

Applicazione di una metodologia di analisi di rischio regionale su base GIS per l'utilizzo sostenibile delle falde in un contesto di cambiamento climatico – Applicazione nell'ambito del progetto Life+ SALT

Jonathan Rizzi (*,**), Silvia Torresan (*), Sara Pasini (*), Felix Iyalomhe (*),
Andrea Critto (*,**), Antonio Marcomini (**)

(* Euro-Mediterranean Centre for Climate Change (CMCC), Impacts on Soil and Coast Division
c/o Consorzio Venezia Ricerche, Via della Libertà 12, 30175, Venice, Italy

(**) Department of Environmental Sciences, Informatics and Statistics
University Ca' Foscari Venice, Calle Larga S. Marta 2137, I-30123 Venice, Italy

Sintesi

Gli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche possono portare a variazioni significative nella quantità e nella qualità delle acque di falda. Le attività antropiche quali l'estrazione di acqua, l'irrigazione intensiva, i cambiamenti nell'uso del suolo e l'urbanizzazione rappresentano ulteriori pressioni che richiedono l'attuazione di misure di adattamento contro il degrado della qualità e la scarsità dell'acqua.

Con lo scopo di fornire informazioni utili alle autorità competenti per la gestione delle risorse idriche sui possibili impatti relativi ai cambiamenti climatici, è stata sviluppata e implementata una metodologia di Analisi di Rischio Regionale (ARR) all'interno di un Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS) integrato con un sistema GIS. Gli obiettivi principali della metodologia sono la valutazione e la prioritizzazione dei potenziali impatti, della vulnerabilità e dei rischi posti dai cambiamenti climatici sulle acque di falda e sugli ecosistemi ad esse connessi, al fine di identificare le aree in cui è necessario procedere per definire delle strategie di adattamento e gestione.

L'ARR utilizza gli output di modelli climatici, idrologici ed idrogeologici al fine di valutare le variazioni dei regimi idrologici e dei bilanci di falda, in relazione a diversi scenari di cambiamento climatico. Vengono inoltre utilizzate proiezioni di innalzamento del livello del mare per valutare gli impatti dei cambiamenti climatici sui fenomeni di intrusione del cuneo salino. Le aree maggiormente sensibili agli impatti dei cambiamenti climatici (abbassamento del livello della falda, degrado della qualità o intrusione del cuneo salino) vengono identificate analizzando la distribuzione spaziale dei fattori biofisici e socioeconomici del territorio (es. topografia, geologia, copertura e uso del suolo) e integrandoli mediante tecniche di Analisi Multi-Criteriale.

Nell'intervento verranno descritti l'applicazione e i risultati dell'ARR e del DSS applicati al bacino del Fiume Esino (Marche) nell'ambito del progetto Life+ SALT.

Abstract

Climate change impacts on hydrological resources can lead to important changes on groundwater quantity and quality. Human activities like water pumping, irrigation, changes on land uses and urbanization represent other pressures that require the implementation of adaptation measures to limit water quality decrease and water scarcity.

With the main aim to produce useful information for the authorities responsible of the management of hydrological resources, taking into account the possible impacts of climate changes, a Regional Risk Assessment (RRA) methodology has been developed and implemented within a Decision Support System (DSS) integrated with a GIS. The main aim are the assessment and prioritization of the potential impacts, of the vulnerability and of the risk relate to climate change on groundwaters

and related ecosystems, in order to identify area and targets where the definition of adaptation and management strategies is required.

The methodology is based on the use on climate change, hydrological and hydrogeological models outputs in order to make an assessment of hydrological regimes and groundwater budgets, related to different climate change scenarios. Moreover, sea level rise projections are used in order to assess the impacts of climate change on salt water intrusion. Areas and targets most vulnerable to climate change impacts (e.g. groundwater level decrease, pollutant concentration increment, salt water intrusion) are identified analyzing the spatial distribution of biophysical and socio-economic factors (e.g. topography, geology, land cover, land use) and integrating them through MultiCriteria Decision Analysis techniques.

Within the paper the results of the application of the RRA methodology and of the DSS to the Esino river basin (Marche, Italy) within the Life+ SALT project will be described.

Introduzione

Studi nazionali e internazionali indicano che i cambiamenti climatici sono responsabili di un ampio numero di impatti rilevanti sul patrimonio ambientale oltre che nell'ambito sociale ed economico. In particolare, i potenziali impatti dei cambiamenti climatici sulle falde acquifere possono derivare da alterazioni del ciclo idrologico e si possono manifestare attraverso decrementi della qualità (es. salinizzazione, inquinamento) e della quantità dell'acqua disponibile (es. diminuzione ed esaurimento delle risorse sotterranee), con gravi ripercussioni sui sistemi naturali e antropici (es. perdita di ecosistemi e biodiversità, diminuzione di acqua per uso potabile ed irriguo) (Voudouris et al. 2010 e Abd-Elhamid, 2010).

L'analisi degli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche sotterranee costituisce per alcuni versi un obiettivo di non facile conseguimento. La complessità dei fenomeni indagati e la molteplicità degli aspetti coinvolti richiede infatti un approccio multidisciplinare e di carattere ecosistemico nella valutazione delle interrelazioni esistenti e future tra clima, ambiente e pressioni antropiche.

La Comunità Europea ha riconosciuto alle risorse idriche (sia superficiali sia sotterranee) una grande importanza a livello ambientale, sociale, culturale e ricreativo per l'Europa e ha raccomandato l'attuazione di una Gestione Integrata della Zona Costiera (GICZ) per la gestione sostenibile di questi sistemi (EC, COM(2000) 547; EC, 2002; 2002/413/EC; EC, COM(2007) 308). Per quanto riguarda le acque di falde, inoltre, la necessità di preservare e proteggere tale risorsa emerge anche nella Direttiva Quadro sulle Acque di Falda (Groundwater Directive, EC, 2006), nella Direttiva Quadro sulle Acque (Water Framework Directive, EC, 2000), e nel Libro Verde e nel Libro Bianco riguardanti l'adattamento ai cambiamenti climatici (EC, 2007; EC, 2009) che hanno l'obiettivo di aumentare la resilienza agli impatti dovuti ai cambiamenti climatici e supportare gli obiettivi generali legati allo sviluppo sostenibile.

Al fine di prioritizzare gli impatti, i bersagli e le aree potenzialmente esposte ai rischi derivanti dai cambiamenti climatici connessi sulle acque di falda a scala regionale, è stato sviluppato dal Centro Euro-Mediterraneo per I Cambiamenti Climatici (CMCC, www.cmcc.it) il Sistema di Supporto alle Decisioni DESYCO (DEcision support SYstem for COastal climate change impact assessment). Tale strumento è stato applicato al bacino e alla falda del fiume Esino (Regione Marche) nell'ambito del progetto SALT (Life +), alla media e alta pianura delle regioni Veneto e Friuli Venezia Giulia nell'ambito del progetto TRUST (Life +), alle aree costiere del Nord Adriatico nell'ambito del progetto PEGASO (EU-FP7), e al Golfo di Gabès (Tunisia) nell'ambito del progetto CANTICO (ERANET-CIRCLE-MED). La metodologia di Analisi di Rischio Regionale (ARR) costituisce il nucleo centrale di DESYCO che permette di identificare e prioritizzare i recettori e le aree esposte al rischio all'interno della regione esaminata al fine di individuare le situazioni più critiche e guidare la selezione delle migliori strategie di adattamento.

In questo elaborato, dopo una breve descrizione dell'area di studio, verrà presentata la metodologia di ARR, verrà descritto il DSS DESYCO e saranno illustrati alcuni risultati preliminari ottenuti nell'ambito del progetto Life+ SALT (Sustainable mAnagement of the Esino river basin to prevent saline intrusion in the coastal aquifer in consideration of climate change).

Il progetto Life+ SALT e l'area di studio

La bassa e media valle del Fiume Esino (Marche, *Figura 1*) rappresenta una delle aree in cui il patrimonio idrico regionale risulta particolarmente compromesso e interessato, in particolare, da problematiche connesse all'intrusione marina. Questo fenomeno è indotto dagli equilibri naturali ma è aggravato dai processi di sfruttamento degli acquiferi costieri e da un utilizzo indiscriminato del suolo da parte dell'uomo. I risultati più evidenti sono un impoverimento delle riserve di acque dolci lungo le coste e, contemporaneamente, un processo di degradazione del suolo. Tali problemi sono presenti lungo le coste marchigiane e, in particolar modo, nell'acquifero costiero di subalveo del fiume Esino. La necessità di studiare e quantificare il fenomeno deriva innanzitutto dal bisogno di tutelare la captazione di acqua per uso idropotabile dai pozzi. L'intrusione salina nell'acquifero costiero del fiume Esino è un problema acuitosi nel tempo per le seguenti cause:

- eccessivo sfruttamento della falda dovuto a prelievi civili, agricoli ed industriali;
- diminuzione degli apporti idrici da monte;
- cambiamenti climatici.

Il conseguente interessamento dei pozzi nel basso Esino ha reso necessario individuare delle azioni di studio e pianificazione per la protezione delle acque sotterranee del bacino del fiume all'intrusione salina attuale e futura.

L'obiettivo generale del progetto SALT è quindi di contribuire ad un uso efficiente e alla protezione dall'intrusione di acqua salata delle risorse idriche sotterranee nella bassa valle del fiume Esino, attraverso azioni di studio e pianificazione, ed in particolare mediante l'implementazione di modelli che simulano la condizione attuale e gli scenari futuri, considerando i cambiamenti climatici.

Nello specifico, il progetto SALT si propone di:

- analizzare il trend dell'intrusione salina nel fiume Esino e nel corrispondente acquifero, valutando l'intrusione salina mediante tecniche innovative quali il monitoraggio con telerilevamento, software GIS e modelli idrologici e idrogeologici per il fiume e la falda;
- simulare l'effetto che, in un ipotetico scenario futuro, potranno avere i cambiamenti climatici nell'avanzamento del cuneo salino;
- individuare le azioni per contenere o ridurre l'impatto;
- sviluppare una procedura di valutazione del rischio a scala regionale che funga da supporto nella gestione e nella pianificazione d'uso delle risorse idriche sotterranee;
- divulgare i contenuti e risultati del progetto e contribuire all'applicazione della metodologia proposta in altri acquiferi costieri a livello europeo.

Con questi obiettivi SALT si ricollega a due direttive europee: Water Framework Directive (2000/60/EC) e Groundwater Directive (2006/118/EC), recependone gli indirizzi e realizzando strumenti e programmi di misura coerenti con gli obiettivi di protezione e uso sostenibile delle risorse idriche sottolineati dalle direttive in questione.



*Figura 1 – L'area del bacino del fiume Esino (Marche, all'interno della linea rossa).
(Adattata da google maps: maps.google.it).*

Il fiume Esino (*Figura 1*) nasce dal monte Cafaggio in provincia di Macerata e sfocia nel mare Adriatico, in località Fiumesino nel comune di Falconara Marittima, dopo un percorso di 86 km. Il suo bacino imbrifero misura complessivamente 1.203 kmq.

Le acque dell'acquifero nell'area investigata sono utilizzate principalmente a scopi agricoli ed industriali. I principali utilizzatori sono infatti le aziende agricole presenti nella zona e, fino al 2008, la società Sadam. I prelievi agricoli si attuano durante la stagione estiva. La società Sadam, che rappresentava il maggiore utilizzatore delle acque sotterranee nell'area, emungeva dall'acquifero principalmente durante il periodo tardo estivo ed autunnale, in connessione alla lavorazione delle barbabietole da zucchero. Gli emungimenti principali della zona erano quindi limitati ai periodi estivi ed inizio autunno.

Altro utilizzo delle acque è quello relativo al funzionamento dell'impianto Turbogas, che dal prevede la captazione delle acque sotterranee presenti nell'acquifero della pianura alluvionale del fiume Esino. Per quanto riguarda l'area interessata dalla centrale Turbogas i volumi idrici presenti nell'acquifero di subalveo sono molto elevati ed ampiamente sufficienti a soddisfare i fabbisogni necessari al funzionamento dell'impianto (90-95 l/s). L'area, infatti, presenta caratteri idrogeologici favorevoli, elevata permeabilità dei depositi e drena, da monte di Jesi, una vasta area dell'acquifero della pianura. L'alimentazione dell'acquifero è dovuta principalmente alle acque del fiume Esino e, secondariamente, alle acque degli affluenti e relativi subalvei presenti in sinistra idrografica.

Nella falda sottostante il fiume Esino, anche se i prelievi non risultino cospicui nella zona industriale di Jesi ed a monte della stessa città, la qualità delle acque rimane scadente per l'elevato tenore salino. In prossimità dell'asta fluviale, invece, si hanno acque a minore tenore salino che testimoniano la ricarica fluviale. Comunque, l'elevata concentrazione di nitrati, nitriti ed ammoniaca, dovuta ad inquinamento antropico, rende le acque di tale zona non utilizzabili a scopi idropotabili. Inoltre, l'analisi idrogeologica evidenzia che l'acquifero della pianura è ricaricato principalmente dalle acque del fiume Esino: aspetto in realtà valido per tutto l'acquifero di subalveo. La ricarica dell'acquifero avviene, infatti, ad opera dell'infiltrazione delle acque del fiume. La captazione delle acque del subalveo può quindi riflettersi nelle portate fluviali con decrementi delle stesse, e con la possibilità reale che gli abbassamenti della piezometrica a seguito della captazione, modificando il campo di moto nell'acquifero, possano richiamare acque inquinate presenti nelle aree circostanti.

La metodologia di Analisi di Rischio Regionale e il DSS DESYCO

La metodologia di Analisi di Rischio Regionale (ARR) proposta per la stima degli impatti dei cambiamenti climatici nelle aree costiere si propone come uno strumento di supporto per le autorità nazionali e regionali nell'ambito dello studio delle possibili conseguenze associate all'incertezza del clima futuro e ha come obiettivo principale la prioritizzazione delle aree esposte ai cambiamenti climatici per attuare coerenti misure di adattamento. Più specificamente, la metodologia di ARR è definita come una procedura di valutazione del rischio che considera la presenza di molteplici habitat, molteplici sorgenti che rilasciano una molteplicità di stressori che impattano molteplici bersagli (Landis, 2005). L'ARR integra le tecniche di Analisi Multi-Criteriale (MCA) al fine di stimare il rischio relativo in una regione di interesse, confrontando diversi impatti e stressori, prioritizzare i bersagli e le aree a rischio, e selezionare i rischi che devono essere investigati più approfonditamente. La metodologia di ARR è parte di un *framework* più ampio per la valutazione degli impatti e dei rischi legati ai cambiamenti climatici nelle zone costiere a scala regionale (Torresan et al., 2007). La struttura del *framework* è composta da 3 fasi principali: i) la Costruzione degli Scenari che ha l'obiettivo di definire gli scenari climatici futuri per l'area di studio esaminata su scala regionale; ii) la Valutazione Integrata degli impatti e dei rischi che ha l'obiettivo di prioritizzare gli impatti; iii) la Gestione del rischio e degli impatti, che è orientata al supporto delle strategie di adattamento per la riduzione dei rischi e degli impatti nelle zone costiere, in conformità con i principi della GIZC, della Direttiva quadro sulle Acque (Water Framework Directive, EC, 2000), della Direttiva Quadro sulla Strategia Marina (Marine Strategy Framework Directive, EC, 2008) del Libro Bianco e del Libro Verde riguardanti gli adattamenti ai cambiamenti climatici (EC, 2007; EC, 2009).

Il *framework* e la metodologia di ARR sono implementati all'interno di DESYCO, i cui obiettivi principali sono: i) migliorare la conoscenza degli effetti dei cambiamenti climatici sugli ambienti costieri alla scala regionale; ii) applicare approcci innovativi e interdisciplinari e metodologie adeguate per una corretta valutazione e comunicazione dei rischi legati ai cambiamenti climatici; iii) fornire ai pianificatori e ai decisori informazioni appropriate per la definizione di strategie di adattamento. Le componenti principali di tale strumento sono un *geodatabase* contenenti i dati biofisici e socioeconomici, scenari multi-scala derivati dalle simulazioni dei modelli numerici o serie storiche e un Modello di Rischio Relativo per l'applicazione della metodologia di ARR.

I principali output dell'ARR comprendono: i) mappe di Esposizione, che rappresentano l'esposizione ai cambiamenti climatici di uno specifico sistema; ii) mappe di Vulnerabilità che rappresentano la distribuzione spaziale dei fattori ambientali e socio-economici di vulnerabilità; iii) mappe di Rischio che permettono l'identificazione e la prioritizzazione dei rischi nell'area considerata; iv) mappe di Danno che forniscono una stima relativa delle potenziali perdite a livello sociale, economico e ambientale.

Al fine di definire gli scenari di pericolo potenzialmente significativi per l'area in esame e costruire le mappe di Esposizione per l'analisi di rischio, è stata realizzata una catena dei modelli che include diversi tipi di modelli numerici su differenti scale spaziali che simulano processi idrologici ed idrogeologici in grado di influire sugli impatti dovuti ai cambiamenti climatici nelle aree costiere e nelle risorse idriche. A partire da Modelli Climatici Globali (GCMs) e Regionali (RCMs) che permettono di rappresentare le principali dinamiche climatiche su un esteso dominio spaziale (dalla scala globale alla scala sub-continentale), la catena dei modelli include modelli ad alta risoluzione che permettono di ottenere delle simulazioni idrodinamiche e idrogeologiche sulle acque superficiali e sotterranee a scala sub-nazionale/regionale e locale. Tali modelli sono stati utilizzati in modo integrato al fine di fornire delle simulazioni di intrusione salina. Pertanto, la catena dei modelli sopra descritta permette di investigare gli impatti di qualità e quantità delle risorse idriche, fornendo le metriche di pericolo (i.e. gli output dei modelli) che vengono utilizzate all'interno del modello di ARR.

La caratterizzazione della vulnerabilità territoriale e la costruzione di mappe di Vulnerabilità richiede lo sviluppo e l'applicazione di indicatori ed indici che rappresentino la sensibilità dei sistemi naturali e antropici esaminati agli effetti dannosi prodotti dai pericoli relativi ai cambiamenti climatici (Torresan et al., 2008). Per l'analisi della vulnerabilità, l'ARR prevede la definizione e la caratterizzazione di quattro categorie principali di fattori: fattori di suscettibilità (S) che rappresentano il grado con cui un recettore è colpito da uno stimolo correlato al clima (ad es. salinità dell'acqua, percentuale di acqua potabile estratta dal sottosuolo); fattori di valore (V) che rappresentano i principali valori ambientali ed economici del recettore che devono essere preservati nell'interesse della comunità (ad es. valore economico delle coltivazioni, consumo di acqua pro-capite); fattori di attenuazione (A) che rappresentano opere in grado di contenere l'intensità del pericolo associato ad un impatto; fattori di percorso (P) che rappresentano quelle caratteristiche fisiche dei recettori in grado di metterli in contatto col pericolo (ad es. distanza dalla linea di costa). Pertanto, al fine di identificare i target e le aree vulnerabili ai potenziali impatti dovuti ai cambiamenti climatici a livello sito-specifico (i.e. il bacino del fiume Esino nelle Marche), è stato considerato un sub-set di indicatori di vulnerabilità riferiti a diversi recettori (ad es. sorgenti, laghi, fiumi, aree agricole, popolazione, pozzi) per l'impatto di intrusione del cuneo salino. Inoltre, tali indicatori comprendono fattori biogeofisici e socio-economici che rappresentano la vulnerabilità degli acquiferi ai cambiamenti climatici su scala regionale, in relazione alla disponibilità e alla affidabilità per lo specifico caso studio. Nel modello di ARR, i fattori di vulnerabilità e le metriche di pericolo, rappresentati attraverso mappe raster su base GIS, vengono utilizzate per ottenere una stima relativa dei rischi e dei danni per ogni recettore utilizzando specifiche funzioni di Analisi Multi Criteriale (MCA). La rappresentazione su base GIS permette di ottenere una visualizzazione spaziale dei diversi fattori che concorrono alla determinazione del rischio (i.e. fattori di vulnerabilità e metriche di pericolo), nonché a procedere ad una loro preliminare analisi. Le mappe di Esposizione rappresentano le aree del territorio potenzialmente esposte agli impatti dei

cambiamenti climatici (ad es. intrusione del cuneo salino), mentre le mappe di Vulnerabilità (Figura 2) rappresentano la distribuzione di fattori ambientali e socio-economici presenti sul territorio che aumentano la sensibilità dei recettori ai possibili impatti dei cambiamenti climatici (es. distribuzione di vegetazione, ecosistemi, popolazione, infrastrutture, uso del territorio). Infine, le mappe di Rischio e Danno combinano le mappe di Esposizione e le mappe di Vulnerabilità, al fine di identificare e classificare le aree e i bersagli più a rischio nel territorio in esame e fare una stima preliminare delle perdite associate a tali rischi. Le mappe prodotte hanno l'obiettivo di guidare i decisori nell'analisi delle possibili conseguenze legate ai cambiamenti climatici, nell'identificazione delle opportune misure di adattamento, nella pianificazione sull'uso del suolo e nella gestione delle risorse idriche.

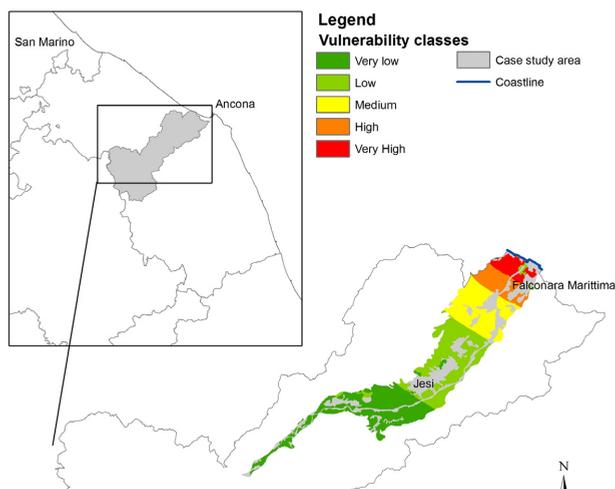


Figura 2 – Mappa di vulnerabilità per il recettore Aree agricole in relazione all’impatto di intrusione del cuneo salino nel bacino del fiume Esino (Marche). Risultato preliminare del progetto Life+ SALT.

Conclusioni

DESYCO e l’ARR sono strumenti innovativi per quanto riguarda lo studio degli impatti dovuti ai cambiamenti climatici nelle aree costiere e nelle acque di falda su scala regionale e supportano l’effettivo sviluppo di strategie di adattamento e di GIZC, coerenti con le direttive europee connesse, direttamente o indirettamente, ai cambiamenti climatici.

DESYCO, inoltre, rappresenta uno strumento utile per analizzare gli impatti associati a diversi scenari di cambiamento climatico in aree sensibili (ad esempio le acque di falda e le foci dei fiumi) e per supportare lo sviluppo di politiche sostenibili, considerando i rischi associati ai cambiamenti climatici. La metodologia di ARR e DESYCO hanno dimostrato, all’interno di diversi progetti, di essere degli strumenti validi e applicabili a diversi contesti attraverso l’adattamento della metodologia e la personalizzazione del DSS a diversi casi studio. L’originalità dell’approccio consiste nell’applicazione di una catena di modelli che permette il *downscaling* delle informazioni fornite a scala globale e sub-continentale e consente l’analisi di processi che avvengono a livello regionale e/o locale; e nello sviluppo di una procedura di analisi di vulnerabilità che permette la prioritizzazione delle vulnerabilità relative nell’area considerata e l’identificazione delle aree potenzialmente a rischio in relazione agli impatti connessi ai cambiamenti climatici. Infine, gli output forniti da DESYCO sono stati definiti in una prospettiva che consideri i servizi per il clima (*climate services*) e le necessità degli utenti finali.

Bibliografia

- Abd-Elhamid, H.F., (2010), *A Simulation-Optimization Model to Study the Control of Seawater Intrusion in Coastal Aquifers*, University of Exeter.
- EC, (2000), *Water Framework Directive 2000/60/EC*.
- EC, (2006), *Groundwater Directive 2006/118/EC*.
- EC, (2007), *Green Paper COM(2007) 354 final*, Brussels.
- EC, (2008), *Marine Strategy Framework Directive 2008/56/EC*.
- EC, (2009), *White Paper COM(2009) 147 final*, Brussels.
- EC, COM(2000) 547 Brussels, 27.09.2000, *Commission of the European Communities, Communication from the commission to the council and the European Parliament on integrated coastal zone management: a strategy for Europe*.
- EC, COM(2002) 413, 30.05.2002, *Recommendation of the European Parliament and of the Council concerning the implementation of Integrated Coastal Zone Management in Europe*.
- EC, COM(2007) 308 Brussels, 07.06.2007, *Report to the European Parliament and the Council: An evaluation of Integrated Coastal Zone Management (ICZM) in Europe*.
- IPCC, (2008), *Climate change and water*, Technical Paper VI. IPCC Secretariat, Geneva.
- Landis W. G., (2005), *Regional scale ecological risk assessment, Using the relative risk model*, Edited by W. G. Landis, CRC PRESS.
- Simeoni U., Corbau C., (2009), *A review of the Delta Po evolution (Italy) related to climatic changes and human impacts*, *Geomorphology* 107 (2009) 64–71.
- Torresan S., Critto A., Dalla Valle M., Harvey N. and Marcomini A., (2007), *A regional risk assessment framework for climate change impacts evaluation in a coastal zone management perspective*, In Özhan, E. (Editor), *Proceedings of the Eighth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment*, 13-17 November 2007, Alexandria, Egypt, MEDCOAST, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, vol 2, pp.741-752. 2007.
- Torresan S., Critto A., Dalla Valle M., Harvey N. e Marcomini A., (2008), *Assessing coastal vulnerability to climate change: comparing segmentation at global and regional scales*, *Sustainability Science*, Springer, 3: 45-65.
- Travers A., Elrick C. and Kay R., (2010), *Background Paper: Climate Change in Coastal Zones of the Mediterranean*, Split, Priority Actions Programme, 2010
- Voudouris, K., Kazakis, N., Polemio, M. and Kareklas, K. (2010), *Assessment of Intrinsic Vulnerability using DRASTIC Model and GIS in Kiti aquifer*, Cyprus. *Journal of European Water* 30: 13-24.