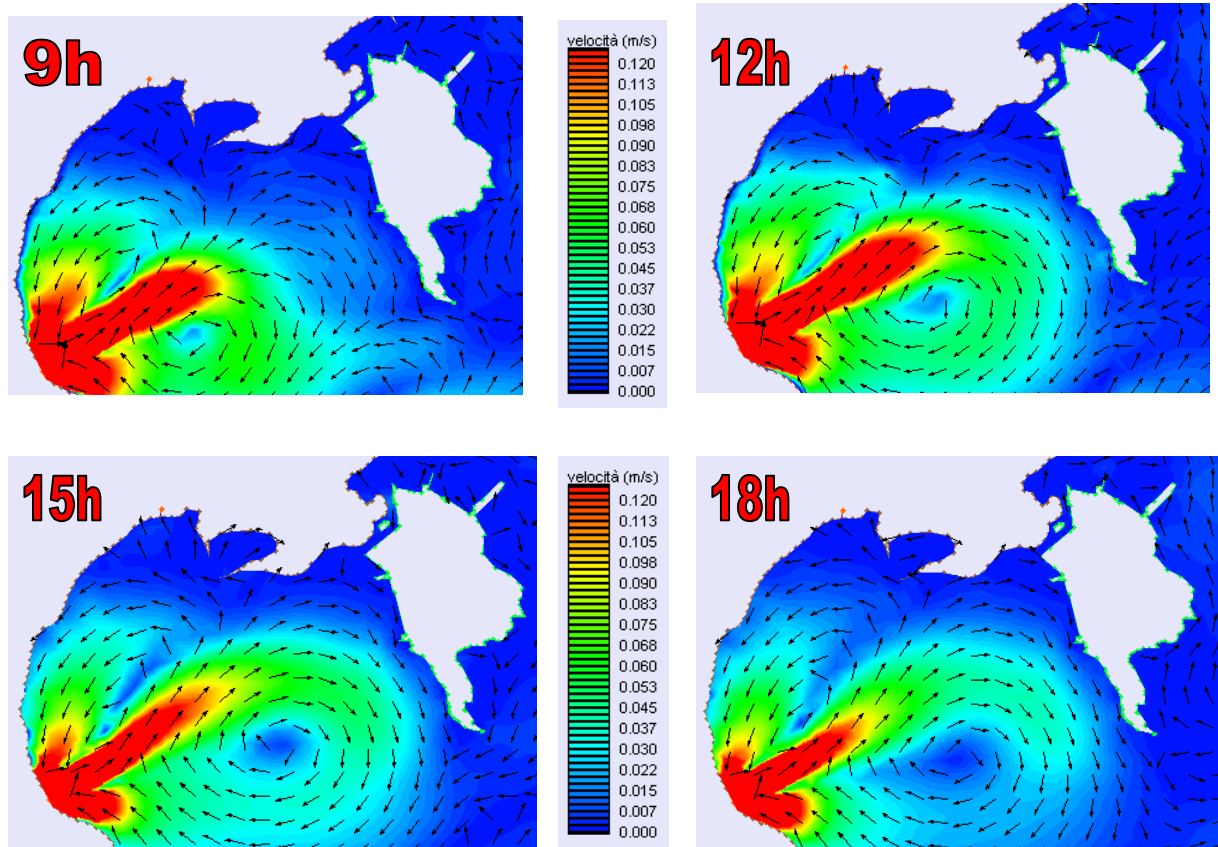


Figura 30-Identificazione dei trend di circolazione in prossimità delle aree destinate ad accogliere le opere in progetto, sotto l'azione delle forzanti di marea e di apporto idrico proveniente dovuto al F.Anapo, nel periodo di osservazione 9 – 18 h.

9.2 RISULTATI DEL LAYOUT “PROG”

All'interno del Porto Grande in presenza delle opere in progetto per effetto delle forzanti di marea e di flusso idrico continuo proveniente dal fiume Anapo, permane, rispetto alla configurazione di stato di fatto, il regime correntometrico caratterizzato dalla formazione di una cella principale di circolazione oraria dovuta al contributo idrico proveniente dal F. Anapo.

Sotto l'azione della marea e del flusso continuo dovuto al Fiume Anapo, la presenza delle opere in progetto causa la schermatura, provocando la deviazione della corrente di ritorno, la cui cella risulta avere una forma più allungata e schiacciata, nonché un aumento delle velocità.

All'interno dello specchio protetto si instaura un regime correntometrico caratterizzato da velocità ridotte (dell'ordine del 10^{-3} - 10^{-2} m/s).

10. RIEPILOGO DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

In questo elaborato sono stati illustrati i risultati ottenuti con le simulazioni effettuate con il modello matematico ADCIRC ai fini di identificare il regime idrodinamico all'interno del Porto Grande di Siracusa e in particolare in prossimità del sito destinato ad accogliere le opere in progetto.

Le simulazioni effettuate hanno riguardato sia la configurazione di stato di fatto, sia la configurazione che prevede la realizzazione delle opere in progetto.

In particolare è stato possibile stimare sia livelli idrici raggiunti, sia la velocità delle correnti in alcuni punti di controllo ed estrapolare delle mappe tematiche per identificare i pattern circolatori.

Dapprima sono stati identificate, tramite la raccolta di informazioni e dati specifici, le forzanti idrodinamiche che caratterizzano il sito in esame.

In particolare sono stati valutati gli effetti sul regime delle correnti indotti dai seguenti fenomeni:

- marea astronomica,
- vento da Scirocco e marea astronomica,
- vento da Grecale e marea astronomica,
- immissione idrica del F. Anapo e marea astronomica.

Di seguito è riportata la descrizione dei principali risultati ottenuti.

10.1 EFFETTI DOVUTI ALLA MAREA ASTRONOMICA

Il regime correntometrico nella configurazione di stato di fatto dovuto agli effetti di marea è caratterizzato dalla presenza di due celle di circolazione.

La prima è situata a nord ed è caratterizzata da un senso di rotazione orario, essa corre parallela alla costa dalla foce del F. Anapo all'estremità sud di Ortigia.

La seconda invece è situata sud ed è caratterizzato da un senso di rotazione antiorario.

Le velocità della corrente variano all'interno di tutto il dominio del Porto Grande tra 0 e 2,5 m/s.

In prossimità dell'area destinata ad accogliere le opere in progetto sono dell'ordine di 10^{-3} - 10^{-4} m/s.

I livelli idrici all'interno del dominio variano tra - 25 e + 30 cm.

In prossimità dell'area destinata ad accogliere le opere in progetto tale variazione è dell'ordine di qualche cm.

La presenza delle opere in progetto causa una deviazione della corrente nord e provoca di fatto una modesta riduzione dell'entità delle velocità delle correnti, mentre i livelli idrici rimangono dello stesso ordine di grandezza.

10.2 EFFETTI DOVUTI ALLA MAREA ASTRONOMICA E AL VENTO DA SCIROCCO

Il regime correntometrico nella configurazione di stato di fatto dovuto agli effetti della marea e del vento di scirocco è caratterizzato dalla formazione di più celle di circolazione all'interno del Porto Grande.

Nella configurazione di stato di fatto, si instaura una cella principale del Porto Grande con circolazione di tipo antiorario, in ingresso in prossimità della Punta Maniace di Ortigia, e ruota verso sud in prossimità del tratto di costa tra le foci del fiume Anapo e del canale Pantanelli.

La cella minore è localizzata a nord in prossimità dell' approdo del Marina di Archimede, è di tipo orario ed interessa l'area compresa tra il Marina di Archimede e Ortigia ed è caratterizzata da una circolazione di tipo orario.

Infine in prossimità del sito destinato ad ospitare opere in progetto, si osserva la formazione una cella caratterizzata da una circolazione oraria, avente componente longitudinale dall'area delle foci del fiume Anapo e del canale Pantanelli verso il Marina di Archimede.

Rispetto al caso di sola marea, il vento di scirocco provoca un innalzamento dei livelli idrici di circa 2-5 cm in prossimità del sito destinato ad accogliere le opere in progetto.

Le velocità all' interno dell'intero dominio del Porto Grande variano tra 0 e 2,7 m/s.

In prossimità delle opere in progetto esse raggiungono l'ordine di 10^{-2} m/s.

Nel caso di forzanti di scirocco e marea, in presenza delle opere in progetto, la corrente che va dal fiume Anapo verso Ortigia risulta ancora sussistere, ma le velocità risultano essere minori per via degli effetti di schermatura dovuti alla presenza delle opere in progetto.

10.3 EFFETTI DOVUTI ALLA MAREA ASTRONOMICA E AL VENTO DA GRECALE

In presenza di vento da grecale e di marea all'interno del Porto Grande, nella configurazione di stato di fatto, si forma una cella di circolazione antioraria; essa risulta essere alimentata dalla correnti di grecale entranti nel bacino semichiuso rispettivamente dal canale di collegamento tra Ortigia e la terra ferma nei pressi del Porto Piccolo, e dall'imboccatura del Porto Grande nei pressi del Castello Maniace.

Il range di variazione delle velocità all'interno del dominio indagato è compreso tra 0 e 1,7m/s.

I livelli idrici si attestano sugli stessi valori di quelli che si manifestano in presenza di scirocco.

In presenza delle opere in progetto si osserva un rallentamento della corrente a causa dell'azione di schermatura dovuta alle opere stesse.

10.4 EFFETTI DOVUTI ALLA MAREA ASTRONOMICA E AL CONTRIBUTO IDRICO DEL F.ANAPO

Infine per effetto delle forzanti di marea e di flusso continuo proveniente dal fiume Anapo, nella configurazione di stato di fatto, all'interno del Porto Grande, si instaura un regime correntometrico caratterizzato dalla formazione di due celle di circolazione.

Quella principale è di tipo orario e va dalla foce dell'Anapo, verso l'isola di Ortigia.

La cella secondaria è localizza invece più a Sud e la circolazione indotta è di tipo antiorario.

La presenza delle opere in progetto scherma la zona degli approdi, provocando la deviazione della corrente. La cella principale risulta avere una forma più allungata e schiacciata; si osserva anche un aumento delle velocità.

All'interno dello specchio protetto si instaura un regime correntometrico caratterizzato da velocità ridotte (dell'ordine di qualche cm/s).

10.5 CONCLUSIONI

All'interno del Porto Grande in tutti i casi analizzati, si è osservata la formazione di una cella di circolazione principale che localizzata tra foce del F. Anapo e Ortigia.

Il verso di rotazione principale è quello orario, che risulta ben delineato in presenza dei fenomeni circolatori indotti dalla marea, dal vento da scirocco e dall'apporto idrico del fiume Anapo; in presenza del vento da grecale la cella di circolazione sembra assumere verso antiorario.

La realizzazione delle opere in progetto, destinate alla protezione di uno specchio idrico per il diporto, non causa variazioni dei pattern idrodinamici esistenti all'interno del Porto Grande di Siracusa, limitandosi ad un'azione di schermatura dello specchio idrico e ad una modesta riduzione del regime delle correnti nella zona interessata.

SIRACUSA, 21/06/2023

IL TECNICO

ING.PAOLO CALAFIORE