Progetto di Interesse strategico NEXTDATA

Rendicontazione scientifica per il primo anno di attività: **01/01/2012-31/12/2012**

WP 1.3 - Sistemi osservativi marini e ricostruzioni climatiche (Resp. Nadia Pinardi, INGV)

Partners: INGV

1. Attività prevista e risultati attesi

Durante il primo anno è previsto lo svolgimento di uno studio di fattibilità e la pianificazione della produzione di una "Ricostruzione-Rianalisi" di cento anni (RR) della variabilità climatica del Mare Mediterraneo a risoluzione di pochi chilometri in orizzontale e di poche ore a livello temporale. A tal fine si raccoglieranno i dati disponibili di SeaDataNet e MyOcean, includendo dati in situ e da satellite, facendo un controllo di qualità uniforme sui dati e si calibrerà il sistema di assimilazione dei dati, predisponendolo alla restituzione della rianalisi ad alta risoluzione. L'archiviazione dei dati e la loro messa a disposizione del Portale Generale verrà curata dal WP2.2.

La milestone prevista per il primo anno di attività è:
M1.3.1 (PM12): Definizione della struttura della Ricostruzione/Rianalisi e delle procedure di assimilazione.

2. Deliverables previsti per il periodo di riferimento

D1.3.1 (PM12): Relazione sui dati storici marini, controllo di qualità dei dati e struttura della Ricostruzione/Rianalisi.
D1.3.2 (PM12): Relazione sulla struttura del modello numerico e l'assimilazione dati da usare per la rianalisi.

3. Attività effettivamente svolta durante il periodo di riferimento

3.1 Attività di ricerca

A causa della scarsità di dati osservativi prima degli anni '50 del XX secolo come mostrato in Figura 2a e descritto con maggiori dettagli nei Deliverables D1.3.1 e D2.2.1, non è possibile effettuare una vera e propria rianalisi nei primi cinquant'anni del periodo di riferimento. Per il primo cinquantennio si parla più propriamente di una ricostruzione. Negli ultimi cinquant'anni, invece, la disponibilità di dati osservativi aumenta nel tempo (Figura 2b-c) ed è possibile la produzione di una vera e propria rianalisi. Questa attività viene dunque denominata "Ricostruzione/Rianalisi" (RR) del Mar Mediterraneo dei passati cento anni. L'analisi dettagliata della qualità della RR sarà valutata al terzo anno di attività, come previsto dal Piano Esecutivo sia dal punto di vita quantitativo, come in *Adani et al. 2011*, che dal punto di vista qualitativo, considerando la vasta letteratura presente. La qualità attesa della RR varierà proporzionalmente alla disponibilità di osservazioni. La continua ricerca di nuove osservazioni ed un continuo aggiornamento della nostra banca dati determinerà un miglioramento progressivo della qualità della RR. Questo sarà possibile anche grazie agli avanzamenti tecnici introdotti, sia nel modello di circolazione che nella tecnica di assimilazione dati, nel sistema di RR, come descritto in seguito.

Lo studio di fattibilità ha riguardato il controllo di qualità delle diverse componenti del sistema RR del Mediterraneo (schematizzato in Figura 1) basato sulla produzione delle precedenti rianalisi per i passati 25 anni (1985-2010). La Tabella 1 riassume lo sviluppo del sistema INGV di produzione delle rianalisi:

I. **MedReanV2** (*Adani et al 2011*) è la prima rianalisi prodotta all'interno del progetto CIRCE (http://www.circeproject.eu/);
II. **MedReanV4** è la rianalisi attualmente in produzione all'interno del progetto MyOcean;
III. **RR** è il sistema in via di sviluppo**.**

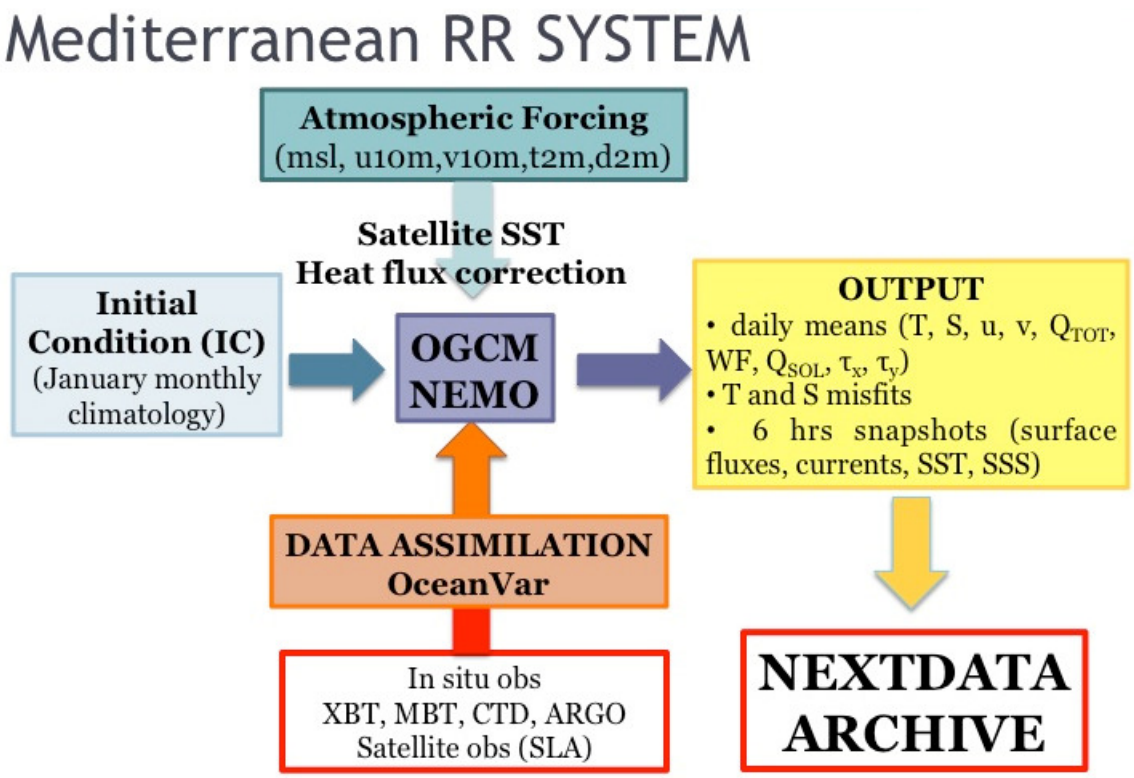

Figura 1. Schema della Ricostruzione/Rianalisi (RR) per il Mediterraneo e le sue componenti: al centro il modello di circolazione (Ocean General Circulation Model) basato sul codice NEMO *(Madec, 2008)*; a sinistra le condizioni iniziali (IC); in alto il forzante atmosferico (mean sea level pressure-msl-componenti del vento a 10 metri-u10m, v10m- temperatura dell'aria a 2m-t2m- dew point temperature a 2m-d2m); in basso lo schema di assimilazione OceanVar *(Dobricic and Pinardi 2008*) e le osservazioni in situ e da satellite (SLA sea level anomaly) contenute nell'archivio messo a punto dal WP2.2; a sinistra i principali campi salvati in output dalla RR, quali medie giornaliere di campi tridimensionali di temperatura, salinità, correnti, di campi bidimensionali quali il flusso di calore totale all'interfaccia aria-mare, il flusso di acqua-WF, la radiazione solare-Qsol, le componenti del flusso di momento τ, le differenze (misfits) tra le osservazioni ed il modello ed in fine i campi istantanei (snapshots) ogni 6 ore delle varie componenti del flusso di calore ed i campi superficiali di temperatura, salinità e le correnti. Questi dati di output popoleranno successivamente l'archivio NextData.

	MedReanV2 (1985-2007)	MedReanV4 (1985-2010)	RR (1912-2011)
Project	CIRCE *Adani et al. 2011*	MyOcean	NEXTDATA
OPERATIONAL SYSTEM	Sys3a2(OPA8.1) *Tonani et al.2008*	Sys4c1 (OPA9.0) *Oddo et al.2009*	(NEMO3.4)
LBC (Atlantic Box)	closed	open	open
Initial Condition IC	MedAtlas Climatology (obs 1995-1999) *Maillard et al. 2005*	SDNV2aa climatology (obs until1987)	SDNV2aa climatology (obs until1987)
ATM Forcing	ERA15 1.125° (1985-1992) ECMWF analysis 0.5° (1993-2007)	ERAInterim 0.75° (1985-2010)	**AMIP** 1.125° (1912-1957) **ERA40** 1.125° (1958-1978) **ERAInterim** 0.75° (1979-2011)
Total Cloud Cover TCC	NCEP–NCAR (1985–92) ECMWF analyses 0.5° (1993-2007)	ERAInterim 0.75° (1985-2010)	**AMIP** 1.125° (1912-1947) **NCEP–NCAR**(1948-1978) **ERAInterim** 0.75° (1979-2011)
Precipitations	NCEP–NCAR (monthly climatology)	CMAP (monthly climatology)	**AMIP** (montly climatology) **NCEP–NCAR** (monthly climatology) **CMAP** (monthly climatology)
SST	SST reconstruction (1985-2007) *Marullo et al.2007*	SST reconstruction (1985-2007) *Marullo et al.2007* MyOcean data (2008-2010)	**HadISST1** (1912-1985) **SST reconstruction**(1985-2007) *Marullo et al.2007* **MyOcean data** (2008-2011)
Partial Cells	NO	YES	YES
True Stress	NO	YES	YES

Tab. 1 Sviluppo del sistema di Ricostruzione/Rianalisi dell'INGV: 1) **MedReanV2** disponibile da *Adani et al. (2011)* nell'ambito del progetto CIRCE (http://www.circeproject.eu/); 2) **MedReanV4** in produzione nell'ambito del progetto MyOcean; 3) il sistema **RR** in produzione per il progetto NextData.

Tutti i dettagli tecnici contenuti in Tabella 1 sono descritti in dettaglio nel Deliverable D1.3.1 *(Implementation of the numerical model and the data assimilation scheme of the Mediterranean Sea Reconstruction/Reanalysis (RR) System).*

Uno dei principali obbiettivi del primo anno di attività del WP1.3 era la ricerca, l'aggiornamento e la raccolta dei dati storici marini esistenti per il periodo della RR che va dal 1912 al 2011. Il deliverable D1.3.1 descrive in dettaglio il lavoro svolto.

Le osservazioni sono una componente fondamentale del sistema RR (Figura 1) poiché un sistema integrato di monitoraggio e previsione utilizza la componente osservativa in varie fasi:

- L'inizializzazione del modello numerico;
- La calibrazione del modello;
- L'assimilazione dei dati;
- La validazione e la valutazione della qualità dei risultati ottenuti.

Il sistema RR necessita di dati in situ di temperatura e salinità lungo la colonna d'acqua ed osservazioni da satellite di altimetria (SLA) per la loro assimilazione nel modello numerico (si veda Figura 1). I dati da satellite di temperatura della superficie del mare (SST) non sono assimilati ma utilizzati per correggere in maniera interattiva il flusso di

calore all'interfaccia aria-mare sulla base della differenza tra la SST simulata dal modello e quella osservata. I profili di temperatura e salinità sono usati anche per la stima di prodotti statistici su griglia, quali ad esempio le climatologie mensili necessarie per la definizione delle condizioni iniziali del sistema RR ma anche per la valutazione della qualità del prodotto finale RR.

Questi data set sono stati collezionati da banche date europee (SeaDataNet, GMES) in sinergia con il WP2.2 che li ha successivamente archiviati nel formato specifico richiesto dal programma di assimilazione dati, come descritto nel Deliverable D2.2.1. Viene fornita in seguito una breve descrizione delle osservazioni da satellite (SLA, SST), per maggiori dettagli si fa riferimento ad entrambe i Deliverables D1.3.1 e D2.2.1. Nessun controllo di qualità è stato effettuato su i dati da satellite perché questo è stato già effettuato e documentato dai gruppi tematici di SST-TAC/OSI-TAC and Sea Level TAC che li hanno prodotti all'interno del progetto MyOcean (progetto di attuazione del GMES Marine Core Service). Seguirà una descrizione dei dati in situ collezionati e della procedura di controllo di qualità ad essi applicata.

Il secondo obiettivo dell'attività del primo anno era la messa a punto dei possibili avanzamenti tecnici da inserire nel sistema RR riguardo al modello di circolazione (OGCM - Ocean General Circulation Model) e alla implementazione dello schema di assimilazione dati. Il Deliverable D1.3.2 descrive nel dettaglio il lavoro svolto a riguardo.

Il sistema RR consiste in un'analisi giornaliera seguita da un giorno di integrazione del modello di circolazione OGCM, come messo a punto nel lavoro di *Adani et al. 2011.* Lo schema variazionale di assimilazione si chiama OceanVar (*Dobricic and Pinardi 2008*). Le differenze del sistema RR rispetto alle precedenti rianalisi (**MedReanV2** e **MedReanV4**) è schematizzato in Tabella 1. A seguire una descrizione delle principali caratteristiche del modello di circolazione e dello schema di assimilazione che intendiamo utilizzare durante l'attività del prossimo anno per la produzione di una RR del Mar Mediterraneo. La calibrazione del sistema RR è stata fatta considerando come periodo di riferimento gli anni 1985-1987 in cui sono a disposizione molti dati in situ per la validazione dei risultati e tenendo a riferimento la qualità dei risultati ottenuti da *Adani et al. 2011* nella **MedReanV2.**

Dati storici marini

I **dati di altimetria** provengono dal Sea Level TAC di MyOcean e sono dati in Delay Time (DT) e versione "upd". La componente DT del sistema SSALTO/DUACS è responsabile della produzione dei dati delle missioni Jason-1, Jason-2, T/P, Envisat, GFO, ERS1/2 processati in modo da ottenere la migliore serie temporale di dati SLA, omogenea, inter-calibrata ed altamente accurata. Il periodo di monitoraggio di altimetria comincia nel 1985 con i dati GeoSat ma i dati verranno assimilati in RR a partire dal 1992.

I **dati di SST** da satellite sono una concatenazione di prodotti specifici per il Mediterraneo caratterizzati da mappe orizzontali già interpolati in maniera ottimale sulla griglia del modello a 1/16 di grado:

1. dati riprocessati (1985-2008) di AVHRR Pathfinder SST (*Marullo et al., 2007*);
2. dati dell'SST-TAC di MyOcean (2008-2011).

Per il periodo che precede il 1985 saranno utilizzati i dati SST del Met Office Hadley Centre, **HadISST1** (*Rayner et al., 2003*), aventi una risoluzione spaziale di 1 grado e sono disponibili a partire dal 1870. Questa scelta è stata fatta coerentemente alla scelta di utilizzare i dati AMIP (Atmospheric Model Intercomparison Project - *Gates, 1992*) come forzanti all'interfaccia aria-mare per il periodo 1911-1957, precedente alla disponibilità dei dati ERA40.

I dati in situ di temperatura e salinità considerati per la produzione della RR sono stati ottenuti da tre fonti principali:

1. **SeaDataNet** (SDN) European infrastructure (DG-Research – FP6) fornisce dati dal 1900-a oggi;
2. **MEDAR-MEDATLAS** (Maillard et al. 2005) per il periodo 1985-1999;
3. **MFS** (Mediterranean Forecasting System) e **MyOcean** In situ TAC per i dati successivi al 1999.

L'integrazione di questi tre data set è stata necessaria in seguito alla mancanza di dati all'interno della banca dati SDN. La banca dati storica SDN raccoglie dati da circa quaranta NODC (National Ocean Data Center) e la sua popolazione di dati è iniziata ed è continuamente stata ampliata durante la prima fase del progetto SDN. La seconda fase di SDN, iniziata a Ottobre 2011, è adesso dedicata alla valutazione ed al miglioramento della qualità della banca dati ed alla eliminazione dei duplicati al suo interno. I potenziali duplicati all'interno del nostro data set sono stati individuati ed eliminati nelle successive analisi.

La distribuzione dei dati nel periodo 1990-2012 (Figura 2c) mostra una diminuzione del numero dei dati negli ultimi anni in seguito all'intervallo temporale che intercorre tra il campionamento e l'inserimento dei dati nella banca dati. Questa è una caratteristica comune delle banche dati storiche ed ha reso necessaria l'integrazione dei dati SDN con i dati di MFS (Mediterranean Forecating System) e MyOcean In situ TAC, osservazioni in near real time (NRT) collezionate nel Mediterraneo durante progetti europei precursori di MyOcean, durante il periodo **1999-2009**. Questi progetti europei sono:

- **MFSPP** (Mediterranean ocean Forecasting System Pilot Project) **1998-2001** EU-MAST project MA 53-CT98-0171;
- **MFSTEP** (Mediterranean ocean Forecasting System Towards Environmental Prediction) **2003-2005** DG-Research – FP5 EU Contract Number EVK3-CT-2002-00075;
- **MERSEA** (Marine Environment and Security for the European) Strand 1 (**2001-2003)**;
- **MERSEA** Integrated Project (**2004-2008)**.

Un altro controllo è stato effettuato per verificare la presenza dei dati MEDAR-MEDATLAS, assimilati nella **MedReanV2** da *Adani et al. 2011*. I dati mancanti sono stai inseriti in modo da ottenere il data set più completo ed ampio possibile.

Il periodo 1911-1946 (Figura 2a) è caratterizzato dalla presenza di pochi dati e in alcuni anni i dati sono assenti. La disponibilità di dati comincia in maniera sistematica ed aumenta a partire dal 1946. Questo permetterà di assimilare pochi dati durante questo primo periodo di RR ma, grazie all'utilizzo dei dati AMIP come forzanti e dei dati HadlSST1 per correggere il flusso di calore all'interfaccia aria-mare, sarà comunque possibile ricostruire il clima del Mar Mediterraneo. Si valuterà successivamente (attività del terzo anno) la qualità di tale ricostruzione in termini sia qualitativi (confronto con la letteratura) che quantitativi, utilizzando i dati in situ a disposizione. Ulteriori sforzi verranno dedicati alla ricerca di dati indipendenti che permettano una validazione più robusta.

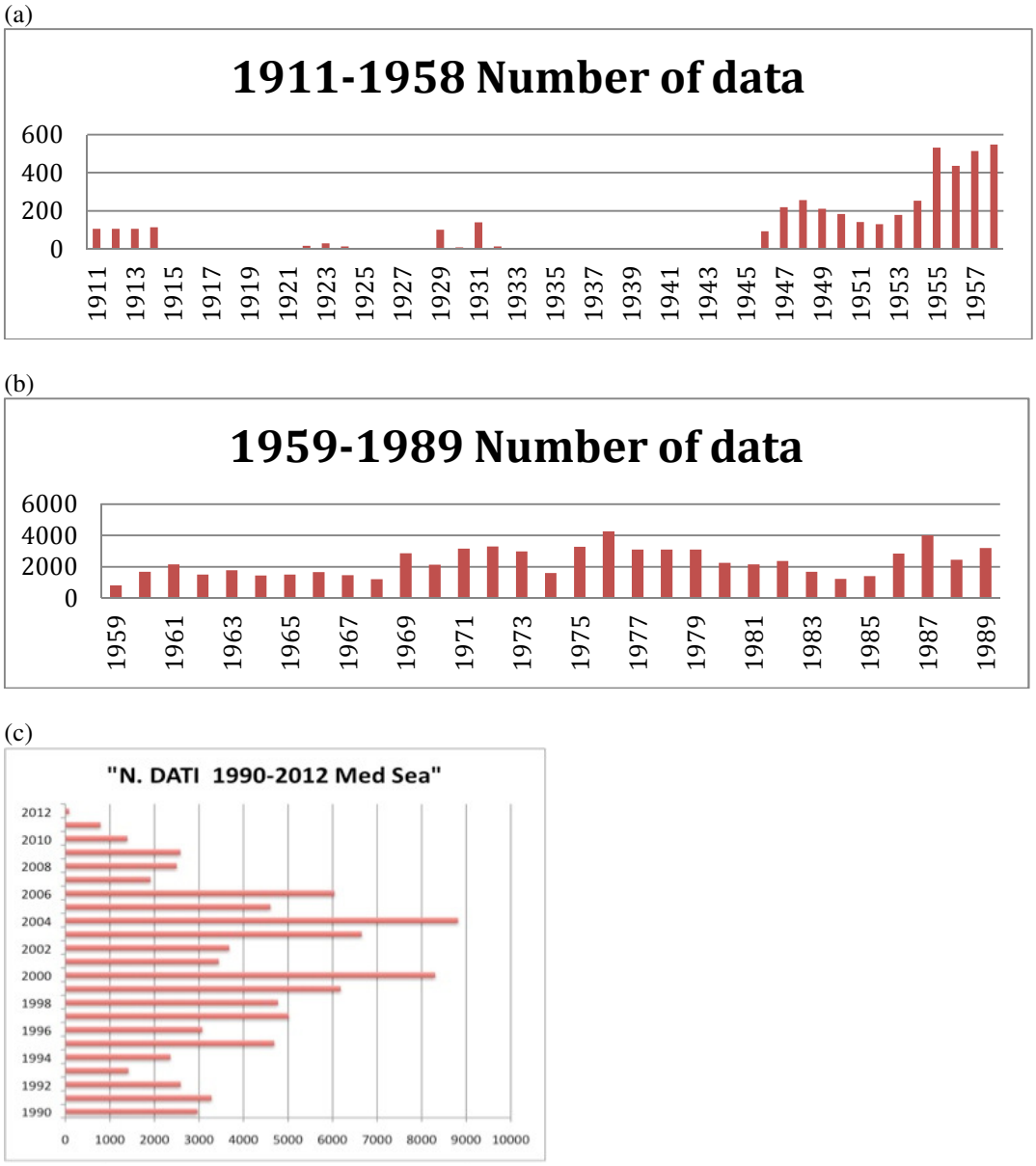

Figura 2. Distribuzione annuale dei dati di temperatura e salinità nell'ambito dell'infrastruttura SDN per il Mar Mediterraneo.: (a) per il periodo 1911-1958; (b) per il periodo 1959-1989; (c) per il periodo 1990-2012.

Controllo di Qualità

Il controllo di qualità dei dati è stato applicato solamente ai dati in situ poiché i dati da satellite sono già stati sottoposti a procedure di QC specifici da parte dell'SST-TAC e del Sea Level TAC di MyOcean.

I dati collezionati sono stati successivamente selezionati sulla base degli indici di qualità assegnati ed applicati coerentemente da SDN, MFS, MyOcean e MEDAR-MEDATLAS. In particolare sono stati selezionati i profili verticali di temperatura e salinità che avessero **indici di qualità generali** (associati all'intero profilo) **pari a 1 relativi al posizionamento dei dati sia nel tempo che nello spazio** (longitudine, latitudine e tempo di campionamento).

Abbiamo effettuato anche un controllo visivo dei dati utilizzando il software ODV (OceanDataView) che, ideato per tale scopo, è in grado di importare i dati in formato SDN e MEDAR-MDATLAS e di gestire enormi quantità di dati. Abbiamo poi selezionato i dati con **indice di qualità generale** (associato all'intero profilo) **relativo alla profondità** pari a 0, 1 e 2 (Tab. 2) al fine di non scartare troppe osservazioni.

Poi è stato applicato un controllo (range check) per verificare che i dati di temperatura e salinità rientrassero all'interno di valori ragionevoli per la regione sotto esame (4 <T<30C°, 15<S<40psu). Possibili duplicati sono stati individuati ed eliminati definendo intervalli di tolleranza: 0.002 gradi per le coordinate spaziali e 0.1 giorni per l'ora di campionamento. Un controllo sulla presenza di possibili spikes è stato fatto prima di esportare i dati selezionati ed i relativi indici di qualità in un formato compatibile con il software DIVA, utilizzato per calcolare mappe di temperatura e salinità, quali le climatologie mensili.

I dati sono stati riscritti successivamente in formato ASCII compatibile con il programma di assimilazione dati. Un **controllo successivo è stato effettuato considerando gli indici di qualità assegnati ai singoli valori di ciascun profilo relativi a profondità, temperatura e salinità**. Solo i profili che avessero almeno il 75% di dati "buoni" sono stati selezionati e dunque saranno assimilati nella RR. Per dati "buoni" si intendono quelli che presentano valori uguali 1 per tutti e tre gli indici di qualità (profondità, T,S). Ad esempio, se un profilo di temperatura e salinità contiene 10 valori osservati a varie profondità e, a ciascuno di questi sono associati 3 indici di qualità (T, S profondità), solo i livelli con tutti e tre gli indici pari a 1 sono stati selezionati. Solo se il numero dei record verticali selezionati è superiore al 75% allora il profilo passa alla fase successiva e dunque alla assimilazione. Per il caso in questione il profilo per poter essere considerato deve avere 8 valori di buona qualità.

Key	Entry Term	Abbreviated term	Term definition
0	no quality control	none	No quality control procedures have been applied to the data value. This is the initial status for all data values entering the working archive.
1	good value	good	Good quality data value that is not part of any identified malfunction and has been verified as consistent with real phenomena during the quality control process.
2	probably good value	probably_good	Data value that is probably consistent with real phenomena but this is unconfirmed or data value forming part of a malfunction that is considered too small to affect the overall quality of the data object of which it is a part.
3	probably bad value	probably_bad	Data value recognised as unusual during quality control that forms part of a feature that is probably inconsistent with real phenomena.
4	bad value	bad	An obviously erroneous data value.
5	changed value	changed	Data value adjusted during quality control. Best practice strongly recommends that the value before the change be preserved in the data or its accompanying metadata.
6	value below detection	BD	The level of the measured phenomenon was too small to be quantified by the technique employed to measure it. The accompanying value is the detection limit for the technique or zero if that value is unknown.
7	value in excess	excess	The level of the measured phenomenon was too large to be quantified by the technique employed to measure it. The accompanying value is the measurement limit for the technique.
8	interpolated value	interpolated	This value has been derived by interpolation from other values in the data object.
9	missing value	missing	The data value is missing. Any accompanying value will be a magic number representing absent data.
A	value phenomenon uncertain	ID_uncertain	There is uncertainty in the description of the measured phenomenon associated with the value such as chemical species or biological entity.

Tab. 2. Tabella con gli indici di qualità definiti da SeaDatNet.

Il Modello di Circolazione (OGCM) per la RR

La seconda componente principale del sistema RR è rappresentata dal modello di circolazione (OGCM) implementato da *Tonani et al. 2008,* basandosi sul codice OPA8.1 *(Madec, 2008)*, e successivamente sviluppato ed aggiornato alla versione del codice OPA9.2 da *Oddo et al. 2009.* La prima versione del modello è stata utilizzata per produrre la **MedReanV2** (*Adani et al 2011*) mentre la seconda implementazione è utilizzata per produrre la **MedReanV4** (si veda tab.1).

Il dominio del modello numerico ricopre l'intero Mar Mediterraneo e si estende anche nel Nord Atlantico, ad una risoluzione spaziale di 1/16 di grado e 72 livelli verticali la cui risoluzione aumenta dal fondo verso la superficie. La configurazione del modello utilizzato per produrre la **MedReanV4** utilizza le coordinate z con "partial cells" o celle parziali sul fondo per poter rappresentare in maniera più realistica la topografia del bacino. Figura 2 mostra come varia la rappresentazione del fondo del mare nel caso si utilizzino le coordinate z standard (a) o quelle con partial cells (b) sul fondo.

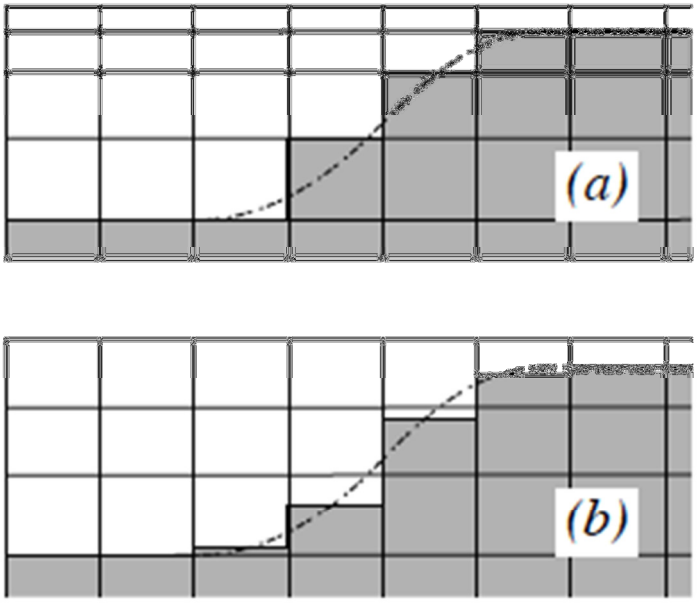

Figura 3. Il fondo del mare rappresentato in (a) da coordinate z standard, (b) da coordinate con partial cell sul fondo. Figura estratta da Madec 2008 – fig 3.5 –pag 44.

La parte Atlantica del dominio è caratterizzata da tre contorni laterali aperti dove il modello è annidato con campi climatologici mensili calcolati da 10 anni di campi giornalieri (1993-2003) prodotti dal modello globale MERCATOR a ¼ di grado di risoluzione (*Drevillon et al., 2008*).

I flussi all'interfaccia aria-mare vengono calcolati con formule di bulk che hanno bisogno dei seguenti dati in input: 1) temperatura dell'aria a 2m; 2) dew point temperature; 3) componente zonale e meridionale della velocità del vento a 10m; 4) pressione media sul livello del mare; 5) copertura nuvolosa totale. Abbiamo condotto uno studio specifico sulla parametrizzazione dei flussi alla superficie per valutare l'utilizzo o meno di:

- una tecnica di estrapolazione della temperatura dell'aria e della umidità relativa da 2 a 10 metri, come richiesto dalle formule di bulk;
- true stress che considera la velocità relativa del vento rispetto alla corrente superficiale per il calcolo del flusso di momento.

Nel primo caso sono stati utilizzati i dati COSMO-Med di temperatura dell'aria e di umidità relativa sia a 2m che 10m. Abbiamo usato offline la routine di NEMO turb_core_2z.f90 per estrapolare i dati COSMO da 2 a 10m poi li abbiamo confrontati con quelli COSMO a 10m.
Nel secondo caso abbiamo valutato l'utilizzo del true stress nel calcolo di flusso di momento mediante due simulazioni per il periodo 1985-1987 e abbiamo valutato i risultati con le osservazioni disponibili.

Le **condizioni iniziali** sono state messe a punto in maniera tale da rappresentare al meglio le condizioni idrodinamiche medie del periodo di inizializzazione. Una nuova climatologia di temperatura e salinità è stata dunque calcolata (chiamata **SDN_V2aa**) utilizzando il vasto data set SDN prendendo in considerazioni le osservazioni raccolte nel periodo 1900-1987, che comprendono solo in parte i dati MEDAR-MEDATLAS (1985-1999) usati per calcolare la condizione iniziale della **MedReanV2** (*Adani et al 2011*).

Abbiamo perso in considerazione solo osservazioni antecedenti al 1987 perché non volevamo che la condizione iniziale contenesse alcun segnale dell'Eastern Mediterranean Transient (EMT), poiché non è ancora stato dimostrato che un fenomeno equivalente all'EMT si sia verificato prima del 1993. Le osservazioni del Mediterraneo sono state integrate con i dati del World Ocean Atlas per ricoprire l'intero dominio RR. La climatologia è stata calcolata su una griglia ad elementi finiti utilizzando il software DIVA (Data-Interpolating Variational Analysis), che permette di interpolare i dati nello spazio in maniera ottimale.

Il forzante atmosferico rappresenta la terza componente del sistema RR schematizzato in Figura 1 e riassunto in Tabella 1. In base alle precedenti esperienze considereremo una concatenazione dei più recenti prodotti di rianalisi ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecast):

- **ERAInterim** (*Dee et al. 2011*): dati che vanno dal 1979 a oggi con una risoluzione spaziale di 0.75 gradi.
- **ERA40** (*Uppala et al. 2005*): dati disponibili da Settembre 1957 ad Agosto 2002 con una risoluzione spaziale di 1.125 gradi.

Entrambe i dati sono disponibili ad una risoluzione temporale di 6 ore.
Per poter produrre 100 anni di RR del clima del Mar Mediterraneo sono stati presi in considerazione i dati atmosferici **AMIP** (*Gates, 1992*). Dati di tipo AMIP sono disponibili a partire dal 1900 fino al 2003 e sono stati creati in una serie di esperimenti effettuati con il modello atmosferico globale ECHAM4 (*Cherchi and Navarra, 2007*) su una griglia T126 avente 1.125 gradi di risoluzione orizzontale. Il modello è stato forzato con i dati **HadISST1** (*Rayner et al. 2003*) interpolati sulla griglia ECHAM4. I dati AMIP sono disponibili con una risoluzione temporale di 12 ore. In particolare i risultati di 7 esperimenti sono disponibili aventi caratteristiche simili ma dovranno essere analizzati e valutati rispetto ai prodotti ECMWF al fine di individuare quello che fornisce la miglior qualità da utilizzare per la RR.

Durante questo anno abbiamo cominciato l'implementazione del modello ad alta risoluzione basato sul codice NEMO3.4 parallelo. L'incremento della risoluzione orizzontale passa da 1/16 a 1/24 di grado. La batimetria DBDB1 è stata interpolata sulla griglia del modello e particolare attenzione è stata dedicata alla definizione della topografia (linea di costa e profondità minima) e della discretizzazione verticale. Sono state testate diverse configurazioni aventi un diverso numero di livelli verticali (72, 81, 91, 101) con lo scopo di rappresentare in maniera ottimale la stratificazione ambientale e la sua variabilità stagionale. Abbiamo scelto la configurazione del modello con 91 livelli verticali e con questa abbiamo prodotto una simulazione preliminare per verificare che tutti campi in input al modello fossero letti correttamente e che i flussi all'interfaccia aria-mare venissero calcolati correttamente.

Lo schema di assimilazione dati

Quarta componente del sistema RR è lo schema di assimilazione dati che utilizza i profili di temperatura e salinità e dati di altimetria per correggere giornalmente i dati del modello. OceanVar è il nome dello schema utilizzato, messo a punto da *Dobricic and Pinardi (2008*) all'interno del sistema di previsione operativo (*Dobricic et al 2007*)). OceanVar è uno schema tridimensionale e variazionale che permette di correggere i campi delle principali variabili dinamiche (T, S, livello del mare, correnti).
Il ciclo di assimilazione che utilizzeremo si differisce da quello operativo, descritto in *Dobricic et al. 2007*. Si utilizzerà un ciclo giornaliero come implementato da *Adani et al (2011)* nella **MedReanV2**. Esso considera le osservazioni presenti all'interno della finestra temporale di 24 ore che va dalle ore 12:00 del giorno J alle 12 del giorno J+1. Le correzioni stimate vengono applicate al restart del modello alle 12:00 del giorno J+1.

Un'analisi di calibrazione dell'Oceanvar è stata condotta in modo da poter gestire un numero sempre crescente di osservazioni dovuto all'ampliamento delle banche date storiche. Un altro problema emerge dalla distribuzione spaziale delle osservazioni che si differenzia completamente in un sistema di rianalisi da un sistema di previsione operativo. La diversa distribuzione spaziale prende origine dalla diversa tipologia dei dati che, in un sistema di rianalisi è prettamente di delay time (DT) mentre in un sistema di previsione è in near real time (NRT). I data set DT contengono, diversamente dai data set NRT, un numero maggiore di osservazioni disposte regolarmente nello spazio (griglie di campionamento, transetti regolari e serie temporali di dati ad alta risoluzione) sollevando problematiche non incontrate in precedenza.

Sono stati fatti molti esperimenti per definire le scale orizzontali di correlazione e gli errori strumentali ma anche per valutare l'utilizzo o meno del calcolo delle così dette "super observations" in verticale (medie effettuate all'interno di strati verticali) e per migliorare il filtro orizzontale che espande in orizzontale le correzioni puntiformi, iniziando anche un'approccio di multi-scala. Queste analisi sono state concentrate nel periodo temporale 1985-1987 quando molte osservazioni sono disponibili, in particolare i programmi di monitoraggio POEM (*Malanotte Rizzoli and Robinson 1988*) che hanno campionato in modo intensivo il Mediterraneo orientale. La validazione dei risultati è stata fatta mediante il calcolo dei misfits con le osservazioni in situ e le mappe di SST e valutando la circolazione ottenuta e confrontandola con la letteratura, in particolare con le mappe di circolazione di *Robinson at al. (1991)*.

3.2 Sviluppi applicativi, tecnologici e informatici

Nessuno nel periodo di riferimento

3.3 Attività di formazione

Nessuna nel periodo di riferimento

3.4 Attività di disseminazione e divulgazione

Nessuna nel periodo di riferimento

3.5 Partecipazione a conferenze

Nessuna nel periodo di riferimento

4. Risultati ottenuti durante il periodo di riferimento

4.1 Risultati specifici (banche dati, risultati delle misure, output di modelli, etc)

L'analisi riguardante i flussi all'interfaccia aria mare ha condotto a due importanti risultati.

La tecnica di estrapolazione della temperatura dell'aria e della umidità relativa da 2 a 10m comporta:

- un vantaggio per la temperatura dell'aria durante il periodo invernale quando la temperatura estrapolata è molto vicina alla temperatura a 10m, ma durante la stagione estiva l'estrapolazione produce temperature dell'aria troppo elevate che potrebbero incrementare il bias già positivo della RR SST;
- un vantaggio per l'umidità relativa durane l'autunno e l'inverno ma valori estremamente bassi durante la stagione estiva.

Abbiamo così deciso di non utilizzare questa tecnica e di considerare i valori a 2m nel calcolo dei flussi superficiali.

I risultati riguardanti l'utilizzo del true stress non hanno dato differenze significative nella validazione con le osservazioni e nemmeno nella circolazione, abbiamo dunque deciso di includere il true stress nel calcolo del flusso di momento.

La calibrazione dell'OceanVar ci ha permesso di:

- individuare un baco nel codice nell'interpolazione dei misfit verticali;
- evitare il calcolo delle "super observations" verticali;
- migliorare il filtro orizzontale
- ridurre le scale di correlazione in modo da minimizzare la probabilità di incorrere in fenomeni di overshooting durante il calcolo del campo tridimensionale di correzione mediante il filtro orizzontale;
- testare un filtro orizzontale multi-scala che seleziona le scale di correlazione in base alle scale campionate dalle osservazioni.

4.2 Pubblicazioni

Nessuna nel periodo di riferimento

4.3 Disponibilità di dati e output modellistici (formato, supporto, etc)

Nessuna nel periodo di riferimento

4.4 Deliverables completati

D1.3.1: Relazione sui **dati storici marini**, **controllo di qualità specifico**

D1.3.2: Relazione sulla struttura del **modello numerico** e **l'assimilazione dati** da usare per la Ricostruzione/Rianalisi (RR).

5. Commento su eventuali scostamenti fra attività/risultati/deliverables previsti ed effettivamente realizzati

L'attività del primo anno è stata dedicata al disegno di un nuovo sistema di RR finalizzata allo studio del clima del Mar Mediterraneo per i passati cento anni. I risultati ottenuti riguardo all'implementazione del modello ad alta risoluzione sono ancora preliminari, tali dunque da non permettere di apportare questa miglioria all'interno del sistema RR. L'analisi dei dati atmosferici AMIP e la loro validazione con i prodotti di rianalisi ECMWF (ERA-40, ERA-Interim) non è stata possibile. Questi dati dovrebbero essere utilizzati per il primo periodo di RR antecedente al 1958, anno in cui cominciano i dati di ERA-40.

6. Attività previste per il periodo successivo

Le considerazioni conclusive concernenti l'attività svolta ed i risultati ottenuti in questo primo anno rendono necessaria una parziale revisione dell'attività prevista per il prossimo anno nel Piano Esecutivo del progetto (produzione a 1/24 di grado a partire dal 1912). Mentre altro tempo sara' dedicato all'implementazione del sistema RR ad alta risoluzione ed alla validazione dei dati AMIP, si propone di iniziare la produzione intermedia di una nuova RR per il Mar Mediterraneo mantenendo la configurazione attuale del modello di circolazione a 1/16 di grado partendo da Gennaio 1958 quando inizia la disponibilità dei dati ERA-40. Nel frattempo verranno proseguite le attività di studio concernenti:

- l'implementazione e la calibrazione del modello a 1/24 di grado;
- l'analisi dettagliata dei dati AMIP e la loro validazione con i prodotti di rianalisi ECMWF;
- il miglioramento e la calibrazione dello schema di assimilazione OceanVar nella configurazione di RR a 1/24 di grado;
- il calcolo di una nuova climatologia su griglia a 1/24 per l'inizializzazione della RR.

Bibliografia citata:

Adani M., Dobricic, S. Pinardi N., 2011: Quality Assessment of a 1985–2007 Mediterranean Sea Reanalysis. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **28**, 569–589. doi: http://dx.doi.org/10.1175/2010JTECHO798.1

Buongiorno Nardelli B., C.Tronconi, A. Pisano, R.Santoleri, 2013: High and Ultra-High resolution processing of satellite Sea Surface Temperature data over Southern European Seas in the framework of MyOcean project, Rem. Sens. Env., 129, 1-16, doi:10.1016/j.rse.2012.10.012.

Cherchi, A. and A. Navarra, 2007: Sensitivity of the Asian summer monsoon to the horizontal resolution: differences between AMIP-type and coupled model experiments*, Climate Dynamics, 28, 2, 273-290, doi:10.1007/s00382-006-0183-z*

Dee, D. P., S. M. Uppala, A. J. Simmons, P. Berrisford, P. Poli, S. Kobayashi, U. Andrae et al. "The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system." Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 137, no. 656 (2011): 553-597.

Dobricic, S., Pinardi, N., Adani, M., Tonani, M., Fratianni, C., Bonazzi, A., and Fernandez, V.: Daily oceanographic analyses by Mediterranean Forecasting System at the basin scale, Ocean Sci., 3, 149-157, doi:10.5194/os-3-149-2007

Dobricic S., Pinardi N., 2008: An oceanographic three-dimensional variational data assimilation scheme, Ocean Modelling, Volume 22, Issues 3–4, , Pages 89-105, ISSN 1463-5003, 10.1016/j.ocemod.2008.01.004.

Gates, WL, 1992. AMIP: the atmosphere model intercomparison project. Bulletin of American Meteorological Society 73, 1962–1970.

Maillard, C., and Coauthors, 2005: MEDAR/MEDATLAS 1998-2001: A Mediterranean and Black Sea oceanographic data base and network. Boll. Geofis. Teor. Appl., 46, 329–344.

Madec, *G.*, *P. Delecluse*, *M. Imbard*, and *C. Levy*, 1998: OPA 8.1 ocean general circulation model reference manual. Institut Pierre-Simon Laplace, Note du Pole de Modelisazion, No. 11, 91 pp.

Malanotte-Rizzoli, P. and Robinson, A.R. 1988. POEM: Physical oceanography of the

eastern Mediterranean. EOS, The Oceanography Report, 69: 194-203.

Oddo, *P.*, *Adani M.*, *Pinardi N.*, *Fratianni C.*,*Tonani M.*, and *Pettenuzzo D.*, 2009: A nested Atlantic-Mediterranean Sea general circulation model for operational forecasting. *Ocean Sci.*, **5**, 461–473.

Rayner, N. A.; Parker, D. E.; Horton, E. B.; Folland, C. K.; Alexander, L. V.; Rowell, D. P.; Kent, E. C.; Kaplan, A. (2003) Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century J. Geophys. Res.Vol. 108, No. D14, 4407 10.1029/2002JD002670

A.R. Robinson, M. Golnaraghi, W.G. Leslie, A. Artegiani, A. Hecht, E. Lazzoni, A. Michelato, E. Sansone, A. Theocharis, Ü. Ünlüata, The eastern Mediterranean general circulation: features, structure and variability, Dynamics of Atmospheres and Oceans, Volume 15, Issues 3–5, April 1991, Pages 215-240, ISSN 0377-0265, 10.1016/0377-0265(91)90021-7.

Tonani, M., Pinardi, N., Dobricic, S., Pujol, I., and Fratianni, C., 2008: A high-resolution free-surface model of the Mediterranean Sea, Ocean Sci., 4, 1-14, doi:10.5194/os-4-1-2008.

Uppala, S.M., Kållberg, P.W., Simmons, A.J., Andrae, U., da Costa Bechtold, V., Fiorino, M., Gibson, J.K., Haseler, J., Hernandez, A., Kelly, G.A., Li, X., Onogi, K., Saarinen, S., Sokka, N., Allan, R.P., Andersson, E., Arpe, K., Balmaseda, M.A., Beljaars, A.C.M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Caires, S., Chevallier, F., Dethof, A., Dragosavac, M., Fisher, M., Fuentes, M., Hagemann, S., Hólm, E., Hoskins, B.J., Isaksen, L., Janssen, P.A.E.M., Jenne, R., McNally, A.P., Mahfouf, J.-F., Morcrette, J.-J., Rayner, N.A., Saunders, R.W., Simon, P., Sterl, A., Trenberth, K.E., Untch, A., Vasiljevic, D., Viterbo, P., and Woollen, J. 2005: The ERA-40 re-analysis*. Quart. J. R. Meteorol. Soc., 131, 2961-3012.doi:10.1256/qj.04.176*