

Relazione scientifica sull'attività di ricerca svolta da Roberta Sciascia presso il Massachusetts Institute of Technology nell'ambito del programma STM 2015.

L'attività di ricerca svolta prevedeva lo sviluppo di una parametrizzazione per rappresentare lo scioglimento dei ghiacciai Groelandesi nei modelli numerici. A questo scopo sono state seguite due linee di sviluppo distinte:

- parametrizzazione per modelli climatici
- parametrizzazione per modelli regionali

Nella prima è stata implementata una nuova routine numerica utilizzabile all'interno del modello MITgcm-ECCO.

Il modello MITgcm-ECCO è un modello climatico che simula lo stato oceanico dal 1992 al 2011 e assimila, al suo interno, dati oceanici che vengono utilizzati per correggere possibili errori numerici dovuti alla mancata rappresentazione di processi fisici.

La routine sviluppata calcola lo scioglimento superficiale annuale dei ghiacciai Groenlandesi dovuto alla variazione stagionale di temperatura e all'accumulo invernale di neve. Questa stima viene effettuata utilizzando i dati atmosferici di temperatura e copertura nevosa prodotti dall' ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecast) e il Positive Degree Day model.

Quest'ultimo è una parametrizzazione che correla, in prima approssimazione, lo scioglimento superficiale dei ghiacciai ai giorni con temperature diurne superiori allo zero.

È importante notare come l'acqua prodotta dallo scioglimento superficiale dei ghiacciai percoli all'interno del ghiacciaio stesso fino a raggiungerne la base dove può poi entrare nell'oceano a profondità variabili a seconda del ghiacciaio (500m-1000m). Proprio in questo punto la routine sviluppata presenta elementi di novità rispetto agli approcci seguiti in letteratura. L'acqua prodotta dallo scioglimento dei ghiacciai viene comunemente rappresentata nei modelli climatici come dolce ed entrante in oceano alla superficie libera.

Tuttavia, l'acqua che raggiunge l'oceano in profondità è dolce, fredda e quindi più leggera rispetto alle acque circostanti; proprio questa differenza di densità fa sì che rapidamente e a stretto contatto con il ghiacciaio, l'acqua glaciale si mescoli alle acque oceaniche e risalga la colonna d'acqua. La massa d'acqua risultate da questi processi penetra quindi all'interno dell'oceano entrando a far parte della dinamica oceanica a larga scala.

La routine sviluppata calcola, basandosi su formulazioni ottenute in lavori precedenti (Sciascia et al., 2013) e su modelli di dinamica delle plumes, la densità della massa d'acqua risultate, il volume totale e la profondità alla quale entra nella circolazione globale.

Questo calcolo viene effettuato per ogni punto della Groenlandia e, partendo dall'ipotesi che per gravità l'acqua glaciale ne raggiunga le coste, si distribuisce lo scioglimento lungo le stesse proporzionalmente ai risultati ottenuti con il Positive Degree Day Model.

Il problema affrontato è particolarmente complesso e per risolverlo sono state effettuate numerose semplificazioni, la routine è quindi in fase di validazione. Gli esperimenti di validazione prevedono un'analisi dell'importanza della densità della

massa d'acqua glaciale (dolce o salata), delle caratteristiche dell'intrusione (superficiale o profonda) e della distribuzione lungo le coste (uniforme o localizzata). Ultimata la fase di validazione la routine sarà disponibile online sul sito dell' MITgcm http://mitgcm.org/viewvc/MITgcm/MITgcm_contrib/

Nella seconda linea di ricerca il modello idrodinamico MITgcm è stato utilizzato in una configurazione semplificata per studiare gli effetti della variazione di risoluzione (1m-200m) sulle stime di scioglimento sottomarino dei ghiacciai.

I modelli numerici attualmente impiegati per studiare la dinamica dei ghiacciai e dei fiordi groenlandesi spaziano dalle alte risoluzioni (1-50m) a quelle regionali (100-200m). Tuttavia, a prescindere dalla risoluzione considerata, i modelli utilizzano le stesse equazioni per calcolare lo scioglimento sottomarino dei ghiacciai.

Queste equazioni sfruttano nel calcolo la temperatura e le velocità oceaniche verticali all'interfaccia tra ghiaccio ed oceano.

Le simulazioni effettuate con l' MITgcm mostrano che, al diminuire della risoluzione, lo scioglimento dei ghiacciai diminuisce. Questo risultato è dovuto a una mancata rappresentazione delle velocità verticali all'interfaccia tra ghiaccio e oceano dove, l'acqua dolce si mescola con quella oceanica generando una plume convettiva che, al diminuire della risoluzione, non viene correttamente risolta dal modello.

Grazie all'analisi di queste simulazioni è stata quindi sviluppata una nuova parametrizzazione che, partendo dalla dinamica delle plumes convettive, corregge l'errore sulla velocità verticale effettuato dal modello al diminuire della risoluzione. La parametrizzazione parte dall'ipotesi che il volume totale della plume debba essere lo stesso a prescindere dal modello utilizzato per rappresentarla. Modelli analitici di plume convettive ne correlano la velocità al volume iniziale. È quindi possibile ricavare la velocità da utilizzare nel modello numerico e il relativo il fattore di correzione da applicare alle velocità numeriche.

Questa parametrizzazione è stata implementata nella già esistente routine numerica del modello MITgcm che calcola lo scioglimento sottomarino.

Le simulazioni che utilizzano la parametrizzazione e hanno quindi velocità verticali corrette, mostrano uno scioglimento sottomarino costante al variare della risoluzione. Simulazioni ad alta risoluzione che risolvono le dinamiche convettive all'interfaccia tra ghiaccio ed oceano, sono paragonabili, per quanto riguarda lo scioglimento sottomarino, a simulazioni a bassa risoluzione che correggono le stime della velocità verticali utilizzando la parametrizzazione sviluppata.

Il vantaggio parametrizzazione sviluppata è quello di poter ottenere una stima corretta di scioglimento sottomarino senza dover effettuare simulazioni computazionalmente dispendiose e potendo quindi effettuare simulazioni a scala regionale di fiordo e piattaforma continentale che permettono di analizzare gli effetti dell'acqua dolce sull'oceano e non solo simulazioni ad alta risoluzione dell'interfaccia ghiaccio-oceano.

Un articolo da sottoporre alla rivista scientifica internazionale Geophysical Research Letters (GRL) è in fase di prima stesura.

Le due parametrizzazioni studiate durante l'attività di ricerca consentono a modelli con risoluzioni tra loro variabili di rappresentare correttamente lo scioglimento dei ghiacciai e di studiarne gli effetti sulla circolazione oceanica.

