

**ARPAE**  
**Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia**  
**dell'Emilia - Romagna**

\* \* \*

**Atti amministrativi**

Determinazione dirigenziale	n. DET-2017-911	del 14/11/2017
Oggetto	Servizio Idro-Meteo-Clima. Approvazione e sottoscrizione della Convenzione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze Marine (CNR-ISMAR) per la realizzazione di attività di ricerca dal titolo "modellistica idrodinamica della Sacca di Goro".	
Proposta	n. PDTD-2017-928	del 14/11/2017
Struttura adottante	Servizio Idro-Meteo-Clima	
Dirigente adottante	Paccagnella Tiziana	
Struttura proponente	Servizio Idro-Meteo-Clima	
Dirigente proponente	Dott.ssa Paccagnella Tiziana	
Responsabile del procedimento	Paccagnella Tiziana	

Questo giorno 14 (quattordici) novembre 2017 presso la sede di Viale Silvani, 6 in Bologna, il Direttore del Servizio Idro-Meteo-Clima, Dott.ssa Paccagnella Tiziana, ai sensi del Regolamento Arpae sul Decentramento amministrativo, approvato con D.D.G. n. 87 del 01/09/2017 e dell'art. 4, comma 2 del D.Lgs. 30 marzo 2001, n. 165 determina quanto segue.

**Oggetto: Servizio Idro-Meteo-Clima. Approvazione e sottoscrizione della Convenzione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze Marine (CNR-ISMAR) per la realizzazione di attività di ricerca dal titolo "modellistica idrodinamica della Sacca di Goro".**

**RICHIAMATI:**

- la L.R. 19 aprile 1995, n. 44 che istituisce l'Agenda Regionale per la Prevenzione e l'Ambiente dell'Emilia-Romagna (ARPA) ed in particolare l'art. 5 che definisce le attività nell'ambito delle quali il Servizio Idro-Meteo-Clima di Arpa (Arpa-SIMC) opera;
- l'art. 5 della stessa legge che, al comma 2, prevede: "per l'adempimento delle proprie funzioni, attività e compiti, Arpa può definire accordi o convenzioni con aziende ed enti pubblici, operanti nei settori suolo, acque, aria, ambiente; in particolare per quanto concerne la raccolta dei dati e la gestione di sistemi informativi e di rilevamento";
- l'art. 15 della L. 7 agosto 1990, n. 241, ai sensi del quale le pubbliche amministrazioni possono concludere tra loro accordi per disciplinare lo svolgimento in collaborazione di attività di interesse comune;
- la L.R. 30 luglio 2015 n. 13 "Riforma del sistema di governo regionale e locale e disposizioni su città metropolitana di Bologna, province, comuni e loro unioni" che, all'articolo 16 ridenomina questo ente "Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna" (acronimo Arpae) estendendone le competenze;

**VISTE:**

- la D.D.G. 136 del 23/12/2016 "Approvazione del Bilancio Pluriennale di Previsione dell'Agenda per la Prevenzione, l'Ambiente e l'Energia dell'Emilia-Romagna per il triennio 2017-2019, del Piano Investimenti 2017-2019, del Bilancio Economico Preventivo per l'esercizio 2017, del Budget generale e della Programmazione di Cassa 2017";
- la D.D.G. 137 del 23/12/2016 "Approvazione delle Linee Guida e assegnazione dei budget di esercizio e investimenti per l'anno 2017 ai centri di responsabilità dell'Agenda per la Prevenzione, l'Ambiente e l'Energia dell'Emilia Romagna";
- la D.D.G. 52 del 28/04/2017 Riprevisione del budget di esercizio 2017;

**PREMESSO:**

- che con D.G.R 1479 del 10/10/2017 la Regione Emilia-Romagna ha deliberato la concessione di un contributo di complessivi Euro 55.000,00 a favore dell'Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia (Arpae) per la manutenzione del sistema idraulico della Sacca di Goro (FE) per l'attuazione del piano operativo 2016-2017, anno 2017;
- che con Determinazione n. 843 del 20/10/2017 il Servizio Idro-Meteo-Clima ha preso atto dell'approvazione, da parte della Regione Emilia Romagna, del programma annuale operativo relativo alla manutenzione del sistema idraulico della sacca di Goro anno 2017 e dell'individuazione del nuovo beneficiario e assunzione di impegno di spesa;
- che Arpae SIMC è interessata all'implementazione, in collaborazione con il CNR-ISMAR e l'Università degli studi di Bologna, di un modello previsionale operativo della Sacca di Goro;
- che il CNR-ISMAR dispone del know-how e delle risorse umane per l'esecuzione della ricerca come meglio dettagliata all'articolo 1 della convenzione;
- che Arpae SIMC, CNR-ISMAR e Università Politecnica delle Marche hanno stipulato in data 17/02/2017 un accordo di collaborazione finalizzato a promuovere lo sviluppo scientifico e tecnologico nel campo delle previsioni oceanografiche e meteorologiche, la creazione di banche dati specialistiche e di prodotti nell'ambito delle attività istituzionali e progetti di ricerca;

**CONSIDERATO:**

- che, tra Arpae-SIMC e il CNR-ISMAR è emersa la volontà di definire attività congiunte, che consentano di valorizzare al meglio le potenzialità scientifiche, le esperienze svolte e i sistemi modellistici e osservativi che i due enti detengono;

**RITENUTO:**

- opportuno approvare una Convenzione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche- Istituto di Scienze Marine, allegato sub A) al presente atto quale parte integrante e sostanziale, per la realizzazione di attività di ricerca istituzionale dal titolo "Modellistica idrodinamica della Sacca di Goro";
- che l'attività sarà finalizzata all'applicazione del modello numerico SHYFEM 3D all'area della sacca di Goro ed una parte di shelf antistante con lo scopo di valutare la circolazione idrodinamica, la distribuzione di temperatura e salinità, di stimare i tempi di residenza nonché valutare gli effetti di scenari futuri derivanti sia da interventi umani che da variazioni delle forzanti meteo-marine;

- che la Convenzione avrà durata di 12 mesi dalla data di sottoscrizione;
- che Arpae-SIMC corrisponderà al CNR-ISMAR il contributo di Euro 30.000,00 in n. 3 rate da pagarsi rispettivamente secondo la seguente ripartizione:
  - Euro 15.000,00 (euro quindicimila/00), pari al 50% dell'intero contributo, al momento della comunicazione da parte di CNR-ISMAR dell'avvio delle attività di ricerca;
  - Euro 9.000,00 (euro novemila/00), pari al 30% dell'intero contributo, al momento del ricevimento della relazione intermedia a 6 mesi dalla data d'inizio delle attività di ricerca;
  - Euro 6.000,00 (euro seimila/00), pari al 20% dell'intero contributo, al termine dell'attività di ricerca.

#### SU PROPOSTA:

- della dott.ssa Tiziana Paccagnella, direttore del Servizio IdroMeteoClima e responsabile dell'Area Modellistica Meteorologica Marina, la quale ha espresso parere favorevole in merito alla regolarità amministrativa e tecnica del presente atto, ai sensi del regolamento sul decentramento amministrativo approvato con D.D.G. n. 87 del 01/09/2017;

#### DATO ATTO:

- che i referenti scientifici relativamente alla presente collaborazione sono:
  - per il CNR-ISMAR il Dott. Georg Umgieser;
  - per Arpae-SIMC l'ing. Andrea Valentini;
- che si è provveduto a nominare quale responsabile di procedimento, ai sensi della Legge n. 241/90 e della Legge Regionale n. 32/93, la dott.ssa Tiziana Paccagnella;

#### ACQUISITO:

- il parere di regolarità contabile espresso, ai sensi del regolamento sul decentramento amministrativo approvato con D.D.G. n. 87 del 01/09/2017, dalla referente amministrativa dott.ssa Daniela Ranieri;

#### DETERMINA

1. di approvare e sottoscrivere la convenzione per la realizzazione di attività di ricerca istituzionale dal titolo "Modellistica idrodinamica della Sacca di Goro", che si allega sub A) al presente atto quale parte integrante e sostanziale;
2. di dare atto che i referenti scientifici sono: per il CNR-ISMAR il Dott. Georg Umgieser e per Arpae SIMC l'ing. Andrea Valentini;

3. di dare atto che la Convenzione avrà durata di 12 mesi dalla data di sottoscrizione;
4. di dare atto che verrà riconosciuto al Consiglio Nazionale delle Ricerche- Istituto di Scienze Marine un contributo di Euro 30.000,00 in n. 3 rate secondo la seguente modalità:
  - Euro 15.000,00 (euro quindicimila/00), pari al 50% dell'intero contributo, al momento della comunicazione da parte di CNR-ISMAR dell'avvio delle attività di ricerca;
  - Euro 9.000,00 (euro novemila/00), pari al 30% dell'intero contributo, al momento del ricevimento della relazione intermedia a 6 mesi dalla data d'inizio delle attività di ricerca;
  - Euro 6.000,00 (euro seimila/00), pari al 20% dell'intero contributo, al termine dell'attività di ricerca;
5. di dare atto che il costo Euro 30.000,00 relativo al presente provvedimento, avente natura di "Costi per contributi a enti pubblici" è a carico dell'esercizio 2017 per Euro 15.000,00 e a carico dell'esercizio 2018 per Euro 15.000,00 con riferimento al progetto: "Sacca di Goro" (codice 17GOR).

Allegato A): Convenzione

IL DIRETTORE DEL  
SERVIZIO IDRO-METEO-CLIMA  
(F.to Dott.ssa Tiziana Paccagnella)

**CONVENZIONE FRA L'AGENZIA REGIONALE PER LA PREVENZIONE, L'AMBIENTE E L'ENERGIA DELL'EMILIA-ROMAGNA (ARPAE) E IL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE- ISTITUTO DI SCIENZE MARINE (ISMAR) PER LA REALIZZAZIONE DI ATTIVITÀ DI RICERCA ISTITUZIONALE DAL TITOLO "MODELLISTICA IDRODINAMICA DELLA SACCA DI GORO"**

oooooooooooooooo

**TRA**

Arpae - Agenzia Regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna Servizio Idro-Meteo-Clima (di seguito denominato Arpae SIMC), con sede in Bologna, Viale Silvani, 6, P.IVA e CF 04290860370, rappresentata dalla dott.ssa Tiziana Paccagnella in qualità di Direttore del Servizio Idro-Meteo-Clima

**E**

Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Scienze Marine (di seguito denominato CNR-ISMAR) - con sede a Venezia, Castello 2737/F, codice fiscale 80054330586, partita IVA 02118311006, rappresentato dal Dott. Mauro Sclavo in qualità di Direttore del CNR-ISMAR;

**PREMESSO CHE**

- Arpae SIMC è interessata all'implementazione, in collaborazione con il CNR-ISMAR e l'Università degli studi di Bologna, di un modello previsionale operativo della Sacca di Goro;
- il CNR-ISMAR dispone del know-how e delle risorse umane per l'esecuzione della ricerca come meglio dettagliata nel successivo articolo 1 della presente convenzione;
- che Arpae SIMC, CNR-ISMAR e Università Politecnica delle Marche hanno stipulato in data 17 febbraio 2017 un accordo di collaborazione finalizzato a promuovere lo sviluppo scientifico e tecnologico nel campo delle previsioni oceanografiche e meteorologiche, la creazione di banche dati specialistiche di prodotti nell'ambito delle attività istituzionali e progetti di ricerca;
- il presente accordo intende esprimere la volontà di definire attività congiunte, che consentano di valorizzare al meglio le potenzialità scientifiche, le esperienze svolte e i sistemi modellistici e osservativi che i due enti detengono

**SI CONVIENE E SI STIPULA QUANTO SEGUE**

**Art. 1. OGGETTO E FINALITA' DELLA CONVENZIONE**

Arpae SIMC e CNR-ISMAR convengono di svolgere in collaborazione il programma di ricerca dal titolo: "Modellistica idrodinamica della Sacca di Goro".

Il programma di ricerca sarà svolto presso la sede dell'ISMAR di Venezia, sotto la direzione scientifica del Dott. Georg Umgiesser, e presso Arpae, Servizio Idro-Meteo-Clima di Bologna sotto la direzione scientifica dell'Ing. Andrea Valentini, secondo modalità definite dalle parti.

Il programma di ricerca consiste nell'applicazione del modello numerico SHYFEM 3D all'area della sacca di Goro ed una parte di shelf antistante. Lo scopo è la valutazione della circolazione idrodinamica, della distribuzione di temperatura e salinità, la stima dei tempi di residenza nonché la valutazione degli effetti di scenari futuri derivanti sia da interventi umani che da variazioni delle forzanti meteo-marine. Il programma si prefigge, inoltre, di applicare all'area in oggetto il modulo di trasporto di sedimenti al fine di valutare alcuni scenari di dragaggio direttamente concordati con il committente.

**ART. 2 ALLEGATO TECNICO**

Le attività ed i prodotti da realizzarsi nel corso di ciascuna fase oggetto dell'incarico, sono descritti dettagliatamente nell'allegato tecnico ("Proposta di progetto"), che costituisce parte integrante della presente Convenzione. L'allegato tecnico potrà essere modificato di comune accordo tra i responsabili e formalizzato con uno scambio di lettere.

### **Art.3. UTILIZZO DEI RISULTATI E DEI DATI - OBBLIGO DI RISERVATEZZA**

Le Parti, per le finalità delle proprie attività Istituzionali, hanno il diritto di utilizzare i risultati conseguiti in base al presente Accordo.

Le Parti si impegnano reciprocamente:

- a non cedere a terzi i dati ricevuti in attuazione del presente accordo;
- a garantire il riserbo delle informazioni tecnico scientifiche e dei dati indicati come riservati da una delle Parti.

Le Parti potranno pubblicare anche indipendentemente i risultati conseguiti nell'ambito della attività propria di ricerca avendo cura di darne comunicazione all'altra parte e di menzionare il presente accordo e gli enti partecipanti. La pubblicazione di risultati e dati ottenuti con il concorso delle Parti dovrà essere concordata.

### **Art. 4. DURATA**

La presente convenzione entrerà in vigore dalla data della sua sottoscrizione e avrà la durata di 12 mesi.

### **Art. 5. RELAZIONI PERIODICHE**

CNR-ISMAR fornirà le seguenti relazioni periodiche indicanti le attività poste in essere in esecuzione del progetto di ricerca di cui al precedente articolo 1.

Tali relazioni saranno inoltrate a Arpae SIMC nella sua sede legale, alle seguenti scadenze:

- a 6 mesi dalla data di inizio dell'attività di ricerca, mediante consegna di una relazione condivisa tra le parti contenente lo stato di avanzamento della ricerca e nello specifico la descrizione della griglia di calcolo, delle simulazioni test e calibrazione del modello idrodinamico e dei risultati della validazione del modello idrodinamico attraverso il confronto tra dati misurati ed output di simulazione;
- a 11 mesi dall'inizio dell'attività di ricerca, mediante consegna della relazione finale a conclusione dell'attività di ricerca.

### **Art. 6. CONTRIBUTO**

Per il finanziamento della ricerca descritta all'art. 1, Arpae SIMC corrisponderà al CNR-ISMAR la somma di Euro 30.000,00 (euro trentamila/00).

Tale somma verrà erogata in n. 3 rate secondo la seguente modalità:

- Euro 15.000, (euro quindicimila/00), pari al 50% dell'intero contributo, al momento della comunicazione da parte di CNR-ISMAR dell'avvio delle attività di ricerca;
- Euro 9.000 (euro novemila/00), pari al 30% dell'intero contributo, al momento del ricevimento della relazione intermedia;
- Euro 6.000, (euro seimila/00), pari al 20% dell'intero contributo, al termine dell'attività di ricerca.

L'oggetto dell'accordo è strettamente connesso con l'attività istituzionale di ricerca svolta dal CNR-ISMAR ed il contributo si configura quale compartecipazione alle spese di ricerca e non come corrispettivo erogato a fronte di specifici servizi resi dai beneficiari; di conseguenza il contributo stesso è da ritenersi fuori campo applicazione IVA ai sensi degli art. n.1 e n.4 del DPR n.633/72 e successive modificazioni. Tale contributo sarà utilizzato integralmente per spese istituzionali legate allo svolgimento della presente ricerca.

Le somme saranno erogate mediante accredito sull'IBAN: IT.12.H.01000.03245.348300167369 in essere presso Banca d'Italia – Sezione di Tesoreria Provinciale dello Stato di Roma, intestato a Consiglio Nazionale delle Ricerche.

La corresponsione avverrà previa emissione delle relative richieste di pagamento da parte del CNR-ISMAR, che potrà provvedere anche esclusivamente in forma digitale, al seguente indirizzo: workflow\_amm@cert.arpa.emr.it.

Le richieste di pagamento dovranno esplicitamente fare riferimento al progetto "Modellistica idrodinamica della Sacca di Goro" Codice Progetto 17GOR.

#### **Art. 7 - RESPONSABILITA'**

Le Parti consentiranno al personale incaricato dell'esecuzione dell'attività cui è finalizzato il presente accordo, previo preavviso, il libero accesso nei propri locali destinati allo svolgimento di tali attività.

Ciascuna parte provvederà alle coperture assicurative di legge del proprio personale e dei propri collaboratori che, in virtù del presente accordo, verrà chiamato a frequentare le sedi di esecuzione delle attività.

Il personale e i collaboratori delle Parti contraenti sono tenuti ad uniformarsi ai regolamenti disciplinari e di sicurezza in vigore nelle sedi di esecuzione delle attività attinenti al presente accordo, nel rispetto reciproco della normativa per la sicurezza dei lavoratori di cui al D.Lgs. n.81/2008 e successive modificazioni e integrazioni.

Il personale dei contraenti, compresi eventuali collaboratori esterni degli stessi comunque designati, saranno tenuti, prima dell'accesso nei luoghi di pertinenza delle Parti, sedi di espletamento delle attività, ad acquisire le informazioni riguardanti le misure di sicurezza, prevenzione, protezione e salute, rilasciando all'uopo apposita dichiarazione di avvenuta informazione.

Gli obblighi previsti dall'art. 26 del D. LGS. 81/2008 e la disponibilità di dispositivi di protezione individuale (DPI), in relazione ai rischi specifici presenti nella struttura ospitante, sono attribuiti al soggetto di vertice della struttura ospitante, tutti gli altri obblighi ricadono sul responsabile della struttura/ente di provenienza.

#### **Art.8 - CONTROVERSIE GIURIDICHE**

Le parti si impegnano a risolvere amichevolmente tra loro eventuali controversie derivanti dal presente accordo. Per qualunque controversia dovesse insorgere tra le parti in ordine all'interpretazione, esecuzione e risoluzione del presente contratto sarà competente il foro di Bologna in via esclusiva. Il presente contratto è soggetto alla legge italiana.

#### **Art.9 - SPESE**

Il presente accordo sarà perfezionato mediante invio a mezzo posta elettronica certificata. Esso è soggetto ad imposta di bollo in caso d'uso (art. 24, Tariffa, Allegato A, Parte seconda - DPR 26 ottobre 1972, n. 642 e successive modificazioni) ed è assoggettato a registrazione in caso d'uso, ai sensi dell'art. 1, Tariffa - Parte seconda allegata al D.P.R. 26 aprile 1986, n. 131 e successive modificazioni, i relativi oneri resteranno a carico della parte richiedente la registrazione.

#### **Art. 10 – PRIVACY**

Ai sensi dell'art. 13 del D. Lgs. 196/2003, i dati personali raccolti nel presente documento sono trattati dalle parti secondo principi di liceità, correttezza, trasparenza e riservatezza ed utilizzati o trasmessi ad altri enti per sole finalità istituzionali.

Il presente accordo consta di n. 4 pagine e dovrà essere perfezionato mediante invio a mezzo posta elettronica certificata.

Arpae SIMC dovrà trasmettere a CNR-ISMAR all'indirizzo PEC: protocollo.ismar@pec.cnr.it, il CNR-ISMAR dovrà sottoscrivere la presente Convenzione, digitalmente e restituirla a Arpae - Agenzia Regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna Servizio Idro-Meteo-Clima all'indirizzo PEC: aosisim@cert.arpa.emr.it

Letto, firmato e sottoscritto.

Il Direttore di Arpae SIMC

(Dott.ssa Paccagnella Tiziana)

Il Direttore f.f. CNR-ISMAR

(Dott. Mauro Sclavo)

## Proposta di Progetto

### APPLICAZIONE DEL MODELLO IDRODINAMICO SHYFEM ALLA SACCA DI GORO IN PROVINCIA DI FERRARA

L'istituto ISMAR-CNR, Sezione di Venezia, ha sviluppato negli ultimi decenni una notevole capacità nel campo della modellistica numerica degli ambienti costieri e delle lagune.

Il modello numerico *open source* SHYFEM 3D (Shallow water HYdrodynamic Finite Element Model, Umgiesser et al., 2004), sviluppato da ISMAR, è stato utilizzato per numerose applicazioni in lagune, estuari, zone costiere, laghi e mare aperto, nonché come modello operativo di previsione dello “*storm surge*” in Mediterraneo e Mar Nero. Gli studi condotti hanno interessato non solo la circolazione idrodinamica, ma hanno permesso anche una caratterizzazione della distribuzione di temperatura e salinità dei bacini in esame ed una valutazione dei tempi di residenza.

In particolare, alcuni esempi di aree lagunari dove SHYFEM è stato applicato con successo sono: la Laguna di Venezia (Ghezzi et al. 2011; Ferrarin et al.2010; Coraci et al.2007; Bajo et al.2007; Umgiesser et al.2004; Melaku Kanu et al.2003), di Grado-Marano (Ferrarin et al. 2010), la laguna di Cabras (Ferrarin and Umgiesser 2005), i laghi di Lesina e di Varano, i Mari di Taranto (Scroccaro et al. 2004, De Pascalis et al. 2016), ed all'estero la laguna dei Curi (Lituania) (Ferrari et al. 2008), il Mar Menor (Spagna) (De Pascalis et al. 2012), la laguna di Nador (Marocco) e la baia di Boka Kotorska (Montenegro) (Bellafigliore et al. 2011).

Il *know how* del gruppo di modellistica ISMAR ha permesso inoltre l'utilizzo di SHYFEM a scala di bacino con applicazioni in Mar Adriatico (Bellafigliore and Umgiesser 2009), nel Golfo di Oristano (Cucco et al. 2006) e Bocche di Bonifacio (Cucco et al. 2012) ed in Mar Nero (Bajo et al. 2014).

Di particolare interesse è stata l'applicazione del modello SHYFEM in Adriatico per l'analisi degli scenari di cambiamento climatico, in termini di onda, livello e inondazione relativa, nella zona costiera dell'Emilia Romagna al fine di valutarne il rischio e possibili misure di mitigazione.

L'applicazione del modello SHYFEM in Adriatico fornisce inoltre la possibilità di avere direttamente dallo stesso *software* e le condizioni al contorno di temperatura, salinità, livello e velocità, necessarie per l'applicazione focalizzata alla Sacca di Goro.

In virtù della sua documentata esperienza ISMAR si qualifica pertanto come il candidato ideale per questo tipo di studio.

#### OGGETTO DELLA PROPOSTA

La presente proposta di progetto è incentrata sull'applicazione del modello numerico SHYFEM 3D all'area della sacca di Goro ed una parte di *shelf* antistante. Lo scopo è la valutazione della circolazione idrodinamica, della distribuzione di temperatura e salinità, la stima dei tempi di residenza nonché la valutazione degli effetti di scenari futuri derivanti sia da interventi umani che da variazioni delle forzanti meteomarine. Il progetto proposto si prefigge inoltre di applicare all'area in oggetto il modulo di trasporto di sedimenti al fine di valutare alcuni scenari di dragaggio direttamente concordati con Arpa.

Il codice sorgente del modello sarà quindi installato su una macchina di proprietà di Arpa-SIMC in modo da permettere ulteriori studi e valutazioni di scenario da parte dello stesso.

## DESCRIZIONE DELLO STRUMENTO

Il software SHYFEM 3D è uno strumento modellistico multidisciplinare sviluppato per aree costiere con acque poco profonde. SHYFEM 3D è strutturato in un modulo base, idrodinamico, accoppiato con un modulo d'onda, di trasporto sedimenti, di dispersione di traccianti, un modulo lagrangiano, un modulo di qualità delle acque e di degradazione di inquinanti.

Di seguito viene fornita una breve descrizione del modulo idrodinamico.

Il modello idrodinamico SHYFEM 3D risolve le equazioni primitive nella formulazione per le acque basse e utilizza un algoritmo semi-implicito per l'integrazione nel tempo, che combina i vantaggi dello schema esplicito e di quello implicito. I termini trattati semi-implicitamente sono il termine della divergenza nell'equazione di continuità, il termine di Coriolis e il gradiente di pressione barotropica nell'equazione del momento. Il termine di attrito al fondo nell'equazione del momento è trattato completamente in modo implicito, mentre tutti gli altri termini sono trattati in modo esplicito.

La discretizzazione spaziale delle equazioni viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, parzialmente modificato rispetto alla formulazione classica. Questo approccio è necessario per evitare problemi di “*numerical damping*” e conservazione di massa, grazie alla combinazione del metodo semi-implicito con quello ad elementi finiti (metodo Galerkin).

Tale combinazione rende questo *software* particolarmente adatto per applicazioni ad ambienti caratterizzati da morfologie e batimetrie complesse. In questi casi infatti il metodo agli elementi finiti risulta superiore a quello alle differenze finite in quanto riesce ad effettuare una discretizzazione spaziale molto più accurata aumentando la risoluzione solo dove necessario, contenendo lo sforzo ed i tempi di calcolo.

Nel codice del modello è implementata una parametrizzazione *Wet and Dry* in modo da simulare i processi di allagamento. Quando il livello dell'acqua in almeno uno dei tre nodi di un elemento scende sotto un valore minimo (5 cm) l'elemento viene considerato un'isola ed eliminato dal dominio di calcolo. Esso è reintrodotta solo quando i valori del livello dell'acqua in tutti e tre i nodi sono superiori al valore minimo

Per il calcolo delle diffusività e viscosità verticali, un è stato utilizzato sistema di chiusura della turbolenza, ovvero uno schema adattato del modulo  $k-\epsilon$  del modello di turbolenza GoTM descritto da Burchard e Petersen (1998).

L'attrito al fondo viene calcolato attraverso la formulazione di Strickler (Umgiesser et al., 2004), in modo che il coefficiente di attrito non sia costante ma vari con la profondità dell'acqua.

SHYFEM 3D è inoltre un modello *Open Source* che viene rilasciato sotto la licenza GPL, in modo da poter essere trasferito ed utilizzato liberamente.

## MILESTONES DI PROGETTO

- Raccolta dei dati necessari per la creazione della griglia di calcolo e dei dati di condizioni iniziali, condizioni al contorno (tra cui, se disponibili, le serie temporali degli input di acqua dolce da idrovore) e forzanti necessari al modello idrodinamico ed al modulo di trasporto di sedimenti.

- Creazione di una griglia di calcolo ad alta risoluzione per l'area in esame.
- Prime simulazioni test e calibrazione del modello idrodinamico.
- Validazione del modello idrodinamico attraverso il confronto tra dati misurati ed output di simulazione.
- Produzione di mappe di temperatura e salinità.
- Produzione di mappe di tempo di residenza.
- Valutazione di scenari relativi a temperatura, salinità e tempo di residenza.
- Installazione del codice sorgente su macchina fornita da Arpae.
- Consegna del rapporto tecnico finale.

## **DATI NECESSARI**

I dati di partenza necessari per questo studio sono di seguito elencati.

- morfologia della costa e dell'area sottoposta allo studio;
- batimetria (x, y, z);
- caratteristiche e funzionamento dei manufatti idraulici presenti;
- dati di livello dell'acqua all'interno ed all'esterno dell'area lagunare e qualsiasi altro dato idrodinamico disponibile lungo la zona costiera (corrente, livello, marea, moto ondoso...);
- dati meteorologici (vento, umidità, radiazione solare, pressione, temperatura aria, copertura nuvolosa, precipitazioni)
- stime di portata e trasporto solido dei corsi d'acqua e qualsiasi altro dato idrodinamico disponibile lungo la zona costiera (corrente, livello, marea, moto ondoso...);
- serie temporali di temperatura e salinità dell'acqua necessari per la calibrazione e validazione del modello;
- serie temporali degli inputs di acqua dolce da idrovore;
- dati di granulometria.

## **DELIVERABLES**

- Relazione tecnica finale relativa allo studio effettuato
- Codice sorgente di SHYFEM installato su una macchina di proprietà di Arpae
- Training per un operatore sull'utilizzo del modello

**TEMPO MINIMO DI ELABORAZIONE PREVISTO PER LO STUDIO: 12 mesi.**

## DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- De Pascalis F., Pérez-Ruzafa A., Gilabert J., Marcos C., Umgiesser G., 2012. Climate change response of the Mar Menor coastal lagoon (Spain) using a hydrodynamic finite element model, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, V. 114, 118-129.
- De Pascalis, F.D., Petrizzo, A., Ghezzi, M. et al. Estuarine circulation in the Taranto Seas. *Environ Sci Pollut Res* (2016) 23: 12515. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5389-3>
- Marco Bajo, Christian Ferrarin, Irina Dinu, Georg Umgiesser, Adrian Stanica, The water circulation near the Danube Delta and the Romanian coast modelled with finite elements. *Continental Shelf Research*, Volume 78, 2014, Pages 62-74, ISSN 0278-4343, <https://doi.org/10.1016/j.csr.2014.02.006>.
- Bellafiore D., Guarnieri A., Grilli F., Penna P., Bortoluzzi G., Giglio F., Pinardi N., 2011. Study of the hydrodynamical processes in the Boka Kotorska Bay with a finite element model. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, doi: 10.1016/j.dynatmoce.2011.03.005.
- Ghezzi M., Sarretta A., Sigovini M., Guerzoni S., Tagliapietra D., Umgiesser G., 2011. Modeling the inter-annual variability of salinity in the lagoon of Venice in relation to the water framework directive typologies. *Ocean & Coastal Management*, Vol. 84 (9), 706-719, doi: 10.1016/j.ocecoaman.2011.06.007.
- Ferrarin C., Umgiesser G., Bajo M., Bellafiore D., De Pascalis F., Ghezzi M., Mattassi G., Scroccaro I, 2010. Hydraulic zonation of the lagoons of Marano and Grado, Italy. A modelling approach, *Estuarine Coastal and Shelf Sciences*, Vol. 87 (4), 561-572, doi:10.1016/j.ecss.2010.02.012
- Ghezzi, M., S. Guerzoni, A. Cucco and G. Umgiesser, 2010. Changes in Venice Lagoon dynamics due to construction of mobile barriers (Mo.S.E.). *Coastal Engineering*, Vol. 57 (7), 694-708, doi:10.1016/j.coastaleng.2010.02.009.
- Ferrarin C., Cucco A., Umgiesser G., Bellafiore D., Amos C., 2010. Modelling fluxes of water and sediment between the Venice Lagoon and the sea, *Continental Shelf Research*, Vol. 30 (8), 904-914, doi:10.1016/j.csr.2009.08.014.
- Bellafiore, D. and G. Umgiesser, 2009. Hydrodynamic coastal processes in the North Adriatic investigated with a 3D finite element model. *Ocean Dynamics*, (In press),doi:10.1007/s10236-009-0254-x.
- Cucco A., Umgiesser G., Ferrarin C., Perilli A., Melaku Canu D., Solidoro C., 2009. Eulerian and lagrangian transport time scales of a tidal active coastal basin, *Ecological Modelling*, Volume 220, Issue 7, Pages 913-922, doi:10.1016/j.ecolmodel.2009.01.008.
- Cucco, M. Sinerchia, A. Ribotti, A. Olita, L. Fazioli, A. Perilli, B. Sorgente, M. Borghini, K. Schroeder, R. Sorgente, A high-resolution real-time forecasting system for predicting the fate of oil spills in the Strait of Bonifacio (western Mediterranean Sea), *Marine Pollution Bulletin*, Volume 64, Issue 6, 2012, Pages 1186-1200, ISSN 0025-326X, doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.03.019.

- Ferrarin, C., A. Razinkovas, S. Gulbinskas, G. Umgiesser and L. Bliudziute, 2008. Hydraulic regime-based zonation scheme of the Curonian Lagoon. *Hydrobiologia*, Vol. 611, 133-146, doi:10.1007/s10750-008-9454-5.
- Coraci, E., G. Umgiesser and R. Zonta, 2007. Hydrodynamic and sediment transport modelling in the canals of Venice (Italy). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 75, 250-260, doi:10.1016/j.ecss.2007.02.028.
- Bajo, M., L. Zampato, G. Umgiesser, A. Cucco and P. Canestrelli, 2007. A finite element operational model for storm surge prediction in Venice. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 75, 236-249, doi:10.1016/j.ecss.2007.02.025.
- Cucco, A., A. Perilli, G. De Falco, M. Ghezzi and G. Umgiesser, 2006. Water Circulation and Transport Time Scales in the Gulf of Oristano. *Chemistry and Ecology*, Vol. 22 (Suppl. 1), S307-S331, doi:10.1080/02757540600670364.
- Ferrarin, C. and G. Umgiesser, 2005. Hydrodynamic modeling of a coastal lagoon: The Cabras lagoon in Sardinia, Italy. *Ecological Modelling*, Vol. 188, 340-357, doi:10.1016/j.ecolmodel.2005.01.061.
- Umgiesser, G., D. Melaku Canu, A. Cucco and C. Solidoro 2004. A finite element model for the Venice Lagoon. Development, set up, calibration and validation. *Journal of Marine Systems*, Vol. 51, 123-145, doi:10.1016/j.jmarsys.2004.05.009.
- Scroccaro, I., R. Matarrese and G. Umgiesser, 2004. Application of a finite element model to the Taranto Sea. *Chemistry and Ecology*, Vol. 20 (Suppl. 1), S205-S224.
- Umgiesser, G., D. Melaku Canu, C. Solidoro and R. Ambrose 2003. A finite element ecological model: a first application to the Venice Lagoon. *Environmental Modelling and Software*, Vol. 18/2, 131-145, doi:10.1016/S1364-8152%2802%2900056-7.
- Melaku Canu, D., Solidoro C., Umgiesser G., 2003. Modelling the responses of the Lagoon of Venice ecosystem to variations in physical forcings. *Ecological Modelling*, Vol 170, 265-289, doi:10.1016/j.ecolmodel.2003.07.004 (see also Erratum, *Ecological Modelling* 2004, Vol 175, 197-216, doi:10.1016/j.ecolmodel.2004.01.010).

N. Proposta: PDTD-2017-928 del 14/11/2017

**Centro di Responsabilità: Servizio Idro-Meteo-Clima**

**OGGETTO: Servizio Idro-Meteo-Clima. Approvazione e sottoscrizione della Convenzione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze Marine (CNR-ISMAR) per la realizzazione di attività di ricerca dal titolo "modellistica idrodinamica della Sacca di Goro".**

**PARERE CONTABILE**

Il/La sottoscritto/a Dott/Dott.ssa Ranieri Daniela, Responsabile Amministrativo/a di Servizio Idro-Meteo-Clima, esprime parere di regolarità contabile ai sensi del Regolamento Arpae sul Decentramento amministrativo.

Data 14/11/2017

Il/La Responsabile Amministrativo/a

---