LA LAGUNA DI VENEZIA NEL QUADRO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI, DELLE MISURE DI MITIGAZIONE E ADATTAMENTO E DELL'EVOLUZIONE DEGLI USI DEL TERRITORIO

Programma di Ricerca
CORILA
Magistrato alle Acque di Venezia
2008-2010

a cura di Enrico Rinaldi e Pierpaolo Campostrini

Magistrato alle Acque
di Venezia

Venezia 2012

MAV_copertina_interna_v1d.indd 1 07/02/2013 11:26:57

© Copyright CORILA. Consorzio per la Gestione del Centro di Coordinamento delle Ricerche Inerenti il Sistema Lagunare di Venezia

30124 Venezia - Palazzo Franchetti, S. Marco 2847

Tel. +39-041.2402511 - Fax +39-041.2402512

direzione@corila.it

www.corila.it

Tutte le figure della pubblicazione, salvo quelle di cui è indicata esplicitamente la fonte, sono di proprietà di CORILA e dei partecipanti al Programma di Ricerca. Le immagini satellitari sono fornite per gentile concessione del Magistrato alle Acque di Venezia-Consorzio Venezia Nuova. CORILA rimane a disposizione di eventuali autori di figure riprodotte nel testo che non è stato possibile identificare e contattare

Stampa Nuova Jolly Padova 2012

MAV_copertina_interna_v1d.indd 2 07/02/2013 11:26:57

INDICE

5 Presentazione

7 Introduzione

15 Analisi delle componenti a scala locale del relative sea level rise alla luce degli scenari globali di sviluppo futuro considerati dall'IPCC

I. Indagine nel sottosuolo olocenico

II. La mitigazione mediante sollevamento antropico

37 Il trasporto solido dalla laguna al mare in differenti scenari di livelli marini e di uso dei mezzi di regolazione delle maree

49 Conservazione ed evoluzione degli habitat lagunari: effetti dei cambiamenti climatici e delle misure di adattamento

61 Biodisponibilità e biotossicità dei contaminanti lagunari ed evoluzione normativa

75 Il paesaggio lagunare e la pianificazione degli usi antropici nel quadro dei cambiamenti e delle misure di adattamento e mitigazione

I. Pianificazione e recupero delle aree prospicienti le bocche di porto interessate agli interventi di regolazione delle maree

II. Riqualificazione e riprogettazione di alcune aree di terraferma prospicienti la laguna di Venezia

III. Studio di fattibilità sul recupero e destinazione di Porto Marghera dal punto di vista economico-urbano considerando in modo approfondito anche i problemi ambientali

125 Bibliografia essenziale

133 Schede dei progetti

MAV_indice_v5c.indd 1 12/02/2013 10:34:39

MAV_bianca.indd 1 05/02/2013 13:32:32

PRESENTAZIONE

Ciriaco D'Alessio
Presidente Magistrato alle Acque di Venezia

Venezia e la sua laguna disporranno tra pochi anni del sistema di difesa dalle acque alte che da decenni è atteso per la salvaguardia e la conservazione del patrimonio artistico, architettonico, ambientale, e conseguentemente delle attività sociali ed economiche che permettono a questa città, unica al mondo, di continuare a essere viva e stimolante.

Il completamento e la piena operatività di questo sistema di difesa sta producendo nuovi scenari nell'area, di carattere economico, sociale, urbanistico, che dovranno essere considerati e anche costituire fonte di stimolo per accrescere le peculiarità della città e del suo territorio.

Il Magistrato alle Acque di Venezia considera con attenzione queste trasformazioni e ha inteso in questi anni sollecitare e produrre studi, ricerche e progetti interdisciplinari finalizzati a comprendere quale potrebbe essere l'evoluzione dell'intero sistema lagunare veneziano.

E' con questo spirito che ha incaricato CORILA, Consorzio per il Coordinamento delle Ricerche sulla Laguna di Venezia, ente vigilato dal Ministero dell'Università e della Ricerca, di svolgere un Programma di ricerca triennale sull'approfondimento degli scenari futuri per Venezia e la sua laguna.

CORILA, a cui fanno capo le Università Ca' Foscari di Venezia, l'Università IUAV, l'Università di Padova, il CNR e l'OGS, ha saputo svolgere e portare a termine una serie di studi interdisciplinari di rilevante importanza e approfondimento, che sono presentati in maniera sintetica in questo volume.

Importanza primaria riveste l'analisi delle componenti della crescita del livello del mare, alla luce degli scenari globali previsti dagli organismi scientifici internazionali; sono quindi approfondite le variazioni nello scambio di acqua e sedimenti tra laguna e mare con la presenza delle nuove opere alle bocche; studi specifici sono dedicati alla conservazione ed evoluzione degli habitat lagunari e ai contaminanti lagunari in questo nuovo contesto; infine, è approfondita l'evoluzione che potrà avere il paesaggio lagunare e i suoi usi antropici nel quadro di questi cambiamenti, con proposte progettuali che riguardano alcuni importanti siti come la gronda lagunare di terraferma, il litorale, Porto Marghera.

Queste ricerche potranno essere di importante riferimento a Enti e Amministrazioni che avranno il compito nei prossimi decenni di gestire e monitorare il territorio lagunare dotato delle nuove opere di difesa dalle acque alte.

Viene dimostrato infatti, in questi studi, come la Ricerca Scientifica, pur agendo in piena autonomia, sia capace di offrire un sostegno insieme rigoroso e utile alle attività di tali Amministrazioni.

Con estrema soddisfazione pertanto presento questa pubblicazione all'attenzione di coloro che sono coinvolti nella sfida di migliorare l'ambiente in cui viviamo.

MAV_presentazione_v3.indd 1 05/02/2013 13:33:14

MAV_presentazione_v3.indd 2 05/02/2013 13:33:14

INTRODUZIONE

Pierpaolo Campostrini
Direttore CORILA

Il Programma di ricerca *La laguna di Venezia nel quadro dei cambiamenti climatici, delle misure di mitigazione e adattamento e dell'evoluzione degli usi del territorio* è stato finalizzato alle sfide che dovranno essere affrontate per la salvaguardia di Venezia e della sua laguna in uno scenario in cui le opere di regolazione della marea alle bocche di porto sono concluse e operative.
Appariva infatti doveroso da un lato consolidare le conoscenze acquisite, anche per mezzo dei monitoraggi ambientali degli interventi, dall'altro approfondire quegli elementi che possano fornire un quadro conoscitivo più aggiornato, alla luce delle nuove consapevolezze scientifiche e dei mutati scenari globali. Su tale conoscenza aggiornata si baseranno i futuri interventi di gestione e lo stesso utilizzo degli strumenti realizzati.
Negli ultimi anni la comunità scientifica ha sollevato l'attenzione dei decisori politici in merito agli scenari conseguenti ai cambiamenti climatici. Importanti agenzie internazionali stanno fornendo valutazioni in merito a impatti, mitigazioni e strategie di adattamento, cui conseguono importanti decisioni da parte dei governi e delle autorità locali.
Anche l'Unione Europea ha dimostrato particolare attenzione all'argomento dei cambiamenti climatici, di cui ha tenuto conto non solo in molte decisioni operative e di legislazione, come ad esempio la recente Direttiva Quadro sulla strategia per l'ambiente marino, ma anche nel 7° Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo 2007-2013, nel quale una specifica area è stata dedicata all'ambiente ed ai cambiamenti climatici.
Le azioni concrete atte a prevenire conseguenze negative per l'ambiente o le popolazioni non devono essere temporalmente subordinate, ma andare di pari passo all'approfondimento delle conoscenze scientifiche, anche in materie dove le incertezze rimangono notevoli. Questa corretta interpretazione del principio di precauzione, come definito dalla Conferenza di Rio de Janeiro del 1992[1] è stata applicata dalle azioni dello Stato Italiano riguardo agli interventi di Salvaguardia di Venezia e della sua laguna, che oggi si trova più preparata di altre zone costiere a fronteggiare gli effetti dei cambiamenti del clima.
Lo Stato Italiano e il Magistrato alle Acque di Venezia in particolare, dopo aver attivato questi rilevantissimi interventi, non intendono tralasciare gli approfondimenti conoscitivi scientificamente basati, tanto

1. principio 15 della Dichiarazione di Rio: "Al fine di proteggere l'ambiente, gli Stati applicheranno largamente, secondo le loro capacità, il metodo precauzionale. In caso di rischio di danno grave o irreversibile, l'assenza di certezza scientifica assoluta non deve servire da pretesto per rinviare l'abolizione di misure adeguate ed effettive, anche in rapporto ai costi, dirette a prevenire il degrado ambientale."

MAV_introduzione_v3.indd 1 06/02/2013 11:47:11

più che gli interventi in via di completamento mettono a disposizione dei dispositivi del tutto nuovi. La gestione delle opere di regolazione delle maree potrà essere tanto più sostenibile, quanto più dettagliate saranno le conoscenze dei processi naturali e degli impatti delle diverse attività antropiche in laguna e negli ambienti collegati.

CORILA ha organizzato nel programma di ricerca la partecipazione dei propri enti scientifici associati, con l'ulteriore collaborazione di altre primarie istituzioni e personalità scientifiche nazionali ed internazionali.

I risultati di queste ricerche fungeranno da essenziale supporto in primo luogo alle attività del Magistrato alle Acque, quale responsabile della programmazione, progettazione, sperimentazione ed attuazione degli interventi di salvaguardia della Laguna di propria competenza. I risultati potranno altresì essere utili per tutte le altre Istituzioni locali, nazionali e internazionali che operano in contesti simili marini e costieri.

Questo Programma di Ricerca ha inteso porre la massima attenzione agli scenari futuri della laguna di Venezia, includendo anche lo studio di alcuni effetti delle opere di regolazione della marea nel contesto dei cambiamenti climatici in atto e delle pressioni antropiche previste.

L'approfondimento scientifico è stato notevole. Gli scenari di utilizzo del sistema MOSE e delle altre azioni di gestione lagunare devono considerare gli effetti dei cambiamenti climatici, intesi non solo come innalzamento del livello marino nel medio periodo, ma anche quelli connessi agli altri fenomeni, anche di più immediata evenienza, quali ad esempio l'innalzamento della temperatura, i cambiamenti nel regime delle precipitazioni e nei flussi di acqua dolce.

Le conseguenze di tali cambiamenti, combinati con quelli derivanti dall'azionamento delle barriere, potranno riguardare l'idrodinamismo lagunare, la qualità delle acque, la struttura degli ecosistemi.

In modo integrato agli effetti ecologici, devono inoltre essere considerati anche gli effetti economici, per il cambiamento delle modalità di accesso alla laguna non solo collegate alla funzione portuale, ma più in generale ai vincoli di fruizione delle risorse lagunari (alieutiche, paesaggistiche, ecc.).

Infine, gli interventi antropici e gli eventi naturali porteranno a modifiche al paesaggio, in particolare delle aree limitrofe alle bocche o nelle zone oggetto di intervento morfologico o di risanamento ambientale (gronda e Porto Marghera). Si tratta di zone di particolare pregio ambientale e paesistico (siti Natura 2000).

La laguna di Venezia è stata considerata nella sua complessità e collegata con gli ambienti contigui, ovvero comprensiva del prospiciente Mar Adriatico, del bacino scolante, degli insediamenti umani lagunari e della gronda, nonché, per i processi socio-economici, inserita nel contesto più appropriato agli sviluppi considerati (ovvero tenendo conto sia della globalizzazione dei mercati e delle società, sia delle micro-scale locali).

Appropriati confronti sono stati condotti con altri ambienti cosiddetti di transizione (foci fluviali, laghi costieri, ecc) presenti in Italia ed all'estero, per individuare gli elementi che appartengono a meccanismi comuni e ad altri peculiari, al fine di meglio poter comprendere i processi e diminuire le incertezze nella costruzione di scenari futuri.

Il Programma di Ricerca ha compreso otto progetti, afferenti a diverse aree disciplinari, ovvero l'economia, l'architettura e la pianificazione del territorio, i processi ambientali.

È stata svolta inoltre da parte di

MAV_introduzione_v3.indd 2 06/02/2013 11:47:11

CORILA un'attività di raccolta, sistemazione e integrazione delle informazioni, finalizzata al collegamento con altri sistemi informativi esistenti e alla diffusione in modo integrato di tutte le informazioni esistenti, indipendentemente dall'ente proprietario e "custode".
Il Programma ha previsto anche l'organizzazione di workshop, seminari, incontri pubblici di divulgazione, in modo da offrire sia occasioni di confronto tra scienziati, necessari all'approfondimento e all'integrazione interdisciplinare, sia la possibilità di scambio con tecnici e decisori delle Pubbliche Amministrazioni.
I progetti si sono avvalsi del co-finanziamento delle strutture pubbliche di ricerca coinvolte. Inoltre, CORILA ha messo a disposizione la strumentazione di sua proprietà per alcune attività sperimentali. Il contributo economico del Magistrato alle Acque ha riguardato, in generale, i soli costi aggiuntivi necessari alla realizzazione dei progetti di ricerca. Si è realizzata in tal modo una vera sinergia tra le Amministrazioni, che ha garantito l'uso più efficace del pubblico denaro.
Il Programma riprende l'impostazione interdisciplinare di base ed utilizza alcuni strumenti operativi dei primi due Programmi di Ricerca CORILA, che hanno prodotto risultati scientifici di rilievo, dimostrati dalle numerose pubblicazioni su riviste internazionali, ed insieme concreti, in quanto in parte già utilizzati dalle Pubbliche Amministrazioni.
Di seguito, un breve abstract delle diverse linee di ricerca.

1. Analisi delle componenti a scala locale del relative sea level rise alla luce degli scenari globali considerati dall'IPCC.

Le proiezioni IPCC (International panel Climate Change) confermano le preoccupazioni riguardo il fenomeno dell'eustatismo nel secolo corrente, in relazione agli scenari globali di emissioni di gas serra e di aumento della temperatura dei mari. È necessario tuttavia approfondire l'analisi del fenomeno su scala locale, tenendo conto anche del fenomeno della subsidenza.
Questa tematica si è articolata in due progetti: indagine nel sottosuolo olocenico e la mitigazione mediante sollevamento antropico.

1a. Indagine nel sottosuolo olocenico

In questo progetto vengono considerati i fattori locali che contribuiscono al *relative sea level rise,* come la subsidenza nelle sue varie componenti, ed in particolare la compattazione olocenica. Un'attività di ricerca ha proseguito l'indagine già avviata nel Secondo Programma di Ricerca di CORILA, mediante l'utilizzo di recenti tecnologie di indagine geologica (geosismiche ad altissima risoluzione) negli strati più superficiali dei fondali lagunari, con attrezzature avanzate che sono state messe a punto da CNR e OGS. La ricerca ha restituito delle sezioni dettagliate degli strati dei primi 50 metri di sottosuolo, permettendo quindi una ricostruzione pressoché completa per tutta la laguna. Queste conoscenze costituiranno la base per una valutazione della subsidenza differenziale come essenziale contributo alla realizzazione di scenari di *relative sea level rise*.

1b. La mitigazione mediante sollevamento antropico

Il secondo tema, con particolare riferimento ai possibili interventi di mitigazione dei cambiamenti climatici, ha riguardato l'approfondimento della tematica relativa al sollevamento di porzioni di Laguna mediante iniezioni profonde di acqua salmastra nel sottosuolo. Infatti, a merito di progetti precedenti o in corso,

MAV_introduzione_v3.indd 3 06/02/2013 11:47:12

sono state rese disponibili nuove informazioni riguardo la struttura del sottosuolo alle profondità di interesse, che devono essere integrati in un nuovo modello 3D agli elementi finiti, da conformarsi alla geometria della laguna, per poter essere usato anche nel calcolo della nuova batimetria di tutta la laguna conseguente al sollevamento.

2. Il trasporto solido dalla laguna al mare in differenti scenari di livelli marini e di uso dei mezzi di regolazione delle maree

Il trasporto di materiale solido in sospensione tra la laguna e il mare da parte delle correnti è senz'altro sensibile agli effetti dei cambiamenti del clima ed è materia oggetto di considerazione per gli interventi atti a contrastare il degrado morfologico della laguna. La misura diretta del trasporto solido alle bocche, attraverso strumentazioni acustiche allo stato dell'arte tecnologico e secondo metodologie innovative e costantemente confrontate a livello internazionale, è iniziata negli anni scorsi attraverso i Programmi di ricerca CORILA.
In tale contesto si è ritenuto necessario eseguire sia delle nuove misurazioni sulla fascia costiera per valutare l'interazione del flusso litoraneo di solidi sospesi con quello delle bocche lagunari, sia eseguire ulteriori elaborazioni sui dati già acquisiti, al fine di fornire una più dettagliata spiegazione dei meccanismi e per valutare come l'azionamento delle barriere possa incidere sul trasporto. Inoltre, le misure dei flussi possono essere integrate con considerazioni sulla qualità degli scambi, ovvero sul trasporto di nutrienti e inquinanti, questo anche al fine di analizzare in modo concreto le ipotesi sull'utilizzo del Sistema MOSE per vivificare la laguna in periodi di forte stress (bloom algale, ecc.).

3. Conservazione ed evoluzione degli habitat lagunari: effetti dei cambiamenti climatici e delle misure di adattamento

È di estrema importanza disporre di strumenti conoscitivi adatti per analizzare correttamente i possibili effetti dei cambiamenti climatici che interesseranno, nei prossimi decenni, anche la laguna di Venezia. La ricerca ha quindi previsto l'osservazione dei cambiamenti già in atto nell'ambito dell'ecosistema lagunare, mediante la raccolta di dati sul campo, e la costruzione di scenari relativi alle possibili variazioni attese a seguito dei cambiamenti globali.
L'attenzione si è focalizzata sul comparto nectonico: le specie, che generalmente si localizzano ai livelli trofici superiori e sono oggetto di uno sfruttamento a fini commerciali, rispondono a variazioni del regime termico con modificazioni nel metabolismo, variazioni dei pattern di attività, sopravvivenza, tassi di crescita e di riproduzione, e con variazioni a livello di processi ecologici.
Sono stati analizzati per via modellistica i possibili effetti della variazione del ciclo termico a livello di fenologia della singola specie e, mediante l'impiego di modelli di vocazionalità, si è analizzata la possibile modificazione della distribuzione di diverse specie a seguito della prevista variazione dei parametri ambientali, verificando sia le variazioni in termini di areale sia la funzionalità in termini di nursery dell'intera laguna.
I risultati ottenuti potranno servire a stabilire una scala di priorità nella progettazione degli interventi; volendo, infatti, salvaguardare il ruolo di nursery e la presenza di habitat idonei a specie di particolare interesse conservazionistico ed economico è necessario pensare a misure di intervento che attenuino la perdita delle caratteristiche tipicamente lagunari.

MAV_introduzione_v3.indd 4 06/02/2013 11:47:13

4. Biodisponibilità e biotossicità dei contaminanti lagunari ed evoluzione normativa

La legislazione vigente in materia di limiti di emissione di sostanze inquinanti in laguna e di qualità delle acque è ancora in buona parte basata su misure di presenza di inquinanti nelle matrici (acqua e sedimento) più che sugli effetti indotti sulla materia vivente, i quali dipendono dall'effettiva biodisponibilità e biotossicità degli inquinanti stessi.
La ricerca propone un nuovo approccio, concretamente e immediatamente utilizzabile dalla normativa, sulla base delle conoscenze acquisite nella laguna di Venezia e delle modalità normative applicate in altri paesi, anche extra-europei.
La revisione critica di quanto esiste o è stato altrove sviluppato è accompagnata da esperimenti capaci di definire le metodologie necessarie per caratterizzare l'ambiente lagunare e la sua possibile evoluzione, tenendo conto delle pressioni anche climatiche in essere, offrendo quindi una nuova capacità di monitorare la sostenibilità dello sviluppo della laguna nelle prossime decadi.

5. Il paesaggio lagunare e la pianificazione degli usi antropici nel quadro dei cambiamenti e delle misure di adattamento e mitigazione

Il progetto di ricerca si è misurato con tre temi: la fine del ciclo della chimica e la riconversione di Porto Marghera, il recupero delle aree contigue alle bocche di porto interessate dagli interventi di regolazione delle maree, la crisi della laguna come ecosistema unitario. I temi configurano una sorta di correlazione 'spuria' in cui il fattore determinante è costituito da risposte progettuali ai cambiamenti climatici attesi.
La fine del ciclo della chimica e delle opzioni industriali, seppur 'rallentata' da accordi e piani, è confermata dalla perdita di integrazione dei flussi di materia (in particolare energia termica) alla base della concezione di parco eco-industriale. Ciò influisce su portualità e approvvigionamenti, aumentando i gradi di libertà nel disegno di scenari di riconversione, soprattutto nel quadrante centro-meridionale della laguna. Qui si testano progetti diversi, ipotizzando che i transetti possano mutare lungo un gradiente di apertura/chiusura dell'ecosistema lagunare, con effetti morfologici variabili. La penisola del Cavallino è assunta come esempio di una 'casistica costiera' sul rischio idrogeologico, mitigato con difese 'morbide' o integrate, ma comunque riconducibili a 'trame direzionate e multifunzione'. Gli assetti urbanistici e ambientali adottano una definizione meno contingente di 'spazio collettivo', esito quasi scontato di strategie di adattamento.

5a. Pianificazione e recupero delle aree prospicienti le bocche di porto interessate agli interventi di regolazione delle maree

Lo spazio lagunare, inclusivo delle aree di gronda e delle isole, è soggetto all'uso concorrente e spesso conflittuale di differenti esigenze antropiche, molte delle quali dipendenti dal ciclo economico e in rapida evoluzione. Gli effetti dei cambiamenti climatici si misurano in questo caso soprattutto negli effetti che producono o produrranno le misure di mitigazione e adattamento, le quali tendono, per quanto possibile, a mantenere gli usi esistenti o comunque più convenienti. È presumibile d'altro lato che le misure di adattamento e mitigazione includeranno non solo degli interventi fisici, ma anche normativi sugli usi, mirati a garantire un accesso sostenibile a risorse scarse che i cambiamenti del clima tendono

MAV_introduzione_v3.indd 5 06/02/2013 11:47:13

a ridurre.
Il paesaggio lagunare racchiude valori culturali e ambientali già parzialmente compromessi, e i cambiamenti climatici, con le opere di mitigazione e adattamento, possono causare un brusco e irreversibile mutamento.
La costruzione degli interventi di regolazione delle maree modifica significativamente l'assetto architettonico e urbano delle aree delle bocche di porto della laguna di Venezia. Se in passato queste erano costituite dalle estremità delle isole di Lido e Pellestrina e dai litorali di Punta Sabbioni e Sottomarina, conclusi dalle dighe foranee, ora la nuova opera attrezza in misura più consistente tali aree, rendendo necessaria una pianificazione delle zone contermini ai nuovi interventi.
La ricerca mira a individuare le linee principali per la pianificazione di soluzioni architettoniche e urbane per l'utilizzo delle aree adiacenti al sistema delle paratoie e di aree limitrofe attualmente abbandonate, inserendole in un ragionamento complessivo per una possibile riprogettazione delle estremità litorali, con funzioni e disegno collegati ai centri urbani esistenti (Punta Sabbioni, Lido e Alberoni, Pellestrina, Sottomarina e Chioggia) e agli elementi di pregio naturalistico presenti.
In tale contesto, appare possibile immaginare nuovi servizi alla residenza e al turismo, che possono intrecciarsi, nel rispetto della salvaguardia ambientale e dei siti Natura 2000 presenti in queste aree.
La ricerca ha definito uno scenario possibile e coerente, sottoponendolo a valutazione con riferimento agli strumenti di pianificazione esistente e la loro evoluzione, evidenziandone le eventuali criticità e fornendo gli elementi di un sistema a supporto di decisioni che possono portare alla realizzazione dello scenario considerato.

5b. Riqualificazione e riprogettazione di alcune aree di terraferma prospicienti la laguna di Venezia

La gronda lagunare è un sistema paesaggistico, antropico, economico di grande importanza poiché costituisce lo sbocco verso la laguna di un ricco e articolato (culturalmente e produttivamente) entroterra; la presenza del centro storico e delle isole rende ancora più particolare, e delicata questa interfaccia tra terra e acqua.
Gli interventi novecenteschi su quest'area (essenzialmente lo sviluppo di Porto Marghera) se da un lato hanno costituito importanti realtà produttive, da un altro lato non hanno permesso di realizzare un adeguato legame culturale e paesistico con la città storica, ma ne hanno in sostanza bloccato l'affaccio dall'entroterra.
Larghe aree artificiali non utilizzate (casse di colmata), diventate oggi di pregio naturalistico, costituiscono un laboratorio di fatto, di grande interesse e potenzialità: assieme alla possibile dismissione di vaste aree industriali, si ha oggi un'occasione di reimpostare l'intero scenario di gronda della laguna sud. È possibile immaginare la realizzazione di un fronte urbanizzato, ma permeabile tra entroterra e acqua, multifunzionale (attività artigianali e di piccola industria, portuali, residenziali e verde) e in relazione sia con il costruendo sistema del Parco di San Giuliano che con la Venezia storica e il sistema delle isole, cercando di superare logiche di interventi parziali, occasionali e non integrati.

5c. Studio di fattibilità sul recupero e destinazione di Porto Marghera dal punto di vista economico-urbano considerando in modo approfondito anche i problemi ambientali

La dismissione in atto di molte attività industriali a Porto Marghera e

MAV_introduzione_v3.indd 6 06/02/2013 11:47:15

la contemporanea riqualificazione operante da alcuni anni di vaste aree della gronda lagunare hanno innescato processi e dinamiche economiche di grande portata: dal punto di vista produttivo a seguito di riconversioni e rilocalizzazioni (nuove aziende e centri di ricerca che hanno sostituito le industrie precedenti, con nuove figure e tipologie di addetti); nelle variazioni di flussi di trasporto e scambio di addetti e prodotti; nei valori immobiliari e di rendita delle aree; nella tipologia complessiva delle attività.

Comprendere tali meccanismi è il passo necessario per successivamente comporre e proporre scenari che possano essere di riferimento: alle Istituzioni, per attuare politiche economiche e di riqualificazione urbana sostenibili e soprattutto compatibili ed integrate con la peculiarità del sistema di affaccio alla laguna e verso il centro storico veneziano; agli operatori e aziende per l'effettuazione di investimenti e realizzazioni convenienti e sostenibili al contempo.

Lo studio ha tenuto conto delle caratteristiche ambientali dell'area e in particolare del livello di contaminazione, nonché delle modalità di disinquinamento che possono essere adottate, alla luce delle più recenti conoscenze, al fine di costruire uno scenario di possibile riutilizzo complessivo delle aree contaminate e più in generale dell'intera zona di Porto Marghera.

MAV_introduzione_v3.indd 7 06/02/2013 11:47:15

MAV introduzione_v3.indd 8 04/02/2013 11:47:16

Analisi delle componenti a scala locale del relative sea level rise alla luce degli scenari globali di sviluppo futuro considerati dall'IPCC

Indagine nel sottosuolo olocenico

Coordinatore del progetto Luigi Tosi ISMAR-CNR

Gruppo di ricerca Giuliano Brancolini ISMAR-CNR; Luca Baradello, Mauro Caffau, Massimo Zecchin OGS

La laguna di Venezia si è originata durante la trasgressione olocenica del Mare Adriatico sul settore nord orientale della pianura padana tardo pleistocenica.

L'azione dei sistemi fluviali di Po, Adige e Brenta ha fortemente influenzato l'evoluzione del bacino lagunare centro settentrionale. Fin dall'epoca Romana, e in particolare durante la Repubblica di Venezia, data la sua particolare configurazione, la laguna è stata considerata un ambiente da salvaguardare e un rifugio sicuro contro i nemici.

L'attività antropica ha avuto un forte peso a partire dal 1400 con i primi interventi idraulici operati dalla Serenissima (deviazione dei fiumi a mare). Protrattesi per secoli, le opere antropiche hanno ingenerato sostanziali modifiche dei processi sedimentari naturali.

La maggior parte delle informazioni (stratigrafiche e geofisiche) sul sottosuolo lagunare è relativa ai canali, alle aree litorali o alle terre emerse. Colmare le lacune conoscitive dell'assetto geologico dei bassi fondali lagunari e delle strutture che vi si incontrano significa capire l'evoluzione della laguna. Infatti, sono queste le aree lagunari che maggiormente preservano nel sottosuolo le evidenze degli eventi geologici, climatici e dell'impatto antropico succedutisi nel tempo.

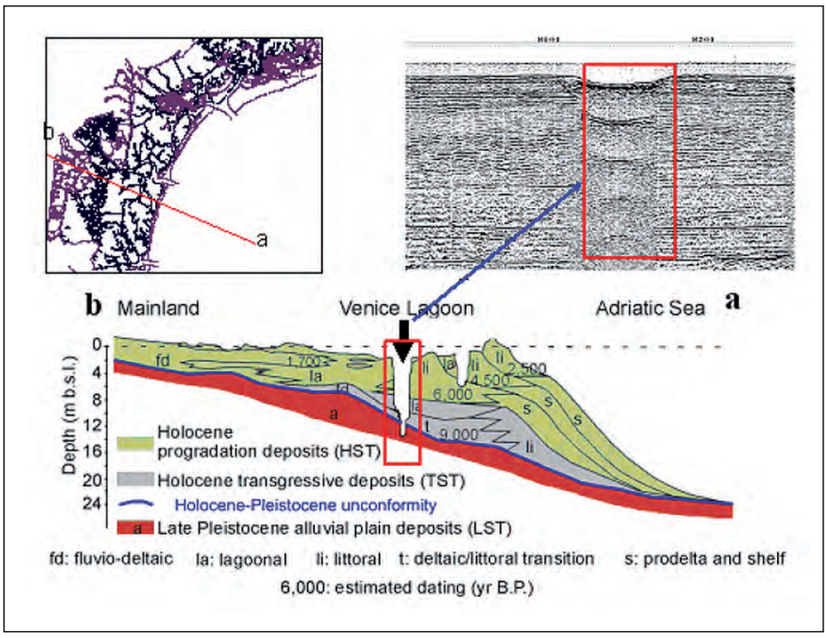
Questo è quindi un obiettivo di particolare rilevanza scientifica e applicativa in quanto strumento fondamentale per lo studio delle tendenze evolutive della morfologia lagunare e del ruolo che hanno giocato i cambiamenti naturali e indotti dall'uomo. Inoltre, la conoscenza dell'assetto geologico della laguna è indispensabile per individuare strutture geomorfologiche potenzialmente legate a processi idrogeologici (subsidenza, intrusione salina, erosione, ecc.) e per progettare interventi ingegneristici.

In una sezione geologica che attraversa la laguna (fig. 1) si può notare come, in corrispondenza dei canali, le informazioni sulla geologia recente vengono a mancare in quanto i canali sono sottoposti a dragaggi o processi erosivi e di conseguenza le informazioni relative ai livelli più recenti vengono perse.

Le aree di bassi fondali, anche se più difficili da investigare con sondaggi e indagini geofisiche, preservano l'intera sezione sedimentaria e, per quanto riguarda le prospezioni sismiche, forniscono una risposta più attendibile di quella rilevabile nei canali. La stessa figura riporta un esempio di sezione sismica che attraversa un piccolo canale. Come si può notare, il segnale sismico in corrispondenza del canale è decisamente scadente rispetto a quello ottenuto nei bassi fondali adiacenti.

Per questi motivi, lo studio dei bassi

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 1 12/02/2013 10:45:30



1. Il rilievo sismico effettuato al di fuori dei canali consente di caratterizzare adeguatamente i depositi lagunari

fondali è particolarmente importante in quanto apre una finestra sulla morfologia lagunare e sulla sua evoluzione recente.

Lo scopo del progetto è migliorare le conoscenze dell'evoluzione del bacino lagunare durante l'Olocene e contribuire alla comprensione dei cambiamenti ambientali distinguendo con maggiore precisione le cause naturali e antropiche responsabili dell'evoluzione geomorfologica lagunare avvenuta in epoca storica.

Gli obiettivi del progetto sono la determinazione dell'assetto e dell'architettura dei depositi olocenici nel bacino lagunare centrale di Venezia e la ricostruzione dell'evoluzione di canali a marea per aiutare a comprendere il peso delle componenti del sottosuolo sull'evoluzione lagunare olocenica.

Il progetto si basa sull'applicazione di un metodo di acquisizione di dati sismici ad altissima risoluzione (VHRS).

Per le acquisizioni VHRS è stato scelto il sistema BOOMER perché rispetto alle altre metodologie sismiche ad alta risoluzione (quali ad esempio lo Sparker o il mini Air Gun) presenta una buona ripetitività, direttività ed è facilmente installabile su imbarcazioni di piccole dimensioni. Queste caratteristiche sono essenziali per il lavoro in ambiente di acqua bassa e con natanti a ridotto pescaggio.

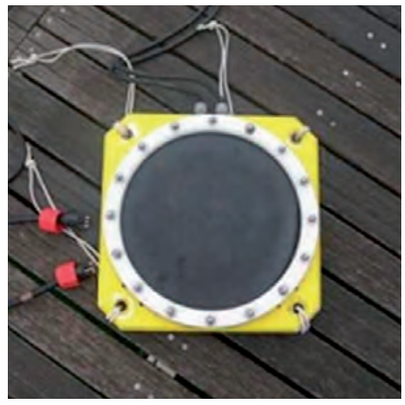
Sono stati eseguiti vari test del sistema di acquisizione e delle sorgenti in vasca e in mare per verificare lo spettro di banda della sorgente.

La "signature" della sorgente (BOOMER) è stata acquisita in vasca con un idrofono tarato. Lo spettro di banda è risultato essere caratterizzato da una ottima ampiezza, variabile tra 400 e 9000 Hz, ed una elevata ripetitività.

Sulla base dell'ubicazione dei carotaggi disponibili, delle informazioni stratigrafiche pregresse, delle posizioni delle linee sismiche acquisite nell'ambito di precedenti progetti sono stati pianificati i percorsi delle linee sismiche.

Il programma di acquisizioni sismiche è stato sviluppato in due fasi: un primo rilievo generale per la caratterizzazione sismo-stratigrafica del bacino lagunare centrale e per l'individuazione di strutture geomorfolo-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 2 12/02/2013 10:45:30



2. Alimentatore
3. Piastra
4. Catamarano con piastra durante l'acquisizione VHRS

giche sepolte; un secondo rilievo di dettaglio con infittimento del *grid* in corrispondenza di alcune strutture morfologiche di interesse.
I carotaggi più idonei per il prelievo dei campioni da analizzare sono stati selezionati dalla Banca dati dei Sondaggi Geognostici del Servizio Informativo del Magistrato alle Acque di Venezia. In particolare, sono stati prelevati e analizzati i campioni di tre carotaggi che nonostante la lunghezza limitata a soli 8 m raggiungono ugualmente la completa copertura delle *facies* oloceniche oggetto della ricerca.
Per completare lo studio sedimentologico previsto sono state selezionate e analizzate alcune carote disponibili dagli archivi ISMAR-CNR, per il progetto di Cartografia Geologica Nazionale (CARG) (ISMAR-1 e ISMAR-2L entrambe di lunghezza 25 m).

Attività in campo e in laboratorio

La prima campagna di acquisizione si è svolta nel settembre 2009 e la seconda nel marzo 2010.
Per eseguire i rilievi sismici ad alta risoluzione è stato impiegato il sistema BOOMER, composto da un alimentatore (fig. 2) associato a un trasduttore elettrodinamico (piastra, fig. 3) montato su un telaio solidale a due galleggianti cilindrici laterali che costituiscono il catamarano (fig. 4).

Il catamarano ha il compito di mantenere la piastra ad una profondità costante di circa 40 cm. L'impulso generato viene riflesso dalle discontinuità presenti nel terreno. Il segnale riflesso è quindi raccolto con uno streamer monocanale preamplificato a 8 idrofoni ad alta sensibilità, con parte attiva di 3 m. L'uso di uno streamer monocanale permette di migliorare il rapporto Segnale/Rumore sommando in fase il segnale riflesso.
Il controllo della qualità dei dati sismici acquisiti è stato effettuato in tempo reale, permettendo quindi eventuali immediate correzioni nell'assetto della strumentazione e nei parametri di acquisizione se il segnale non fosse risultato ottimale.
Un GPS differenziale, interfacciato con l'acquisitore, garantisce il posizionamento delle tracce sismiche raccolte.
Per realizzare i rilievi VHRS in acque molto basse si è adottata la geometria con sorgente e ricevitore parallela. Con questa geometria di acquisizione si minimizza l'effetto distruttivo prodotto dall'*offset* dei diversi idrofoni rispetto alla sorgente sismica.
Per eliminare correnti spurie nel natante introdotte dall'utilizzo di generatori, che degradano molto la ricezione del segnale sismico, sono state create e installate delle apposite piastre sullo scafo per le *messe a massa* di tutta la strumentazione.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 1 12/02/2013 10:45:30

5. Ubicazione delle linee sismiche nella laguna sud di Venezia, acquisite nelle campagne del progetto

Risultati del progetto

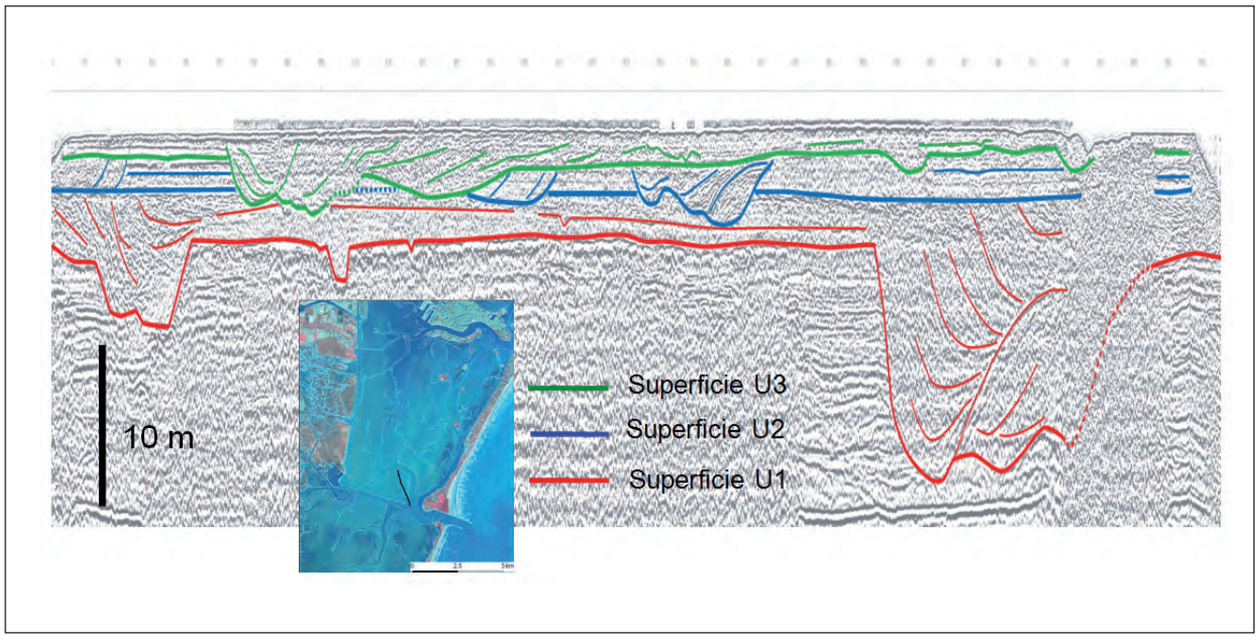
Nelle campagne sono stati acquisiti circa 150 km di profili sismici (fig. 5).

La presenza di ostacoli non ha permesso di seguire con esattezza le rotte a maglia regolare previste in fase di progettazione: concessioni da pesca, cantieri per lavori di vario tipo (dragaggi, posa cavi, ecc.) e condizioni batimetriche inferiori a 80-100 cm.

La scarsa penetrazione in alcune zone è imputabile a condizioni geologiche sfavorevoli, come ad esempio la presenza di gas interstiziale nei sedimenti oppure la presenza di consistenti spessori di alghe. Quest'ultimo inconveniente è stato minimizzato operando nel periodo di fine settembre, quando la presenza di alghe non è particolarmente sviluppata come nella stagione estiva.

L'attribuzione dei differenti am-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 2 12/02/2013 10:45:31



6. Particolare del tratto meridionale di una linea di transetto, nei pressi della bocca di Malamocco

bienti deposizionali è stata fatta principalmente sulla base del contenuto micropaleontologico con l'analisi dell'abbondanza dei foraminiferi bentonici e subordinatamente con l'osservazione del contenuto di ostracodi, quando presenti nei campioni di sedimento. In particolare l'analisi della fauna a ostracodi è stata utilizzata per i campioni di sedimento caratterizzati dall'assenza di foraminiferi.

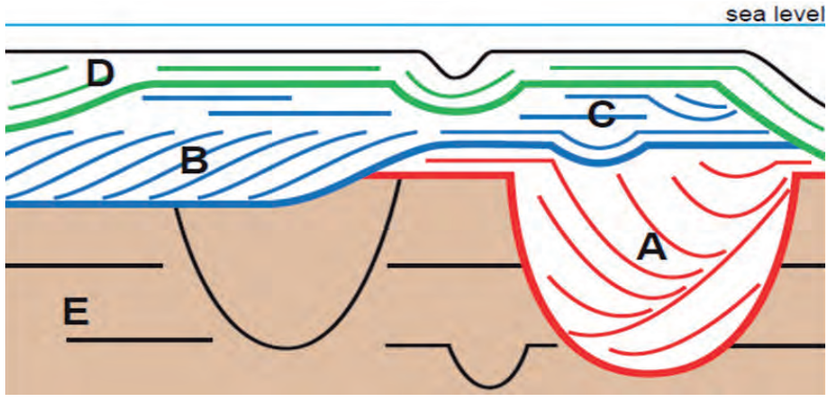
Comparazione tra le aree lagunari meridionale e centrale

L'architettura stratigrafico-deposizionale della successione olocenica presenta considerevoli differenze se si confrontano le aree meridionale e centrale della laguna. I depositi olocenici dell'area meridionale sono caratterizzati da un'architettura delle *facies* relativamente complessa, costituita nella sua parte inferiore da depositi di retro-barriera (lagunari e di estuario) passanti verso mare a sottili depositi marino-marginali, coperti da depositi progradanti deltizi spessi una decina di metri e da cordoni litorali adiacenti. Questa successione è il risultato della trasgressione trasgressione marina olocenica (depositi di retro-barriera) e del successivo stazionamento alto (depositi deltizi e litorali). La parte più recente della successione è costituita da depositi di canale a marea e da aree di intercanale adiacenti. Questa parte della successione è tipica della dinamica deposizionale della laguna meridionale attuale ed è ritenuta essere collegata ad interventi antropici, come la diversione dei sistemi fluviali avvenuta in tempi storici.

La successione della laguna centrale (figg. 6, 7), invece, presenta un'architettura più semplice, caratterizzata prevalentemente da depositi lagunari, passanti a sedimenti litorali verso mare, e a bayhead delta sepolti verso terra. I depositi immediatamente al di sopra del limite Pleistocene-Olocene originario, dove perfettamente preservato, così come i riempimenti dei *paleo-inlet*, sono interpretati come trasgressivi, mentre quelli soprastanti come regressivi di stazionamenti alto. In base ai dati attuali, però, la separazione tra unità trasgressiva e regressiva non è chiaramente definibile.

La relativa monotonia dell'architettura della successione della laguna

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 3 12/02/2013 10:45:31



7. Schematizzazione dei tipi di architetture geomorfologiche riconoscibili nella successione olocenica del bacino lagunare centrale. A, riempimento di paleo-inlet; B, accrezione laterale; C, aree di intercanale e canali minori; D, canali e aree di intercanale recenti; E, piana alluvionale pleistocenica

centrale deriva del fatto che la sedimentazione olocenica qui è iniziata soltanto durante la fase finale della trasgressione (circa 6000 di anni fa), e successivamente la linea di costa è stata soggetta ad una regressione limitatissima, cosicché l'ambiente dell'area di studio si è mantenuto di tipo prevalentemente *paralico* per tutto l'Olocene.

Conclusioni

Le investigazioni, mediante l'acquisizione di dati sismici ad altissima risoluzione (VHRS), sono state effettuate nei bassi fondali del settore centro- meridionale della laguna per circa 150 chilometri di linee tra il canale di Malamocco e Venezia. Circa 50 km rappresentano indagini di dettaglio su canali a marea attivi e inattivi, per meglio comprenderne la dinamica e il ruolo avuto nell'evoluzione del bacino. I risultati dei rilievi VHRS sono stati integrati dagli studi a carattere sedimentologico e dall'analisi di mappe lagunari storiche. Queste ultime sono risultate particolarmente utili nell'interpretazione delle variazioni morfologiche più recenti emerse dai rilievi sismici.

La ricerca, che ha esteso alla laguna centrale precedenti investigazioni effettuate nel bacino meridionale, ha fornito una panoramica più chiara dei depositi olocenici e della loro dinamica nell'area lagunare a sud di Venezia, migliorando la definizione della loro architettura e del loro assetto morfo-stratigrafico, precedentemente caratterizzati.

È emerso che i depositi olocenici del settore centrale della laguna mostrano un'architettura sensibilmente diversa da quelli del bacino meridionale. In particolare, la sequenza olocenica nella laguna centrale consiste prevalentemente di riempimenti di canali a marea migranti, spesso sovrapposti, che in taluni casi rielaborano l'originale limite Pleistocene-Olocene. In alcune zone sono state riconosciute fino a tre generazioni di canali. Sono localmente ben riconoscibili barre di meandro a marea di scala chilometrica, messe in evidenza dalla migrazione laterale di riflettori inclinati. Altri depositi individuati sono quelli relativi alle aree recenti di intercanale ed in alcuni casi depositi *paralici* più vecchi che poggiano sulla discontinuità olocenica di base. I profondi lineamenti erosivi al limite Pleistocene-Olocene, di estensione comunque limitata, sono stati interpretati come antiche aperture a mare. Per l'assetto fisiografico e il contesto deposizionale del bacino centrale, la serie olocenica consiste solo di *facies* lagunari passanti a continentali verso la terraferma. Rispetto al modello morfo-stratigrafico della laguna meridionale, nel bacino centrale i depositi sicuramente marini sono assenti.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 4 12/02/2013 10:45:31

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 5 12/02/2013 10:45:31

MAV_progetto_Terra_v4.indd 6 12/02/2013 10:45:31

Analisi delle componenti a scala locale del relative sea level rise alla luce degli scenari globali di sviluppo futuro considerati dall'IPCC

La mitigazione mediante sollevamento antropico

Coordinatore del progetto Pietro Teatini, DMMMSA-UNIPD

Gruppo di ricerca Nicola Castelletto, Massimiliano Ferronato, Giuseppe Gambolati DMMMSA; Luigi Tosi ISMAR-CNR; Giuliano Brancolini ISMAR-CNR OGS

Misurazioni di precisione condotte durante l'ultimo decennio confermano che l'iniezione di fluidi nel sottosuolo produce un innalzamento della superficie terrestre che può ammontare fino ad alcune decine di centimetri in un intervallo temporale variabile tra alcuni mesi e gli anni.

Studi modellistici recenti suggeriscono che l'iniezione d'acqua salata in un acquifero profondo 600-800 m al di sotto della laguna di Venezia solleverebbe uniformemente la città lagunare di 25-30 cm nell'arco di 10 anni.

In considerazione dell'innalzamento relativo del livello del medio mare quale effetto dei cambiamenti climatici globali, l'attuazione di un intervento di sollevamento della città lagunare potrebbe mantenere il livello relativo città-mare pari al valore attuale, prolungando in tal modo la vita operativa del sistema delle barriere mobili.

Infatti, un sollevamento del centro lagunare dell'ordine di 20-30 centimetri sarebbe sufficiente per fare operare il MOSE fino alla fine del secolo in condizioni pressoché equivalenti a quelle attuali, anche nel caso del verificarsi dello scenario eustatico atteso.

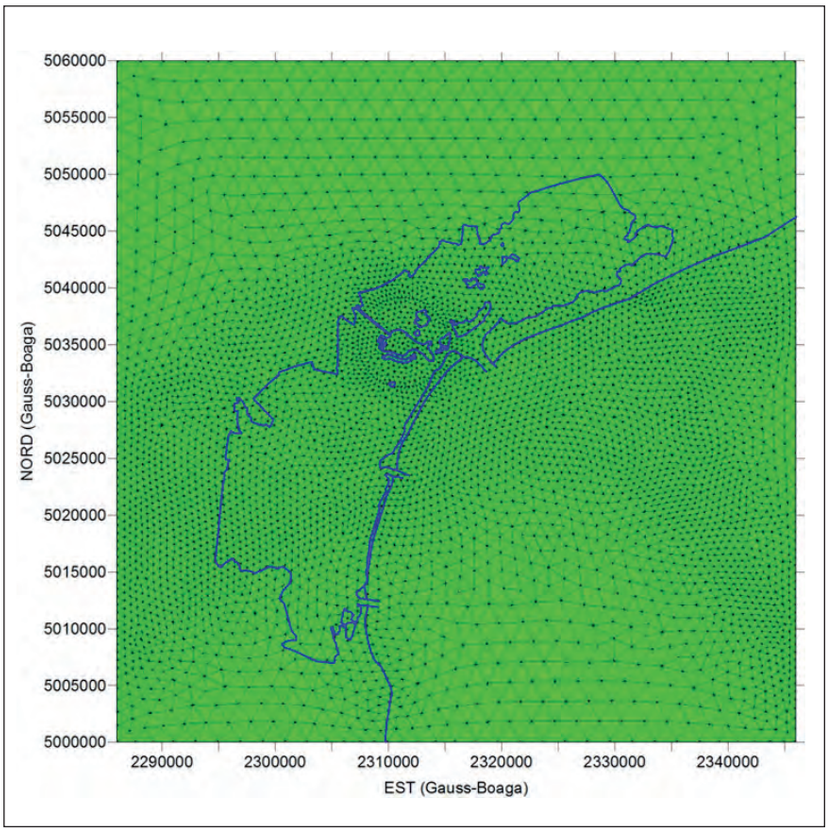
Gli obbiettivi specifici che si sono posti nella ricerca sono i seguenti.

1. Aggiornare i modelli fluidodinamici e geomeccanici utilizzati negli ultimi anni per prevedere il possibile innalzamento antropico di Venezia attraverso l'iniezione di acqua salata in acquiferi profondi, utilizzando le più accurate informazioni disponibili sulla geologia del sottosuolo lagunare.
2. Utilizzare i modelli aggiornati per sviluppare nuovi e più affidabili scenari di iniezione d'acqua nel sottosuolo lagunare per sollevare la città uniformemente, efficacemente ed in sicurezza.
3. Valutare l'effetto del sollevamento previsto con i modelli sull'attuale batimetria lagunare, prendendo in considerazione le diverse forme morfologiche (barene, bassifondi, canali) presenti nell'area.

La ricerca è stata condotta utilizzando i modelli numerici tridimensionali di flusso e geomeccanico allo stato dell'arte sviluppati dal Dipartimento Metodi e Modelli Matematici per le Scienze Applicate (DMMMSA) dell'Università di Padova.

Le simulazioni sono state eseguite con un approccio disaccoppiato (a due passi) la cui validità è stata ampliamente verificata per bacini sedimentari normal-consolidati e con distribuzione idrostatica della pressione neutrale: inizialmente viene calcolata l'idrodinamica negli acquiferi interessati dall'iniezione; i risultati del modello di flusso, in termini di variazione di pressione, sono poi utilizzati come sorgente di sforzo nel modello strutturale geomeccanico (fig. 1).

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 7 12/02/2013 10:45:32



1. Discretizzazione bidimensionale del dominio di calcolo utilizzata per la generazione del modello triodimensionale per la laguna di Venezia

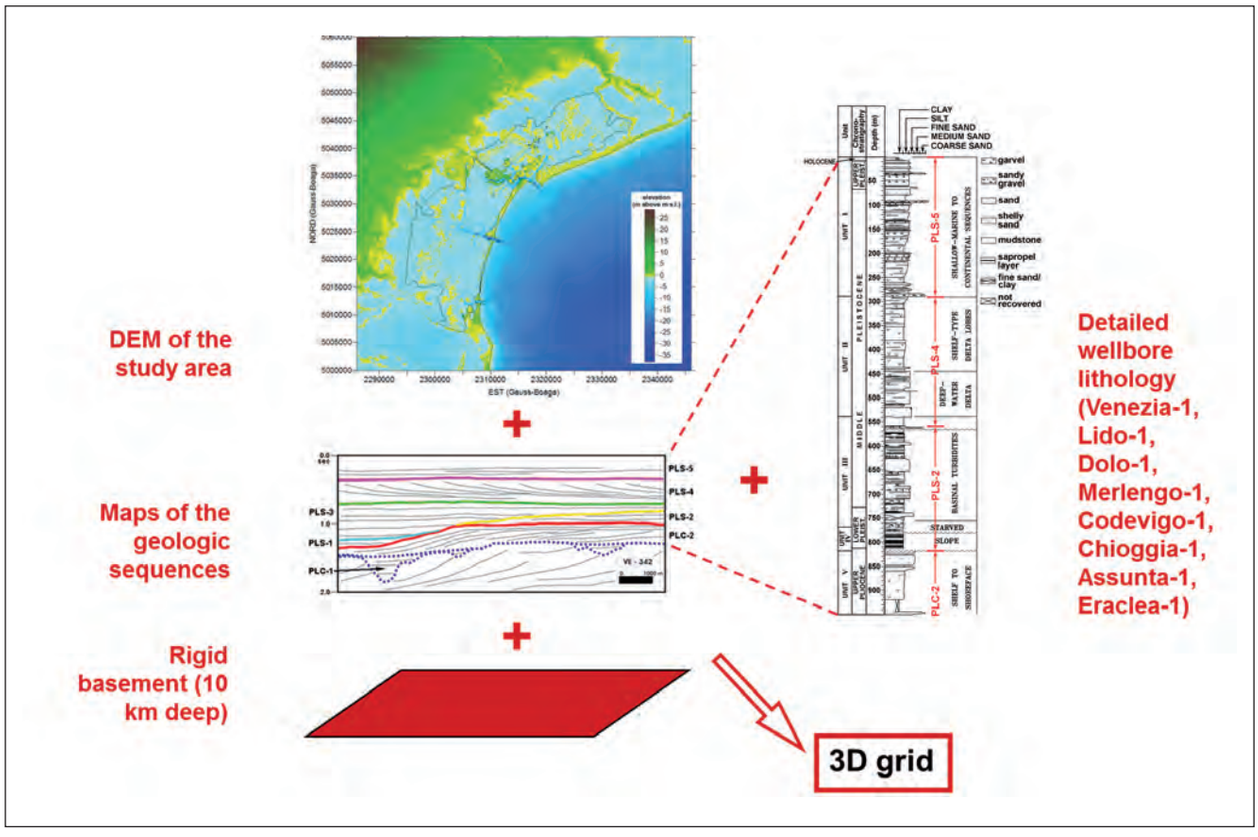
Aggiornamento del modello geologico del suolo lagunare

La fattibilità di un reale progetto di sollevamento antropico di Venezia richiede innanzitutto una dettagliata conoscenza della geologia e litostratigrafia del sottosuolo lagunare.
A tale riguardo, rispetto alla litostratigrafia semplificata utilizzata in passato sono oggi utilizzabili i risultati di un recente Programma CNR riguardante i depositi pliopleistocenici sublagunari. La revisione del modello geologico della successione sedimentaria sottostante la Laguna di Venezia, il primo entroterra e l'Adriatico prossimo al litorale veneziano è stata quindi condotta integrando le informazioni, sostanzialmente di tipo sismico, a disposizione nell'area di studio (circa 1000 km di linee sismiche e mappe di profondità di alcuni orizzonti ricostruite da ENI, OGS e CNR). Uno schema della procedura utilizzata è riportato in figura 2.

I modelli di simulazione fluidodinamica e poromeccanica

La quantificazione del sollevamento della batimetria lagunare che è possibile attendersi con l'iniezione di acqua salata in sistemi acquiferi profondi è stata realizzata per mezzo di un modello poro-meccanico tridimensionale.
Il modello è stato sviluppato dal DMMMSA nel corso degli ultimi decenni e applicato su numerosissimi casi di studio per la simulazione della subsidenza a seguito di estrazione di fluidi dal sottosuolo, del sollevamento indotto da iniezioni di acqua in acquiferi profondi o dallo stoccaggio di CO_2 in giacimenti esauriti, dei movimenti stagionali di rebound/abbassamento prodotti da iniezione/produzione di metano in giacimenti di stoccaggio.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 8 12/02/2013 10:45:32



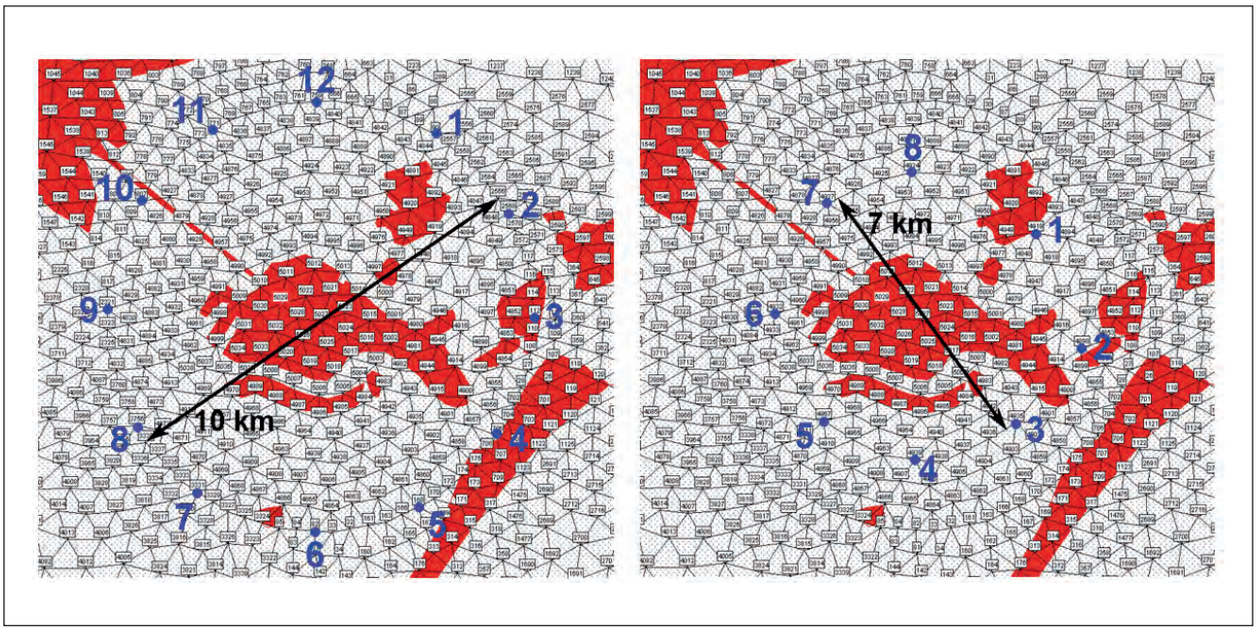
2. Rappresentazione schematica della procedura utilizzata per la generazione della griglia tridimensionale agli elementi finiti

Una descrizione accurata dei processi indotti dall'iniezione di acqua salata negli acquiferi profondi richiede una notevole cura nella trattazione dei pozzi nel modello numerico. La grande differenza di scala spaziale fra gli acquiferi, tipicamente estesi per molte decine o anche centinaia di chilometri, e i pozzi, con diametri generalmente dell'ordine di 20-30 centimetri, rappresenta la maggiore fonte di difficoltà. Adottando infatti un approccio basato su tecniche numeriche tradizionali (es: elementi finiti, differenze finite), la ricostruzione accurata del campo di pressione nelle vicinanze dei pozzi richiederebbe l'uso di griglie di calcolo estremamente raffinate e con elementi di dimensioni caratteristiche paragonabili a quelle dei fori di perforazione, rendendo sostanzialmente impraticabili simulazioni realistiche su scala regionale con un numero elevato di pozzi. Al fine di superare tale criticità, è stato sviluppato un modulo specifico che, seguendo l'approccio standard usato nella modellizzazione numerica dei giacimenti, tratta i pozzi come sorgenti puntuali o lineari, con il problema di scala superato attraverso l'impiego di un "modello di pozzo".

Simulazioni dell'innalzamento antropico

Le proprietà geomeccaniche del mezzo poroso rivestono una fondamentale importanza per una stima attendibile del sollevamento a seguito dell'iniezione di fluidi nel sottosuolo. Benché non siano attualmente disponibili misurazioni dirette di tali caratteristiche nel sistema acquifero al di sotto dell'area lagunare, numerosi e recenti studi eseguiti nel bacino dell'Adriatico settentrionale hanno permesso di definire una legge costitutiva di variazione della compressibilità c_M con la tensione efficace valida a scala di bacino.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 9 12/02/2013 10:45:33



3. Ubicazione dei pozzi di iniezione per la Configurazione 1 *(a sinistra) e la* Configurazione 2 *(a destra)*

Definizione degli scenari di iniezione

Tra le diverse possibilità in termini di numero e distribuzione areale dei pozzi di iniezione, sono state analizzate due configurazioni.

Configurazione 1: 12 pozzi di iniezione distribuiti regolarmente su una circonferenza di diametro pari a circa 10 km centrata a Venezia, in particolare sul Ponte di Rialto (figura 3a); attraverso un confronto con gli studi modellistici pregressi, tale scenario permette una valutazione diretta dell'effetto della nuova ricostruzione geologica sul sollevamento atteso;

Configurazione 2: 8 pozzi di iniezione distribuiti regolarmente su una circonferenza di diametro pari a circa 7 km centrata, anche in questo caso sul Ponte di Rialto (figura 3b). Si può stimare che la configurazione 2 sia circa il 30% più economicamente vantaggiosa della configurazione 1.

In entrambe le configurazioni, si è evitato di ubicare i pozzi sulle isole lagunari, preferendo la posizione in laguna, per evitare problematiche conseguenti all'interferenza tra le strutture atte all'iniezione, benché di ridotta dimensione, con le opere urbane. Sono stati quindi simulati diversi scenari in relazione alla distribuzione spazio-temporale della sovra-pressione di iniezione pur mantenendone comunque il valore massimo sempre al di sotto di 20 bar. Tale limite garantisce che non si instauri nel mezzo poroso uno stato tensionale di trazione che potrebbe indurre la generazione di fratture causando sia brusche variazioni locali della conducibilità idraulica degli acquiferi, con una parziale dissipazione della sovrapressione, sia un danneggiamento locale delle proprietà di *sealing* (sigillatura) delle coperture argillose.

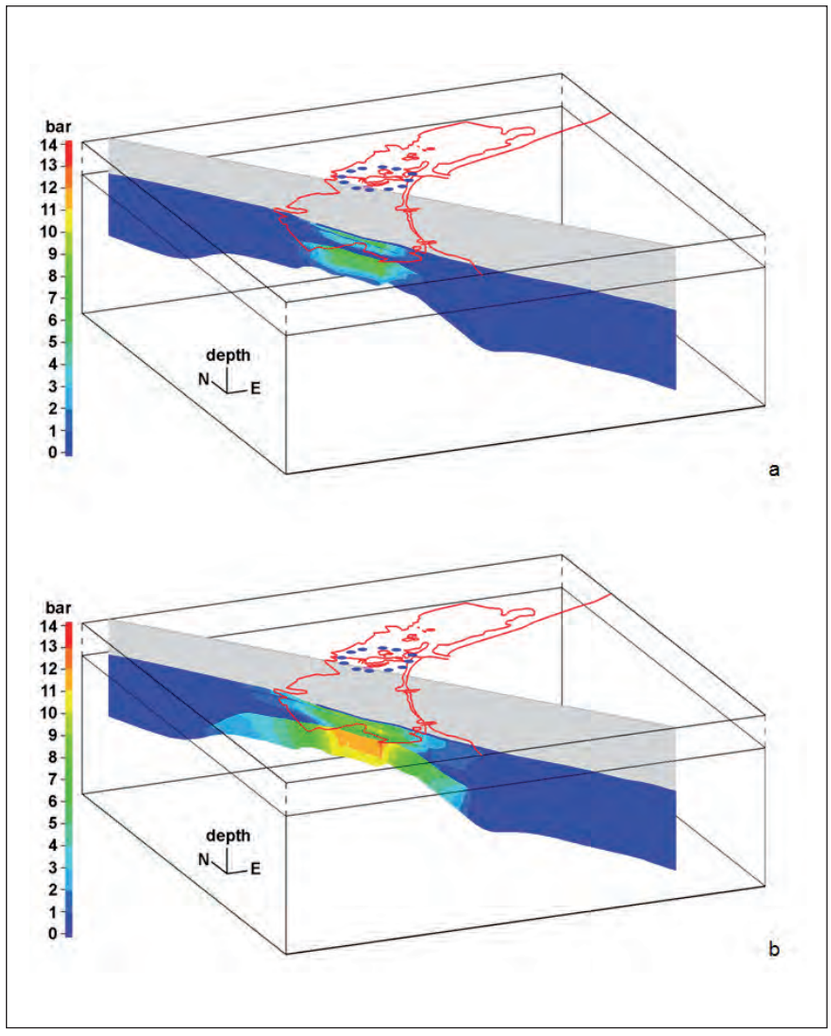
Il periodo temporale coperto dalle simulazioni è pari a 10 anni. Sono stati inizialmente simulati i due scenari.

Scenario 1a. Pressione costante pari a 20 bar nei 12 pozzi nella configurazione 1.

Scenario 2a. Pressione costante pari a 20 bar negli 8 pozzi nella configurazione 2.

Successivamente, con la finalità di rendere l'innalzamento della città il più possibile uniforme, sono stati sviluppati degli altri scenari facendo

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 10 12/02/2013 10:45:33



4. Scenario 1a. Andamento della sovra-pressione lungo una sezione verticale Nord-Ovest - Sud-Est che attraversa la zona dei pozzi di iniezione dopo un anno (a) e 10 anni (b) dall'inizio dell'iniezione

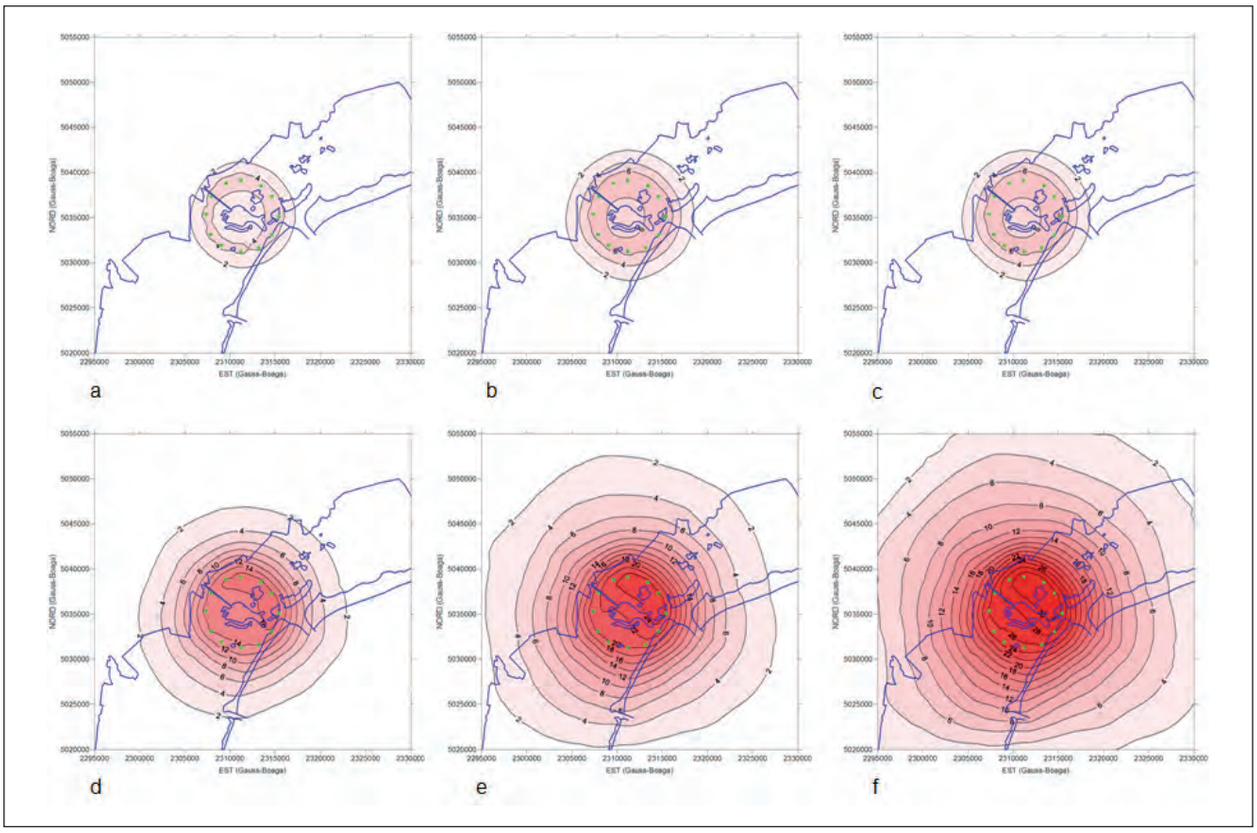
variare, e quindi ottimizzando, pozzo per pozzo la pressione di iniezione e l'andamento temporale della stessa.
Scenario 1b. Configurazione 1 con pressione variabile da pozzo a pozzo e costante nel tempo;
Scenario 1c. Configurazione 1 con pressione variabile da pozzo a pozzo e nel tempo;
Scenario 2b. Configurazione 2 con pressione variabile da pozzo a pozzo e costante nel tempo.

Risultati delle simulazioni

Scenario 1a

I risultati del modello di flusso sono riassunti in figura 4, ove è presentato l'andamento della sovra-pressione nel sistema acquifero profondo lungo uno sezione verticale Nord-Ovest – Sud-Est che attraversa il dominio di calcolo in corrispondenza all'area dove sono ubicati i pozzi, circa 1 km a Sud-Ovest di Venezia. La figura mostra come la sovra-pressione si espande nel tempo, in particolare dopo 1 e 10 anni dall'inizio dell'iniezione.
Le simulazioni geomeccaniche forniscono i risultati di figura 5 e figura 6. In figura 5 sono rappresentate le mappe del sollevamento del fondo lagunare a diversi istanti dall'entrata in funzione delle pompe (3 e 6 mesi, 1, 2 , 5 e 10 anni). In figura 6 è evidenziato l'andamento temporale del sollevamento in 5 punti del centro

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 11 12/02/2013 10:45:33



5. Scenario 1a. Innalzamento atteso (in cm) dopo 3 mesi (a), 6 mesi (b), un anno (c), 2 anni (d), 5 anni (e), 10 anni (f) dall'inizio dell'iniezione. Sono evidenziati in verde i pozzi di iniezione

storico cittadino: l'Arsenale, il Ponte di Rialto, la Basilica di San Marco, Sant'Elena ed il Tronchetto.
I risultati ottenuti mostrano come l'area urbana si sollevi in media di 28 cm circa. È presente una certa differenza (dell'ordine di 2-3 cm) tra la zona Nord-Est e quella Sud-Ovest, con un maggiore innalzamento verso Murano, dovuto al fatto che gli strati sabbiosi contenuti negli orizzonti geologici più importanti si ispessiscono verso Nord, chiudendosi invece a Sud, in corrispondenza della bocca di Malamocco.

Scenario 2a

Per lo scenario base della configurazione 2 (8 pozzi d'iniezione) si riportano i medesimi risultati ottenuti dal modello di flusso e da quello geomeccanico forniti per lo *scenario 1a.* L'andamento della sovra-pressione nel sistema acquifero profondo lungo la stessa sezione verticale Nord-Ovest – Sud-Est è fornita in Figura 7 in corrispondenza agli istanti temporali t=1, e 10 anni.
I risultati ottenuti mostrano che 8 pozzi, posti più vicini al centro storico di quanto simulato con la configurazione 1, sono sufficienti per ottenere dopo 10 anni un innalzamento della città lagunare pari in media a 28 cm, confrontabile quindi con il risultato dello *scenario 1a.* Anche in questo caso il sollevamento è leggermente più elevato (~7%) verso l'Arsenale rispetto al Tronchetto.

Scenario 1b

Obbiettivo dello scenario è l'ottimizzazione del valore delle pressioni di fondo pozzo al fine di generare a 10 anni un sollevamento della città il più possibile uniforme, eliminando quindi la piccola differenza messa in evidenza nell'analisi dei risultati dello

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 12 12/02/2013 10:45:33

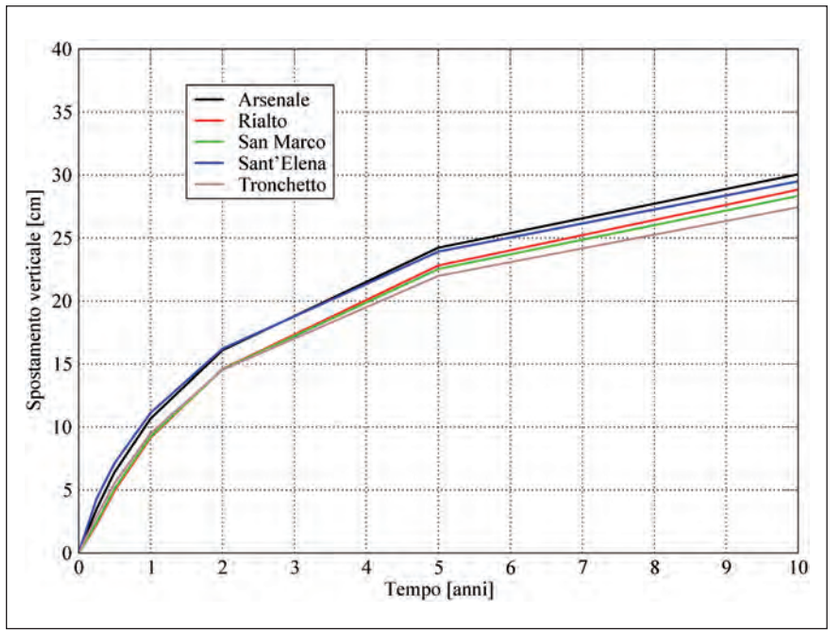
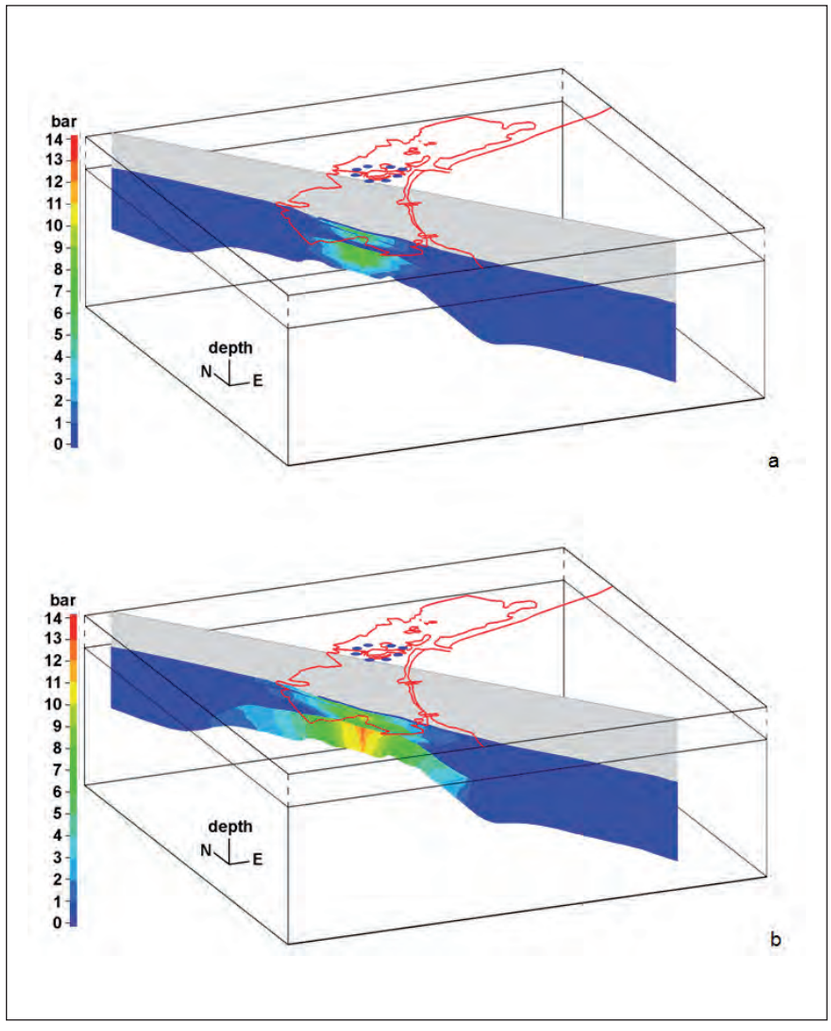
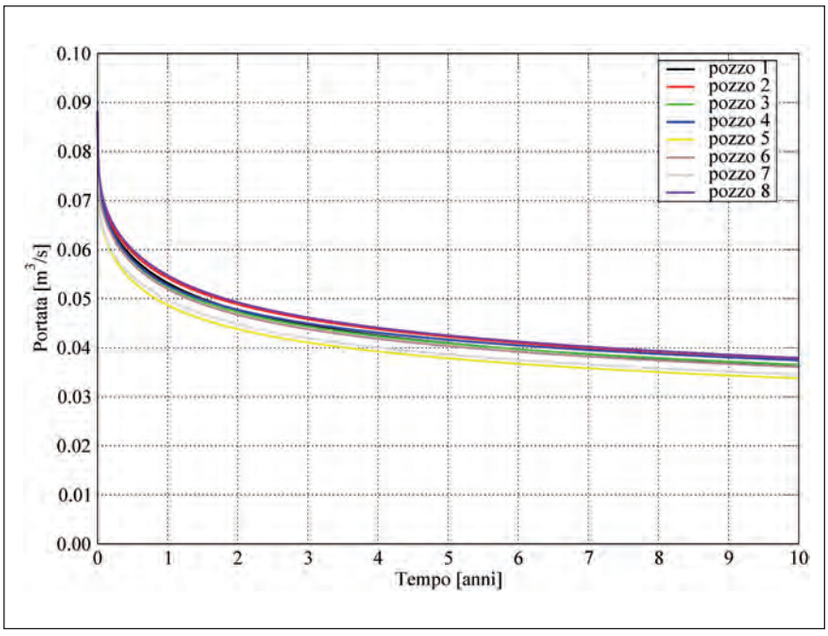


Figura 6. Scenario 1a. Andamento temporale dell'innalzamento di alcuni siti in Venezia



7. Scenario 2a. Andamento della sovra-pressione lungo una sezione verticale Nord-Ovest - Sud-Est che attraversa la zona dei pozzi di iniezione dopo un anno (a) e 10 anni (b) dall'inizio dell'iniezione

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 13 12/02/2013 10:45:35



8. Scenario 1b. Andamento della portata iniettata in ciascuno dei 12 pozzi

scenario 1a tra l'area dell'Arsenale rispetto al Tronchetto. L'analisi è stata condotta imponendo in ogni pozzo un valore di costante nel tempo di pressione p_w.

La pressione di fondo pozzo deve essere ridotta del 15%, 30% e 45% man mano che ci si sposta a Nord-Est della città.

In termini di portata iniettata nel sistema acquifero, il risultato del modello è evidenziato in figura 9: l'acqua immessa nei pozzi 1 e 2, quelli più a Nord-Est, risulta essere solo di poco superiore al 25% di quella che si inietta nei pozzi in cui la pressione resta fissata al valore massimo di 20 bar.

Le mappe del sollevamento ottenute nello *scenario 1b* mostrano come dopo 10 anni dall'entrata in funzione delle pompe, adattando in modo opportuno la pressione di iniezione nei diversi pozzi, il sollevamento della città (e di tutta l'area all'interno della circonferenza dove sono posizionati i pozzi) sia caratterizzato da un'assoluta uniformità attorno ad un valore di 27 cm che poco si discosta dal sollevamento medio ottenuto nello *scenario 1a*.

Scenario 1c

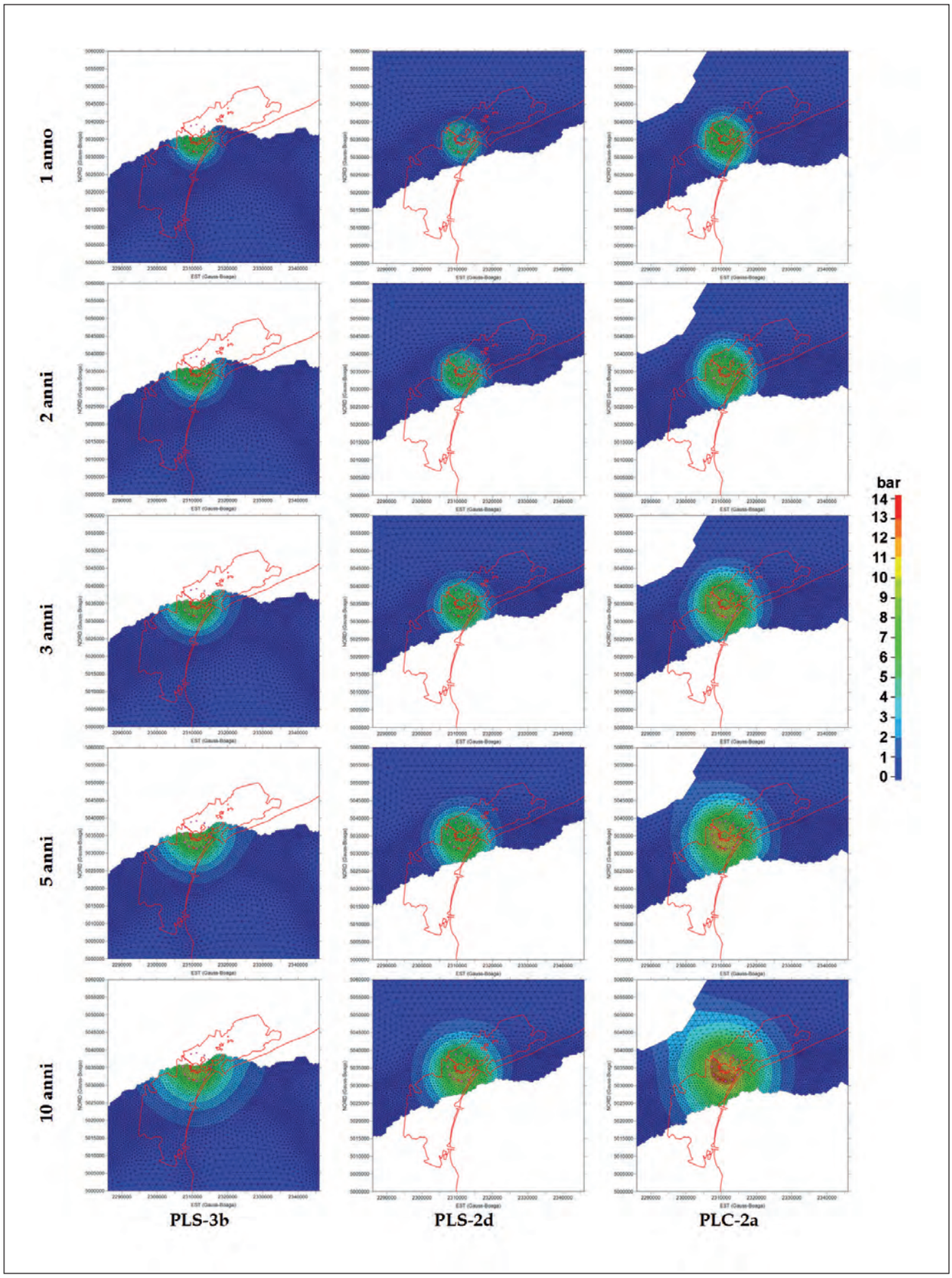
Quest'ultimo caso sviluppato per la configurazione a 12 pozzi differisce dallo *scenario 1b* in quando si prevede il controllo temporale della pressione di iniezione, ovvero un andamento variabile della pressione p_w. Questa opzione potrà essere di interesse al fine di garantire l'uniformità del sollevamento anche durante la fase transitoria (si assume che nei pozzi a Sud-Ovest della città la pressione aumenti linearmente da 15 a 20 bar in 3 anni e poi vi resti costante fino al termine della simulazione; per quelli a Nord-Est, il valore calibrato nello *scenario 1b* si raggiunge dopo 3 anni riducendo linearmente il valore massimo ammissibile di 20 bar).

Scenario 2b

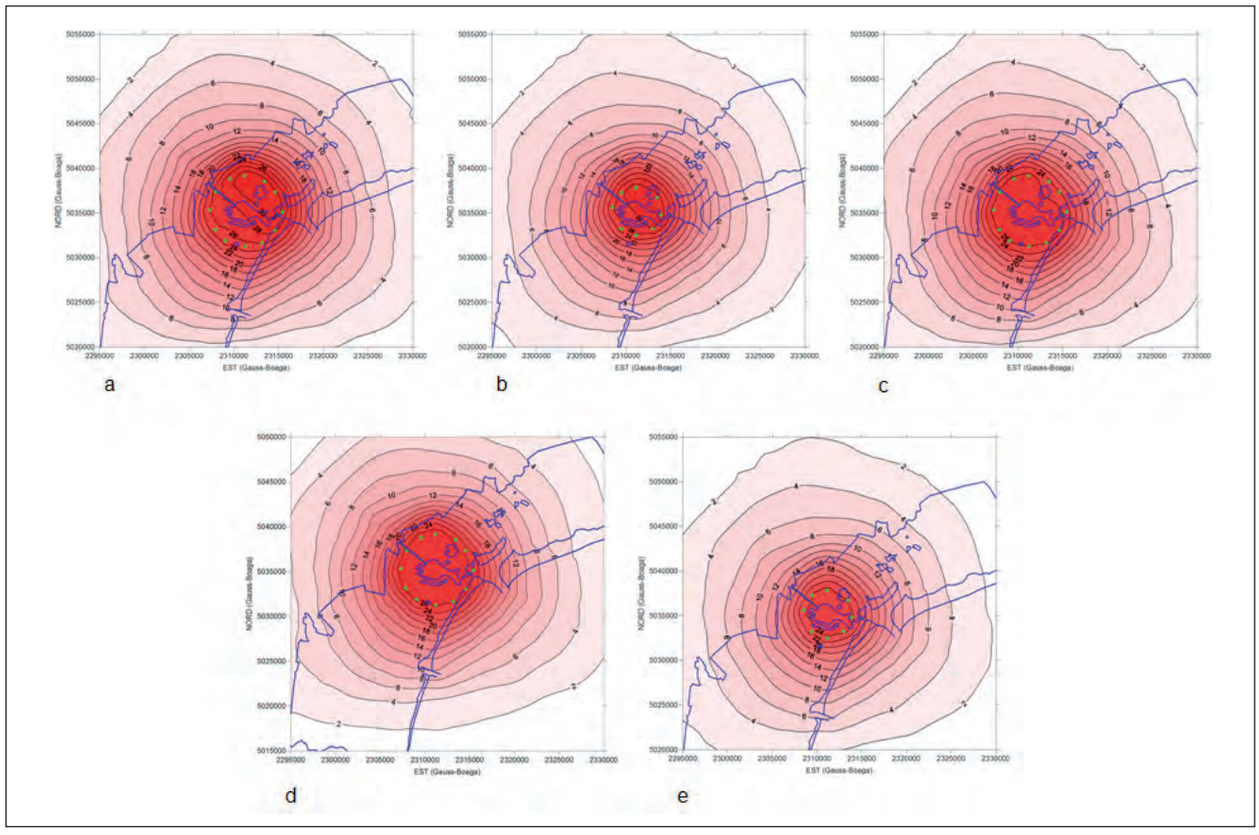
Come nello scenario 1b, anche per la configurazione ad 8 pozzi si sono ottimizzate le pressioni d'iniezione con l'obbiettivo di rendere il sollevamento della città uniforme. In questo caso i valori di p_w ai pozzi posizionati a Nord-Ovest devono essere ridotti al 90%, 80% e 70% del valore massi-

9 (a fianco). Scenario 1b. Andamento della sovra-pressione a diversi istanti temporali in uno strato sabbioso degli orizzonti PLS-3, PLS-2 e PLC-2

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 14 12/02/2013 10:45:37



MAV_progetto_Tema_v4a.indd 15 12/02/2013 10:45:37



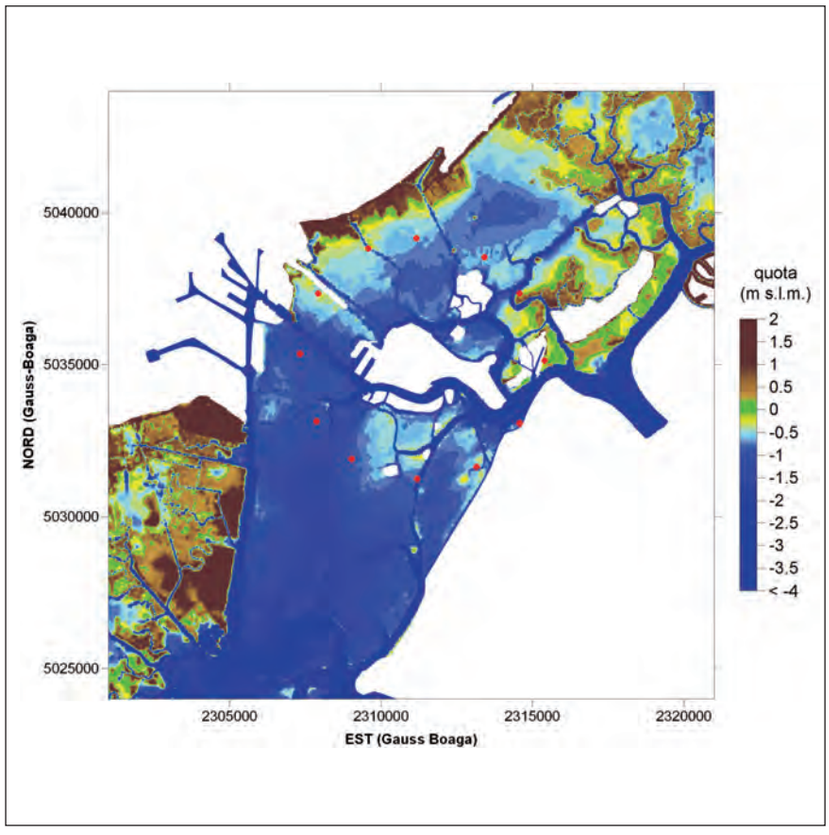
10. Innalzamento atteso dopo 10 anni dall'inizio dell'iniezione. Scenario 1a (a), Scenario 2a (b), Scenario 1b (c), Scenario 1c (d), Scenario 2c (e)

mo di 20 bar.
I risultati del modello di pozzo mostrano come, adottando questa strategia, la portata iniettata al pozzo 1 sia a 10 anni pari circa alla metà di quella nei pozzi 4-6 ubicati in posizione simmetrica a Sud-Ovest alla città.
Dopo 10 anni di pompaggio il centro storico risulta uniformemente rialzato di 24 cm.

Spostamenti differenziali

Uno degli aspetti che genera maggiore apprensione in relazione all'idea di mitigare l'atteso innalzamento relativo del medio mare mediante un sollevamento antropico della città lagunare è la possibilità che lo spostamento indotto, qualora variabile da punto a punto, possa provocare un danno all'edificato storico di Venezia.
Le opere civili in genere sono caratterizzate da strutture portanti rigide che possono danneggiarsi a seguito di una distorsione dovuta a spostamenti differenziali delle fondazioni. In generale, i valori ritenuti ammissibili sono alquanto variabili e dipendono dalla soggettività del concetto stesso di danno accettabile per un manufatto. In genere, valori piuttosto restrittivi sono da considerarsi quando prevalgano criteri di carattere estetico oppure funzionale in edifici nuovi e/o pregiati. Ciò viene ritenuto generalmente valido per edifici di civili abitazioni situati in centri di un certo interesso storico-culturale, oppure per infrastrutture di grande importanza sociale ed economica, come ponti o dighe. Limiti più ampi sono invece comunemente accettati per edifici industriali.
In relazione agli spostamenti differenziali, sono stati calcolati i gradienti dello spostamento verticale nei cinque scenari analizzati. Si osserva che in tutti i casi simulati il gradien-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 16 12/02/2013 10:45:37



11. Scenario 1c. Batimetria della laguna di Venezia al 2002 modificata con il sollevamento calcolato a 10 anni. I pozzi di iniezione sono evidenziati in rosso

te massimo risulta inferiore a 5×10^{-5} (ovvero 5 mm ogni 100 m) nell'intera area lagunare interessata dall'intervento; negli scenari *base* (*scenario 1a* e *scenario 2a*) il gradiente all'interno della circonferenza descritta dai pozzi di iniezione, e quindi in tutta Venezia, è pari a circa 1×10^{-5} (cioè 1 mm ogni 100 m); l'ottimizzazione delle pressioni in iniezione (*scenario 1b*, *scenario 1c* e *scenario 2b*) permette di ridurre ulteriormente il gradiente dello spostamento nel centro storico fino a 0.1×10^{-5} (0.1 mm ogni 100 m).

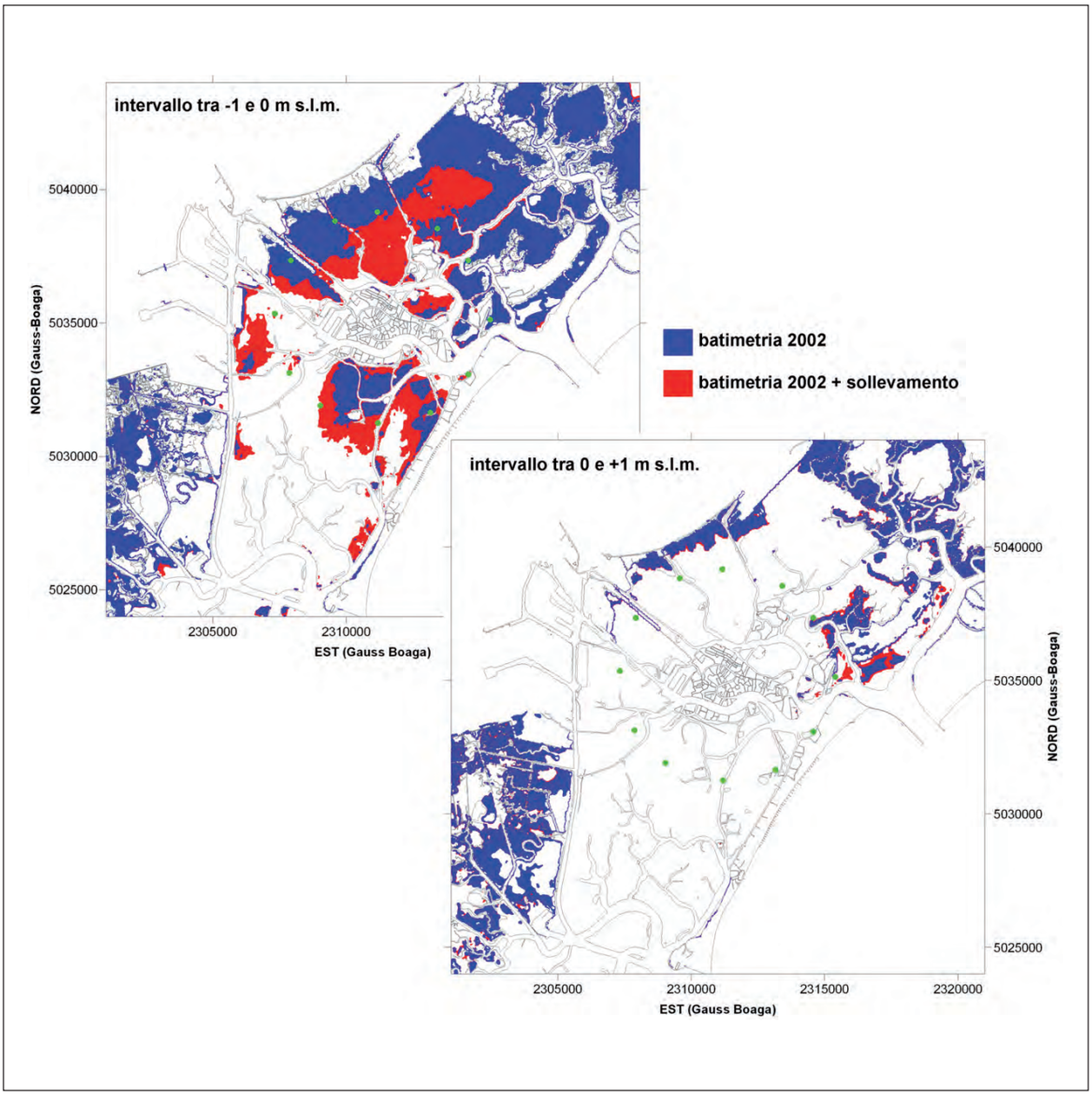
I risultati modellistici sono stati confrontati con alcuni valori di riferimento generali o specifici della città lagunare.

Distorsioni massime ammissibili per strutture di superficie (5×10^{-5}). I risultati delle simulazioni indicano quindi che l'innalzamento atteso produce spostamenti differenziali massimi ovunque inferiori a tale limite, ben più di due ordini di grandezza in Venezia.

Cedimenti differenziali (fino a 10×10^{-5}) sperimentati dalla città lagunare negli anni 1960 a causa dei prelievi d'acqua di falda nell'area industriale di Porto Marghera. Non è mai stato riportato di danni strutturali subiti dagli edifici storici del centro urbano dovuti a tali movimenti differenziali che sono ben maggiori di quelli attesi a seguito del sollevamento antropico.

Cedimenti differenziali (fino a 100×10^{-5}) che localmente la città sta sopportando in questi ultimissimi anni. L'analisi di misurazioni SAR ha evidenziato come la città sia oggi generalmente caratterizzata da spostamenti differenziali limitati, paragonabili a quelli calcolati negli scenari in cui è stata ottimizzata la distribuzione delle pressioni ai pozzi di iniezione. Elevati spostamenti differenziali sono stati evidenziati localmente, per singoli gruppi di edifici, a seguito di lavori di ristrutturazione e/o eterogeneità del sottosuolo. Non è comunque mai stato ri-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 17 12/02/2013 10:45:38



12. Scenario 1c. Variazione areale (in rosso) dei bassifondi con quota tra -1 e 0 metri s.l.m. (a) e delle aree emerse con quota tra 0 e 1 metri s.l.m. (b) ottenuta modificando la batimetria lagunare del 2002 (in blu) con il sollevamento calcolato a 10 anni. I pozzi sono evidenziati in verde

portato di danni strutturali rilevanti agli edifici della città a seguito di questi elevati spostamenti differenziali.

Effetto dell'innalzamento sulla morfologia lagunare

Un'ultima analisi è stata condotta per valutare l'effetto del sollevamento sulla batimetria e sulla morfologia lagunare. L'effetto del sollevamento sulla batimetria dipende in primo luogo dall'entità del sollevamento stesso e dalla profondità del fondale che viene sollevato: è ovvio infatti che, un innalzamento di alcune decine di cm di un canale lagunare profondo 2 m è senza dubbio di minore interesse del sollevamento di 10 cm di un bassofondo di 0.5 m.

Una rappresentazione grafica riassuntiva del prodotto del sollevamento sulla batimetria e morfologia nell'area lagunare circostante Venezia

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 18 12/02/2013 10:45:38

è stata analizzata per lo *scenario 1c* e lo *scenario 2b* utilizzando come riferimento la batimetria lagunare del 2002.
Si è valutato quale potrebbe essere l'impatto del sollevamento sulle forme morfologiche lagunari più sensibili, ovvero quelle a quota prossima al medio mare (barene e bassifondi). I risultati mostrano come varia per effetto del sollevamento l'estensione areale delle forme morfologiche a quota superiore al medio mare e di quelle comprese tra -1 e 0 m s.l.m. Se l'estensione delle aree a quota positiva aumenta in modo molto contenuto, la superficie dei bassifondi si allarga in modo significativo tutt'intorno alla città. L'aumento è maggiore con lo *scenario 1c* in quando l'area interessata dal sollevamento nella configurazione a 12 pozzi è più ampia.
In conclusione, i risultati confermano che l'iniezione d'acqua di mare negli acquiferi salati profondi sotto la laguna veneta può produrre un innalzamento della città lagunare di 25-30 cm; tale valore di innalzamento è ottenuto in tutti gli scenari simulati; benché le geometrie degli acquiferi siano molto complesse, l'ottimizzazione della pressione di iniezione nei diversi pozzi consente di ottenere un sollevamento della città lagunare assolutamente uniforme con spostamenti differenziali trascurabili in relazione alla sicurezza statica dell'edificato storico della città lagunare.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 19 12/02/2013 10:45:38

MAV progetto Terra v4.indd 20 12/02/2013 10:41:39

Il trasporto solido dalla laguna al mare in differenti scenari di livelli marini e di uso dei mezzi di regolazione delle maree

Coordinatore del progetto Luca Zaggia, ISMAR-CNR

Gruppo di ricerca Valentina Defendi, Christian Ferrarin, Giuliano Lorenzetti, Giorgia Manfè ISMAR-CNR; Franco Arena, Miroslav Gacic OGS

La presenza di nuove strutture all'interno delle bocche di porto e di nuove opere aggettanti nel tratto di mare antistante la Laguna di Venezia ha creato un nuovo assetto morfologico rendendo di fatto indispensabile un aggiornamento delle conoscenze sulle interazioni fra l'idrodinamica e il trasporto nell'area costiera interessata dagli interventi. Alla luce delle diverse evidenze sperimentali e delle simulazioni teoriche, la definizione della dinamica di questi fenomeni, delle interazioni complesse fra le diverse forzanti e degli effetti del moto ondoso, assume un ruolo fondamentale nell'ambito della salvaguardia dell'ambiente lagunare e delle aree costiere adiacenti, anche dal punto di vista della gestione futura dello stesso sistema MOSE.

L'obiettivo principale del progetto è l'approfondimento delle interazioni fra morfologia e idrodinamica nelle aree oggetto di intervento. Lo studio si è inserito nella fase di realizzazione di importanti trasformazioni morfologiche e idrauliche, in grado di interagire con i meccanismi di trasporto di sedimenti lungo la costa e di scambio di materiale solido fra la laguna e il mare aperto. L'attività del progetto si è quindi focalizzata sullo studio dell'idrodinamica e dei processi di trasporto dei sedimenti attraverso i canali delle bocche lagunari e delle interazioni fra i sistemi delle bocche e il trasporto nelle zone costiere adiacenti, assicurando anche in questo modo una continuità con indagini precedentemente svolte con il coordinamento di CORILA, da CNR-ISMAR, OGS, ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale), e ICPSM (Istituzione Centro Previsioni e Segnalazione Maree, Comune di Venezia). Parallelamente alle indagini sperimentali, sono stati condotti studi integrati da modelli matematici, i quali hanno permesso di stimare la quantità di sedimento trasportato al fondo rispetto a quello trasportato in sospensione contribuendo alla definizione di un riferimento recente da porre in relazione alle tendenze evolutive del passato.

Le fasi del progetto di ricerca

Lo studio si articola in due attività principali: una parte sperimentale, finalizzata alla caratterizzazione dell'idrodinamica e del trasporto in sospensione, e una parte modellistica in cui si utilizzano i dati sperimentali per la calibrazione e validazione degli strumenti di simulazione numerica. Le due parti dello studio non sono consecutive, ma sono state sviluppate in maniera integrata in modo che i dati sperimentali resi disponibili dalle attività in campo consentissero di affinare progressivamente le capacità predittive degli strumenti previsionali.

Si è ritenuto indispensabile estende-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 21 12/02/2013 10:45:39

re il livello delle conoscenze relativamente alla circolazione al di fuori delle bocche di porto. Per varie ragioni, le conoscenze pregresse sull'idrodinamica si riferivano prevalentemente al canale di bocca e solo saltuariamente era stata investigata nel dettaglio la circolazione nelle zone esterne. Si è cercato, per quanto possibile, di acquisire informazioni sia in condizioni paragonabili alle situazioni più frequenti, in assenza di perturbazioni, sia in corrispondenza di eventi meteomarini o delle fasi immediatamente successive agli stessi.

Caratterizzazione del trasporto litoraneo e in sospensione tra laguna e mare

L'obiettivo principale di questa attività è l'indagine sperimentale, attraverso l'impiego di profilatori acustici ad effetto Doppler (ADCP), del trasporto di sedimenti attraverso le bocche lagunari, con particolare rilievo alle interazioni tra il sistema delle bocche e il trasporto litoraneo. Per ognuna delle campagne di misura, un'imbarcazione equipaggiata con un ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), ha effettuato percorsi prestabiliti nell'area circostante le tre bocche di porto della Laguna di Venezia e nelle sezioni interne al canale di bocca acquisendo i valori di velocità e direzione della corrente e *backscatter* acustico (segnale di ritorno) lungo il profilo verticale. I dati acustici raccolti nelle diverse campagne di misura effettuate durante il progetto sono stati utilizzati, dopo opportuna calibrazione, per determinare la distribuzione spaziale della concentrazione del particellato solido sospeso in corrispondenza delle sezioni di alloggiamento dei correntometri fissi alle tre bocche di porto e lungo i percorsi eseguiti in mare, nella zona antistante le bocche.
I campioni d'acqua, raccolti a quote prefissate lungo la colonna d'acqua mediante un campionatore a rosetta montato sull'imbarcazione di misura servono per la determinazione in laboratorio, con metodo gravimetrico, della concentrazione del particellato solido sospeso. I profili verticali di temperatura e salinità, eseguiti mediante sonda multiparametrica abbinata al campionatore, sono necessari per la successiva derivazione delle variabili che influiscono sulla propagazione del suono e sulla sua attenuazione nella colonna d'acqua.
Dall'attività di acquisizione e di elaborazione derivano delle matrici di dati di velocità della corrente e di concentrazione del materiale sospeso lungo la sezione o il percorso di misura che, opportunamente rappresentate, evidenziano la configurazione del campo di velocità o la distribuzione del carico in sospensione.

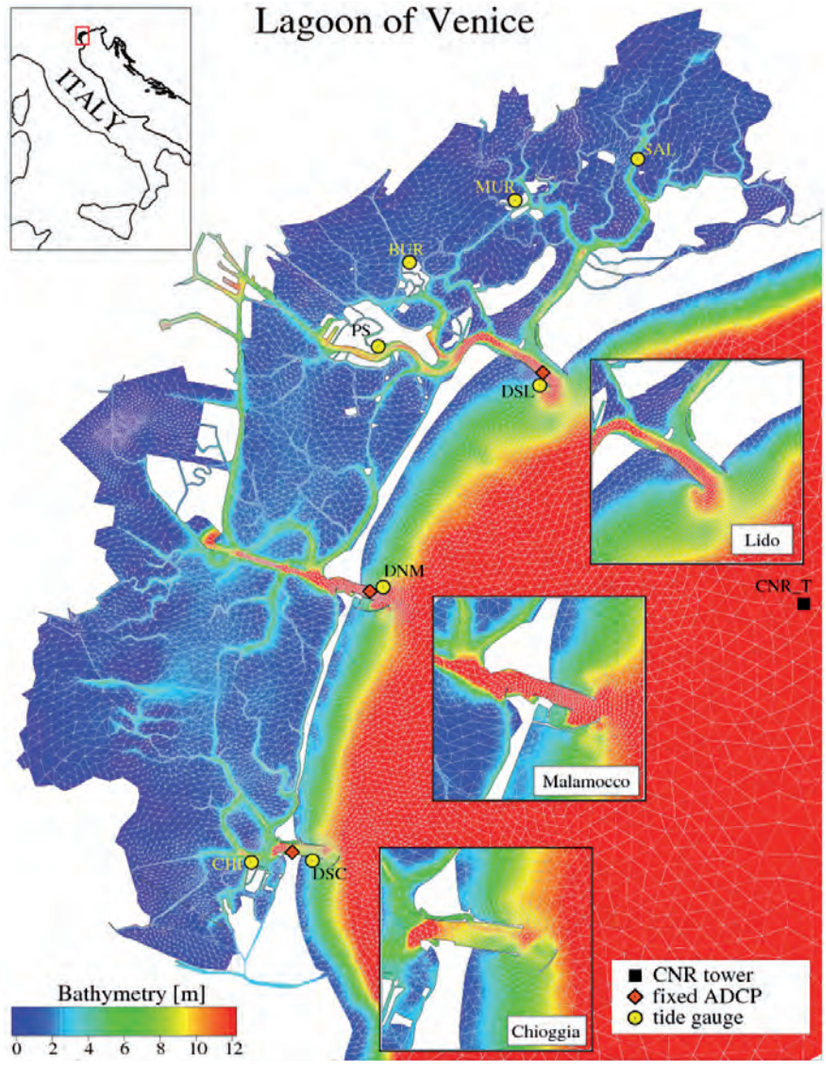
Monitoraggio del trasporto solido nelle stazioni a mare

Per ottenere informazioni sul trasporto, anche durante il verificarsi di eventi meteo-marini di forte intensità, nella seconda fase del progetto sono stati installati dei correntometri elettromagnetici autoregistranti in due stazioni posizionate in mare aperto, nelle aree immediatamente a nord dei moli foranei di Lido e Malamocco.

Strumenti modellistici

I modelli numerici utilizzati nell'indagine sono: un modello idrodinamico ad elementi finiti, un modulo di dispersione e diffusione degli inquinanti, un modello di onde spettrale agli elementi finiti e un modello di trasporto dei sedimenti.
Il modello accoppiato idrodinamica-onde, nella versione 2D, è stato in precedenza applicato in Laguna di Venezia e in Mar Adriatico.
Il modello agli elementi finiti è un modello tridimensionale alle equazioni primitive, basato sulle equazio-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 22 12/02/2013 10:45:39



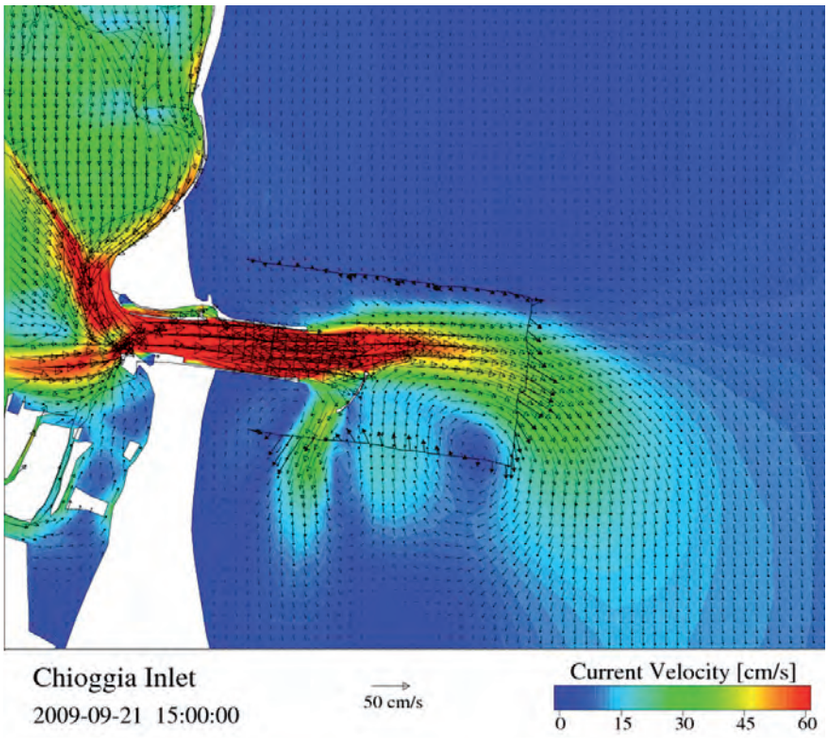
1. Griglia di calcolo e batimetria della Laguna di Venezia. È indicata la posizione dei mareografi (cerchi gialli), la Piattaforma Oceanografica Acqua Alta (quadrato nero) e gli ADCP fissi alle bocche di porto (rombi rossi)

ni di conservazione della quantità di moto e sull'equazione di continuità.
Il modello spettrale di onde agli elementi finiti descrive l'evoluzione del campo di onde generato dal vento anche in ambienti caratterizzati da basse profondità.
Il modello di trasporto dei sedimenti è un modello numerico uni-dimensionale per lo studio della dinamica dello strato limite al fondo e del trasporto di sedimenti su piattaforme continentali e ambienti costieri.
Il modello del fondo utilizza una griglia tridimensionale, che si sovrappone a quella agli elementi finiti del modello idrodinamico. Il sedimento per ogni classe viene scambiato tra fondo e colonna d'acqua sovrastante tramite erosione e deposizione.
Nelle applicazioni di questo studio è stata utilizzata una griglia accoppiata Laguna di Venezia e parte del Mar Adriatico, agli elementi finiti, avente una risoluzione maggiore nei canali della laguna e nelle bocche di porto. Il modello è stato applicato nella versione 3D, in modo da poter descrivere correttamente la distribuzione verticale delle velocità e dei sedimenti in sospensione alle bocche di porto.

Idrodinamica e trasporto solido alle bocche di porto

I risultati dello studio idrodinamico che combina i dati sperimentali con

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 23 12/02/2013 10:45:39



2. Bocca di porto di Chioggia, settembre 2009. Rappresentazione del campo di velocità simulato dal modello di circolazione sulla base dei dati acquisiti in corrispondenza dello stesso intervallo temporale. La linea scura sovrapposta allo schema della circolazione individua il percorso del transetto effettuato con l'ADCP montato sull'imbarcazione. Sono riportati sul transetto i vettori che rappresentano il valore della velocità media lungo la verticale in ciascun punto del transetto

le simulazioni modellistiche ha rivelato l'esistenza di situazioni particolarmente interessanti, per quanto riguarda l'interazione del getto uscente dalla Laguna di Venezia con la circolazione nella zona costiera. In figura 2 è visualizzata la configurazione del flusso uscente alla bocca di Porto di Chioggia, dove all'epoca delle indagini sperimentali era già presente il molo foraneo denominato lunata, posto a protezione delle opere mobili per la difesa dalle acque alte.

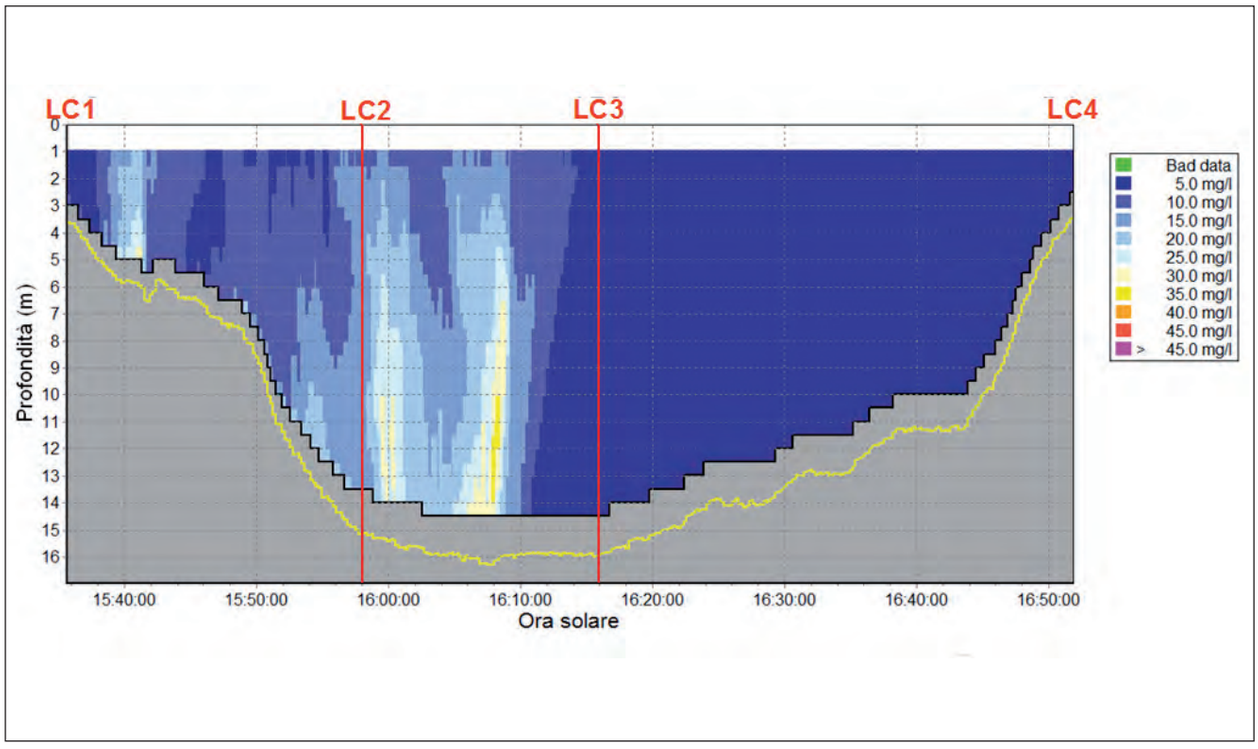
Si osserva come in queste condizioni il campo di velocità calcolato dal modello idrodinamico corrisponda in modo piuttosto soddisfacente ai risultati delle misure, rivelando anche le strutture vorticose a piccola scala, che si instaurano in corrispondenza del getto uscente dal canale principale, a nord della lunata, e dal getto secondario, che dalla lunata scorre in direzione sud. Le velocità di corrente misurate nel getto secondario sono confrontabili con quelle misurate nel getto principale. In condizioni di forte vento dal quadrante di bora l'entità del flusso del getto secondario può aumentare in maniera rilevante, influendo significativamente sulla circolazione del litorale immediatamente adiacente al molo a sud della bocca di porto.

Si evidenzia anche la presenza di una regione interessata da valori relativamente elevati del carico sospeso in prossimità del getto secondario. L'attuale configurazione del campo di corrente è, quindi, in grado di indirizzare verso il litorale a sud della bocca le acque di origine lagunare con il relativo carico di particellato organico ed inorganico, influenzando, quindi, la qualità delle acque costiere.

Il profilo batimetrico rilevato dall'ADCP evidenzia inoltre la presenza di un'incisione originata dalla corrente del getto uscente sul fondale che è quindi in grado di movimentare i materiali del fondale in corrispondenza della base della lunata.

Altrettanto interessanti sono i risultati ottenuti per le altre due bocche di porto, sia in condizioni di marea calante sia in condizioni di marea cre-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 24 12/02/2013 10:45:39



3. Bocca di porto di Chioggia, settembre 2009. Distribuzione spaziale (in alto) e andamento medio sulla verticale (in basso) della concentrazione del particellato solido sospeso lungo il percorso in mare. I punti LC2 e LC3 individuano gli spigoli della forma sottesa dal transetto. Nell'immagine superiore la linea gialla rappresenta la traccia del fondale

scente. In particolare, per la bocca di porto di Lido è interessante confrontare la configurazione del flusso riscontrata nel periodo di osservazione con quella del periodo successivo alla costruzione del relativo molo foraneo, le cui caratteristiche sono molto simili a quelle della struttura realizzata nella bocca di porto di Chioggia.

Simulazioni modellistiche

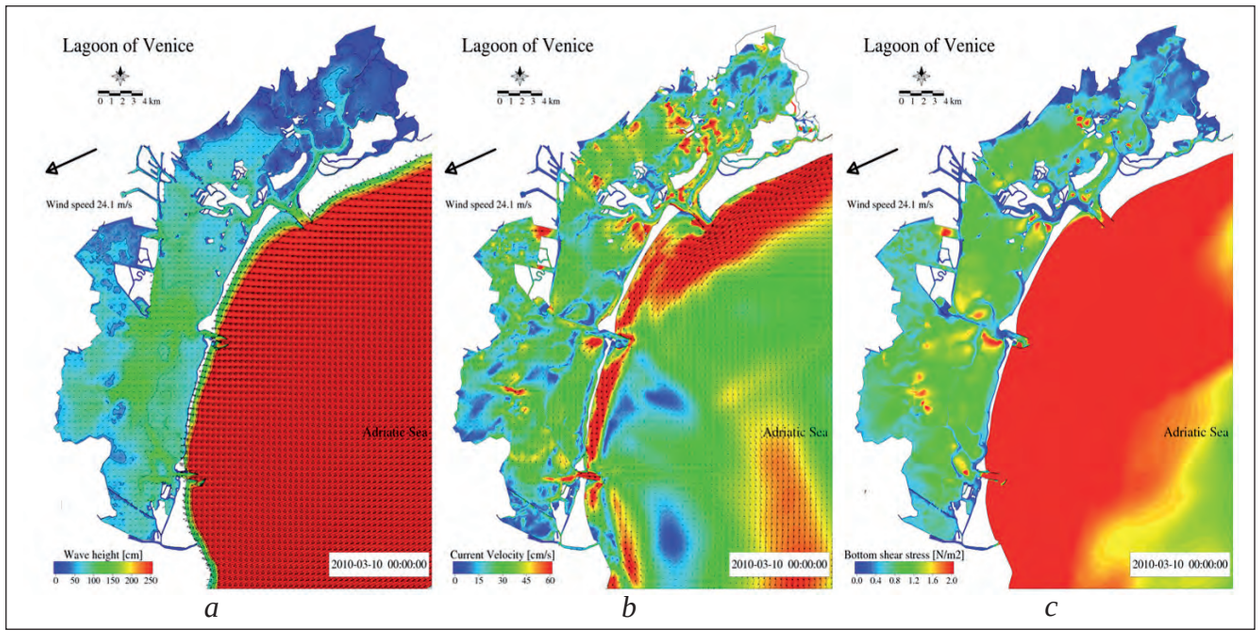
Le velocità della corrente e i valori del trasporto solido in sospensione calcolati dal modello sono state confrontate con le misure acquisite dall'ADCP fisso alla bocca di Lido. Per quanto riguarda il trasporto sul fondo, i risultati del modello sono stati confrontati con misure in campo di trasporto solido effettuate alle bocche di porto di Lido e Chioggia.

Trasporto solido

Il modello riproduce l'andamento dei solidi sospesi, caratterizzato da picchi con alte concentrazioni in marea uscente. Tuttavia le concentrazioni stimate dal modello risultano essere inferiori a quelle misurate dall'ADCP. Questo è dovuto in parte al fatto che il modello simula solo la componente inorganica del sedimento, mentre l'ADCP misura anche la parte organica in sospensione. Il modello fornisce inoltre una stima del trasporto solido al fondo.

Nell'ambito di questo studio di simulazione modellistica è stata utilizzata anche l'analisi degli effetti degli eventi meteomarini di forte intensità. Le misure idrodinamiche in corrispondenza ad eventi significativi sono state effettuate nella fase terminale di fenomeni caratterizzati da forte vento di Bora (proveniente da NE). Tra gli eventi verificatisi durante il progetto è stato scelto per l'analisi modellistica un evento dell'11 marzo 2010, in quanto esso rappresenta una situazione estrema in termini di intensità del vento. L'altezza dell'onda massima registrata alla piattaforma oceanografica CNR al largo del litorale veneziano ha raggiunto valori di picco superiori a 6 m tra il 9 e il

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 25 12/02/2013 10:45:40



4. Mappa dell'onda significativa (a), della corrente (b) e dello stress al fondo (c) calcolato dal modello durante il picco dell'evento del 11 marzo 2010

10 marzo.

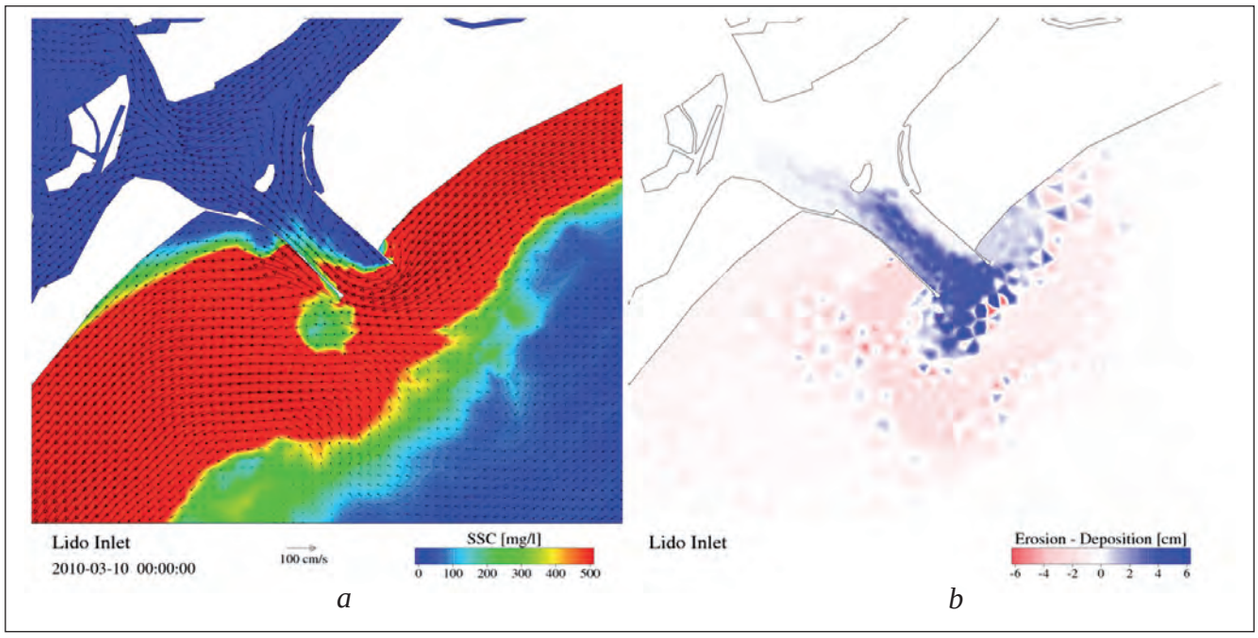
In queste condizioni si generano dinamiche estreme nella zona costiera e all'interno della laguna. Il campo dell'altezza d'onda significativa (figura 4a) mostra valori superiori a 80 cm nella zona centrale della laguna e superiori a 2.5 metri nella zona antistante il litorale veneziano. Vento e onde generano nella zona litoranea una forte corrente lungo costa avente intensità superiore a 1 m s^{-1} e diretta verso sud (figura 4b). All'interno della laguna la corrente ha direzione prevalente sud-ovest. Durante la fase più intensa dell'evento lo stress al fondo generato da onda e corrente assume valori dell'ordine di 1 N m^{-2} all'interno della laguna e superiori a 2 N m^{-2} nella zona litoranea. Tali valori di stress al fondo consentono di sospendere e mantenere in sospensione sia i sedimenti fini presenti in laguna sia i sedimenti sabbiosi che caratterizzano la fascia costiera.

Il vento di Bora induce una circolazione residua all'interno della Laguna di Venezia da NE verso SO, che favorisce il flusso entrante alla bocca di porto di Lido e uscente alla bocca di porto di Chioggia. Dalle simulazioni numeriche svolte risulta che durante l'evento che ha preceduto le misure dell'11 marzo alla bocca di porto di Lido i flussi d'acqua sono sempre entranti e alla bocca di porto di Chioggia sono sempre uscenti.

Al fine di tracciare il comportamento del carico in sospensione è stata effettuata una simulazione numerica della durata dell'evento, considerando la presenza di sedimenti solo nella zona litoranea.

I risultati delle simulazioni sono riportati in figura 5 come concentrazione dei sedimenti sospesi nell'istante del picco di intensità dell'evento (con sovrapposte le frecce che indicano la velocità e la direzione della corrente) e come evoluzione batimetrica (differenza tra erosione e deposizione). I sedimenti sabbiosi di origine marina vengono trasportati in sospensione fino all'interno della bocca di porto di Lido oltre l'isola artificiale, ma non oltrepassano l'inizio del canale di San Nicolò e Punta Sabbioni nel Canale di Treporti (figura 5a). La figura 5b descrive la variazione batimetrica risultante dal trasporto dei sedimenti sia in sospensione che al fondo integrato per la durata dell'evento. An-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 26 12/02/2013 10:45:40



5. Evento dell'11 marzo 2011. Concentrazione di sedimenti sospesi e velocità della corrente durante il picco dell'evento (a); evoluzione morfologica del fondo (b)

che da questa elaborazione emerge che i sedimenti trasportati dal mare tendono ad accumulare principalmente all'interno della bocca di porto dalla quale sono eventualmente rimossi e ridistribuiti dalle correnti di marea, particolarmente in condizioni di sizigie.

Le misure effettuate in coda all'evento sopra descritto non mostrano la presenza sostanziale di sedimenti sabbiosi in sospensione per il fatto che le acquisizioni sono state eseguite quando il sedimento era ormai ridepositato al fondo. Tuttavia i valori di concentrazione e di velocità della corrente registrati nella postazione fissa LIM durante un evento simile a quello utilizzato per la simulazione (2-3 Novembre 2011) mostrano che le concentrazioni fino alla batimetrica 9 m, che corrisponde alla profondità alla testata dei moli della bocca di porto di Lido, possono raggiungere valori molto elevati, confrontabili con quelli calcolati dal modello. Anche le velocità della corrente litoranea raggiungono valori dell'ordine del m s^{-1}. Corrispondentemente il flusso solido stimato sulla base dei dati dell'evento di Novembre 2011 in una sezione corrispondente al segmento nord del transetto esterno alla bocca di Lido (6500 m^2) può raggiungere valori dell'ordine dei 100×103 m^3 nella durata dell'evento.

Dispersione di un tracciante conservativo e tempi di residenza

Al fine di valutare gli effetti indotti dalla nuova configurazione delle bocche di porto sono state effettuate alcune simulazioni numeriche di dispersione di un tracciante inerte, assimilabile a una sostanza conservativa disciolta, inizialmente rilasciato nell'acqua della laguna.

Dall'analisi dell'evoluzione della concentrazione di una sostanza disciolta è possibile passare al calcolo dei tempi di residenza. Comunemente con questo termine si intende il tempo passato da una singola particella d'acqua all'interno di una determinata riserva. Nel caso specifico della Laguna di Venezia, il tempo di residenza è stato definito come il tempo necessario perché una sostanza conservativa disciolta nell'acqua si riduca di un fattore e dal suo valore iniziale. I tempi di residenza della Laguna di Venezia dipendono dalle condizio-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 27 12/02/2013 10:45:40

ni meteomarine che agiscono sul sistema. In situazioni di calma, la sola azione della marea determina un tempo di residenza medio della laguna superiore ad un mese. L'azione del vento in generale aumenta il rimescolamento delle acque e diminuisce il tempo di residenza della laguna; con vento di Scirocco il tempo di residenza è di circa 15 giorni, mentre con vento di Bora il tempo di residenza è di circa 4 giorni.
Questo approccio è stato applicato all'analisi delle variazioni dei tempi di residenza in relazione a tre aspetti fondamentali per la salvaguardia della laguna dalle acque alte: le variazioni dovute alle modificazioni morfologiche alle bocche di porto, la variazione indotta dalla chiusura temporanea delle bocche durante un evento di acqua alta, la variazione negli scenari di innalzamento del livello marino previsto a lungo termine.

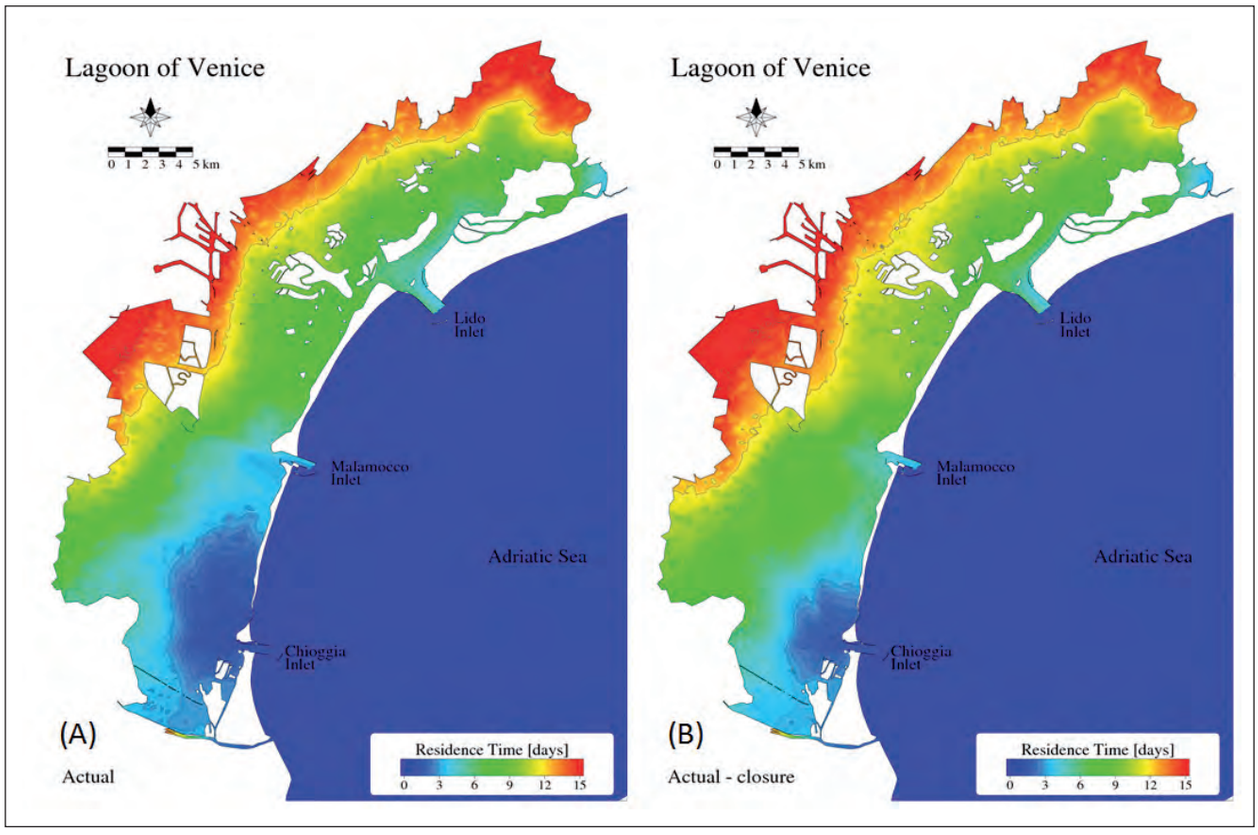
Influenza delle trasformazioni morfologiche alle bocche di porto

Al fine di valutare l'impatto della nuova conformazione delle bocche di porto sono state svolte due simulazioni che utilizzano griglie di calcolo che rappresentano la configurazione post e ante operam delle bocche di porto. La griglia di calcolo della situazione post operam considera la configurazione finale delle bocche di porto, con anche la lunata alla bocca di porto di Lido. In queste simulazioni sono stati utilizzati forzanti reali relative all'anno 2002 e si è effettuato il calcolo del tempo di residenza per ogni stagione. I risultati sono presentati come media delle quattro repliche della durata di 3 mesi ciascuna.
Il tempo di residenza medio della laguna per la configurazione ante operam risulta essere di 10.62 giorni, mentre post operam risulta essere di 11.17 giorni. La variazione del tempo di residenza dovuto solamente alla diversa conformazione delle bocche di porto è quantificato in +0.55 giorni, corrispondente ad un incremento di circa il 5%.
L'aumento del tempo di residenza è quindi dovuto solo in parte alla variazione dei flussi tra laguna e mare. Tale incremento dei tempi di residenza sembra essere principalmente dovuto alla variazione della circolazione idrodinamica nella zona delle bocche di porto, che nella configurazione post operam comporta un maggiore ritorno di sostanza esportata in mare.
Il tasso di ritorno risulta essere del 9% nella situazione ante operam e del l'11.2% nella situazione post operam. Questo significa che, a parità di concentrazione presente in laguna, nello scenario post operam una maggiore quantità di sostanza trasportata in mare rientra in laguna rispetto alla situazione ante operam.

Influenza della chiusura delle bocche di porto

La chiusura delle bocche di porto durante gli eventi di "acqua alta" è stata simulata aumentando il coefficiente di attrito e la viscosità turbolenta in una fascia delle bocche di porto dove saranno posizionate ed opereranno le barriere mobili. La griglia di calcolo di queste simulazioni considera la configurazione finale delle bocche di porto. È stato ipotizzato in questo studio che la chiusura delle bocche di porto avvenga durante gli eventi in cui il livello supera la quota di 110 cm a Venezia Punta Salute e che le paratie rimangano chiuse mentre tale livello è compreso in un intervallo tra 90 e 110 cm.
Le simulazioni del tempo di residenza si riferiscono alla seconda metà del mese di Novembre 2002, periodo in cui si sono verificati 7 eventi con livello superiore alla quota di 110 cm.
Al fine di verificare gli effetti della

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 28 12/02/2013 10:45:40



6. Distribuzione spaziale dei tempi di residenza calcolati dal modello senza (a) e con (b) chiusura delle bocche di porto durante gli eventi di acqua alta

chiusura delle bocche di porto è stata effettuata anche una simulazione senza l'utilizzo delle barriere mobili.
Per l'azione della marea i tempi di residenza variano in funzione della distanza dalle bocche di porto. La loro distribuzione spaziale è caratterizzata da valori minori nella zona delle bocche di porto e man mano crescenti verso la gronda lagunare. Il vento di scirocco, che caratterizza questo periodo con picchi superiori ai 20 m s^{-1}, genera una intensa circolazione residua diretta lungo l'asse principale della laguna, che muove le masse d'acqua della parte sud verso la parte centrale della laguna. L'azione del vento aumenta notevolmente il rimescolamento delle acque e del tracciante all'interno del bacino lagunare, anche nelle zone prossime alla gronda dove l'influenza della marea è minore. Ne consegue che i tempi di residenza hanno valori inferiori nel sottobacino di Chioggia rispetto agli altri sottobacini (figura 6a). Il minore scambio di acqua tra laguna e mare dello scenario con chiusure delle bocche di porto durante gli eventi di acqua alta, rispetto allo scenario di riferimento, porta a un aumento dei tempi di residenza, soprattutto nella zona centrale della laguna (figura 6b).
In media il tempo di residenza della situazione di riferimento è di 8.4±22.1 giorni, mentre per la situazione con le chiusure delle bocche di porto è di 9.6±21.8 giorni. L'aumento del tempo di residenza è quindi di 1.4 giorni, corrispondente ad un incremento del 15 %.

Scenari di innalzamento del livello del mare

Al fine di analizzare l'effetto dell'innalzamento del livello marino a breve-medio termine sui tempi di residenza sono state effettuate 3 simulazioni con innalzamento del li-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 29 12/02/2013 10:45:40

vello di 10, 20 e 30 cm rispettivamente. In tutte queste simulazioni è stata ipotizzata la chiusura delle bocche di porto in corrispondenza degli eventi con livello superiore ai 110 cm.
All'aumento del livello marino consegue una diminuzione dello scambio d'acqua tra laguna e mare e quindi anche un aumento del tempo di residenza in laguna. Il tempo di residenza medio della laguna risulta essere di 9.6 giorni nella situazione di riferimento, di 10.9 giorni con innalzamento del livello di 10 cm, di 12.2 giorni con innalzamento di 20 cm e di 12.7 giorni con innalzamento di 30 cm. L'aumento del tempo di residenza all'aumentare dell'innalzamento del livello medio del mare risulta evidente anche dall'analisi di frequenza dei tempi di residenza interni alla laguna che mostra come il picco di maggior frequenza del tempo di residenza si sposti verso valori maggiori.
Dall'analisi della distribuzione spaziale del tempo di residenza nei diversi scenari risulta che il tempo di residenza aumenta significativamente soprattutto nella zona centrale della laguna, mentre nella parte settentrionale i tempi di residenza diminuiscono all'aumentare del livello del mare. Questo fenomeno apparentemente contrastante è più in relazione alla dinamica degli apporti d'acqua dolce nel bacino a nord che alla dinamica degli scambi alla bocca di porto di Lido.

Conclusioni

L'approccio integrato adottato in questa ricerca ha consentito di analizzare il comportamento idrodinamico del sistema laguna-litorali e i tempi di residenza all'interno della Laguna di Venezia in diversi scenari, che considerano l'evoluzione morfologica recente delle bocche di porto, la loro chiusura attraverso l'utilizzo delle opere mobili e il futuro innalzamento del livello del mare.
Per quanto riguarda le interazioni fra l'idrodinamica e la morfologia il nuovo assetto determinato dalle modificazioni introdotte nelle aree delle bocche di porto della Laguna di Venezia influisce in maniera evidente sull'idrodinamica locale e sulle interazioni del getto uscente dalle bocche di porto con la circolazione costiera. Per le sue caratteristiche il getto secondario presente nella bocca di porto di Chioggia e più recentemente, in seguito al completamento del molo foraneo (lunata), anche nella bocca di porto di Lido, può influenzare le caratteristiche di qualità dell'acqua del litorale a sud della bocca. Queste evidenze si possono ragionevolmente estendere anche alla bocca di porto di Malamocco nella prospettiva futura della rimozione dell'area di cantiere di S. Maria del mare e il ripristino dell'originario aspetto del litorale.
Per quanto riguarda gli effetti delle opere sull'idrodinamica tutti i fattori di cambiamento considerati nelle simulazioni comportano un aumento del tempo di residenza della sostanza conservativa in Laguna di Venezia. Le simulazioni evidenziano alcune modificazioni principali:
• le trasformazioni morfologiche alle bocche di porto e la presenza delle lunate esternamente alle stesse comportano un moderato aumento del tempo di residenza in seguito all'aumento del flusso di ritorno delle acque lagunari all'interno del bacino;
• la chiusura delle bocche di porto determina ovviamente una diminuzione degli scambi tra laguna e mare che porta ad un conseguente aumento del tempo di residenza;
• all'aumentare del livello del mare negli scenari ipotizzati il volume della laguna aumenta. Tale aumento di volume risulta essere in proporzione maggiore dell'aumento dei flussi alle bocche di porto, per cui aumenta il tempo di residenza.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 30 12/02/2013 10:45:40

Scenario	Innalzamento	Numero di eventi > 110 cm	Numero di ore di chiusura
SLR-00	0	7	39
SLR-10	10 cm	10	60
SLR-20	20 cm	16	114
SLR-30	30 cm	25	183

7. Simulazioni effettuate per investigare l'effetto dell'innalzamento del livello marino sui tempi di residenza. Il numero di eventi e il numero di ore di chiusura delle bocche di porto sono stati calcolati nel mese di novembre

È presumibile che le modificazioni introdotte nel nuovo assetto delle bocche di porto abbiano ripercussioni sui cicli di nutrienti e inquinanti, sul tasso di mineralizzazione della sostanza organica e la produzione primaria. Diversi studi pubblicati nella letteratura scientifica evidenziano infatti una correlazione fra i tempi di residenza e questi aspetti fondamentali dei cicli biogeochimici.

I risultati delle simulazioni suggeriscono infine una diminuzione della perdita netta di sedimenti fini e sostanza organica dalla laguna al mare. Questa variazione sarebbe giustificata principalmente da tre fattori:

• all'aumentare del tempo di residenza aumenta il tempo a disposizione per i sedimenti per ridepositarsi nei fondali della laguna;

• all'aumentare del tasso di ritorno aumenta la quantità di sedimenti fini che ritorna all'interno della laguna;

• la diminuzione dello scambio liquido tra laguna e mare dovuto alle chiusure delle bocche di porto comporta anche una diminuzione del trasporto solido.

Il primo ed il secondo fattore influenzano sempre il trasporto solido, mentre il terzo è effettivo solo in corrispondenza alla chiusura delle bocche di porto al verificarsi di fenomeni significativi di acqua alta.

I risultati ottenuti nell'ambito di questo studio rappresentano un primo approccio allo studio degli effetti delle trasformazioni in atto sulla morfodinamica del sistema lagunalitorali ed è sicuramente opportuno che le osservazioni sperimentali continuino insieme alle valutazioni modellistiche nell'immediato futuro soprattutto per quanto riguarda le interazioni gli scambi alle bocche e il trasporto litoraneo. L'indagine ha infatti considerato un periodo in cui le trasformazioni erano in corso d'opera e, mentre gli effetti sull'idrodinamica sono facilmente identificabili nel breve periodo, quelli sulla morfologia del fondale, ad esempio, si possono normalmente identificare solo nel medio e lungo periodo. Come evidenziato da queste indagini, i processi di trasporto sono in relazione non solo all'idrodinamica locale, ma anche alla frequenza e intensità degli eventi meteomarini durante i quali possono attivarsi fenomeni temporanei in grado di determinare il trasporto di grandi quantità di sedimento lungo le coste.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 31 12/02/2013 10:45:41

MAV_progetto_Terra_v4a.indd 32 12/02/2013 10:45:41

Conservazione ed evoluzione degli habitat lagunari: effetti dei cambiamenti climatici e delle misure di adattamento

Coordinatore del progetto Fabio Pranovi, DSA-UNIVE

Gruppo di ricerca Elisa Coraci, Anita Franco, Piero Franzoi, Stefano Malavasi, Federico Riccato, Angelo Rubino, Patrizia Torricelli, Georgalas Vyron, Matteo Zucchetta DSA-UNIVE; Tomas Lovato, Roberto Pastres DCF-UNIVE

La tematica dei cambiamenti globali è di estremo interesse in ambito ecologico. Si potrebbe infatti affermare che, allo stato attuale, predire i possibili effetti sulla struttura e sul funzionamento degli ecosistemi rappresenti la principale sfida dell'ecologia.

Tutte le modificazioni ambientali, quali aumento della temperatura media sulla superficie terrestre (tra 1,4 e 5,7°C, entro il 2100), innalzamento del livello medio del mare, erosione e perdita di habitat, variazioni dei regimi di precipitazione, acidificazione degli oceani, previste dalle recenti stime dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007), avranno infatti notevoli ripercussioni, sia dirette che indirette, sulla struttura e il funzionamento degli ecosistemi terrestri e acquatici.

Evidenze sia teoriche che empiriche mostrano che i cambiamenti climatici globali rappresentano uno dei principali fattori di pressione per gli ecosistemi sia terrestri che marini.

Risulta pertanto fondamentale comprendere e prevedere gli effetti di tali cambiamenti sulla struttura e funzionalità degli ecosistemi marini, a partire dalla variazione nella fenologia delle diverse specie, ossia l'insieme delle relazioni che intercorrono fra il clima e i fenomeni che regolano i cicli vitali degli organismi.

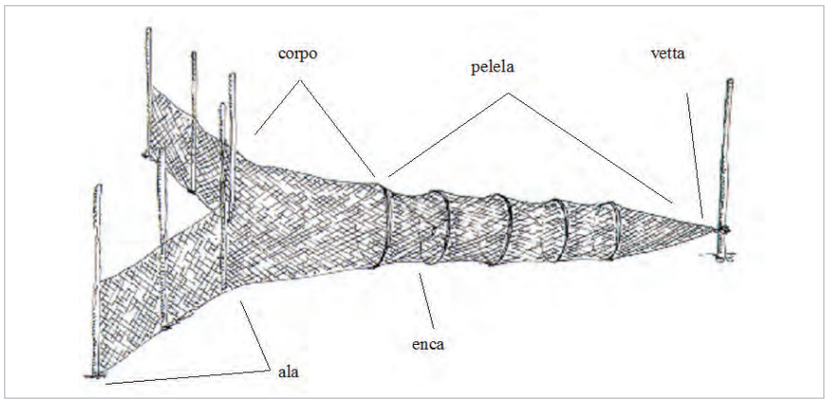
Si stima, ad esempio, che il riscaldamento globale produrrà la contrazione di alcuni biomi marginali ad elevata produttività (quelli localizzati nelle aree di transizione tra ambito terrestre e marino) e un aumento della produzione media globale oceanica (tra 0.7 e 8.1%), pur con ampie variazioni regionali. Come è facilmente intuibile, tutto ciò avrà profonde implicazioni sul funzionamento degli ecosistemi marini, sulla produzione di beni e servizi e, quindi, sulle attività antropiche direttamente connesse, ad esempio la pesca.

Dal momento che struttura e funzionalità di un sistema ecologico dipendono dall'abbondanza, dalla distribuzione geografica, dai cicli biologici e dalle esigenze ecologiche delle singole popolazioni, è possibile predire alcuni rilevanti effetti dei cambiamenti climatici analizzando le modificazioni di queste variabili.

Esperimenti manipolativi e osservazioni a lungo termine possono essere di aiuto per comprendere risposte future di specie e/o sistemi ecologici; tuttavia, l'utilizzo di approcci modellistici si sta proponendo come un valido strumento di supporto per l'analisi dei cambiamenti ai diversi livelli di complessità ecologica.

Emerge quindi con chiarezza l'importanza di disporre di strumenti conoscitivi adatti per analizzare correttamente i possibili effetti dei cambiamenti climatici che interesseranno, nei prossimi decenni, anche la laguna di Venezia. Nel contesto gestionale che si va costruendo, infatti,

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 33 12/02/2013 10:45:41



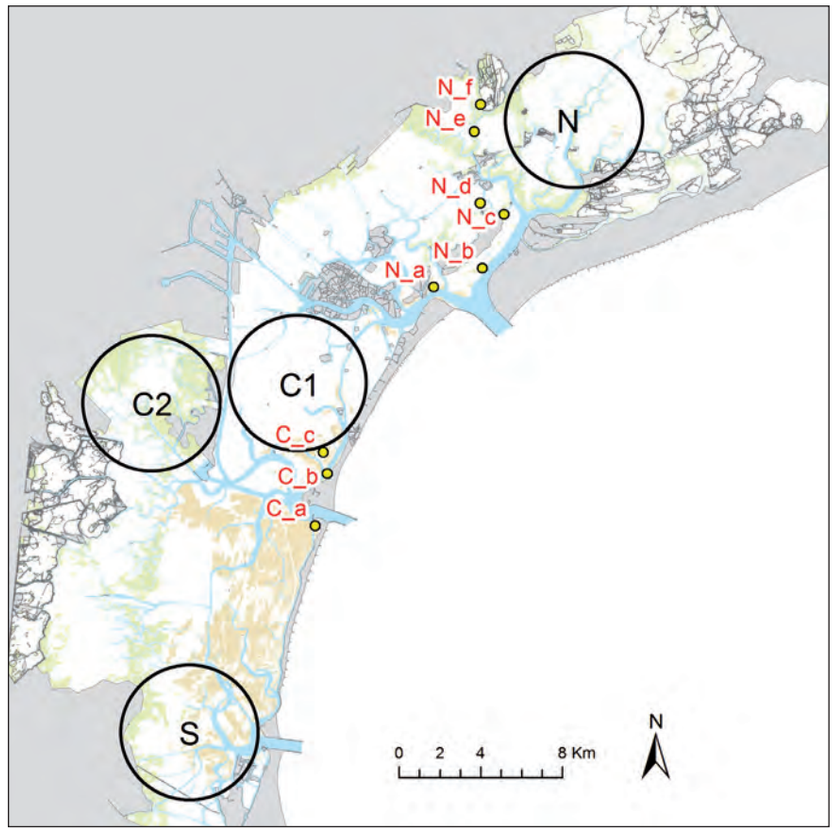
1. Il cogollo o bertovello, strumento di pesca artigianale usato il laguna di Venezia

risulta molto importante una corretta co-gestione degli elementi di funzionalità ecologica con gli usi del territorio e delle risorse, nonché con gli interventi di riassetto morfo-idraulico e di protezione dalle acque alte.
La ricerca ha previsto da un lato l'osservazione dei cambiamenti già in atto nell'ambito dell'ecosistema lagunare, mediante la raccolta di dati sul campo; dall'altro, la costruzione di scenari relativi alle possibili variazioni attese in laguna a seguito dei cambiamenti globali.
Con riferimento alla raccolta di dati biologici, l'attenzione si è focalizzata sul comparto nectonico, in quanto essendo caratterizzata da specie che, generalmente, si localizzano ai livelli trofici superiori, questa componente è in grado di integrare i processi che avvengono ai livelli più bassi della catena trofica.
Le specie appartenenti a questo comparto mostrano, inoltre, un'elevata mobilità spaziale, ad esempio con migrazioni legate al fluttuare dei parametri ambientali (ingresso in laguna per motivi trofico-riproduttivi), tra i quali gioca un ruolo centrale la temperatura; ci si aspetta, quindi, che variazioni del regime termico producano modificazioni dei flussi migratori. Inoltre, sono già descritti in Mediterraneo fenomeni di estensione verso Nord dell'areale di specie nectoniche termofile. Molte specie di interesse alieutico ricadono, infine, in questo gruppo e quindi modifiche della struttura di questo comparto possono avere ripercussioni dirette sulle attività di sfruttamento a fini commerciali.
L'applicazione di un approccio modellistico ha previsto l'utilizzo dei dati di campo come input per l'analisi a diversi livelli di organizzazione gerarchica. Da un lato,si sono analizzati i possibili effetti della variazione del ciclo termico a livello di fenologia della singola specie; dall'altro, mediante l'impiego di modelli di vocazionalità (modelli di propensione del territorio alla presenza di una data specie) si è analizzata la possibile modificazione della distribuzione di diverse specie a seguito della prevista variazione dei parametri ambientali, verificando sia le variazioni in termini di areale, sia anche la funzionalità in termini di nursery dell'intera laguna.

Composizione della comunità nectonica

È stata analizzata la comunità nectonica dei bassofondi lagunari, descrivendone le variazioni stagionali allo scopo di evidenziare modificazioni, in termini di struttura, che possano eventualmente essere ricondotte a variazioni del regime termico.
Nel periodo maggio 2009-novembre 2010 sono state condotte, su base mensile, 19 campagne di campiona-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 34 12/02/2013 10:45:42



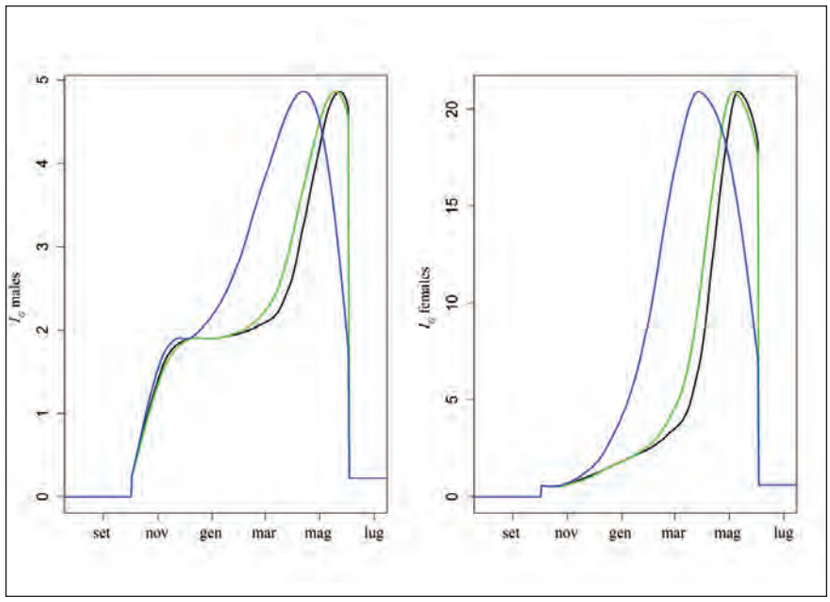
2. Localizzazione delle quattro macroaree lagunari in cui è stato effettuato il campionamento mediante reti fisse e localizzazione delle nove stazioni di campionamento della fauna nectonica sui bassi fondali lagunari mediante tratta da pesce novello

mento, seguendo l'attività di pesca con cogolli (fig. 1) da parte di pescatori professionisti. Complessivamente sono state indagate 4 macroaree, caratterizzate da condizioni ambientali molto diverse tra loro, e ubicate nei tre bacini lagunari (fig. 2).

La pesca tradizionale con reti da posta in laguna di Venezia presenta le caratteristiche di un'attività di tipo "vagantivo". I pescatori infatti, con poche eccezioni, tendono a spostare con una certa frequenza gli attrezzi da pesca in diverse aree, in relazione alla stagione, alla specie target, alle abbondanze delle catture e, non ultimo, alla presenza più o meno massiccia di macroalghe. Durante i mesi più caldi (luglio e agosto), ad esempio, è stato possibile condurre l'attività di monitoraggio in una sola macroarea, dal momento che, a causa delle elevate temperature di una consistente riduzione del pescato, molti pescatori preferiscono sospendere l'attività di pesca, riprendendola in settembre. Allo scopo di ottenere una migliore definizione della comunità nectonica di bassofondo, i dati di cattura con i cogolli sono stati integrati con campagne di campionamento mediante tratta da pesce novello. La diversità, in termini sia di funzionamento che di selettività dei due attrezzi (cogollo e tratta), consente, infatti, di raccogliere dati su porzioni solo parzialmente sovrapposte e dunque complementari della comunità presente nell'area di indagine. Inoltre, il campionamento con tratta, svincolato dall'attività commerciale, offre la possibilità di ubicare le stazioni in relazione a criteri predefiniti, quali differenza in termini di habitat e/o presenza di gradienti ambientali.

La composizione della comunità nectonica mostra una stretta dipendenza dalla stagione e dall'habitat (prateria a fanerogame, piana fangosa, barena), nonché dall'interazione

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 35 12/02/2013 10:45:43



3. Andamento dell'IGS previsto dai modelli in relazione ai gradi giorno simulati attraverso i modello di circolazione dell'acqua. Sono riportate la situazione attuale (curva nera), lo scenario per il 2007, in relazione a una moderata modificazione delle condizioni climatiche (S1; curva verde) e in relazione ad una estrema modificazione delle condizioni climatiche (S2; curva blu), sia per i maschi (sinistra) che per le femmine (destra)

tra essi. È possibile evidenziare come i tre habitat si distinguano in maniera piuttosto netta e come all'interno di questi gruppi ci sia un certo grado di aggregazione tra stazioni campionate nella stessa stagione.

Effetti sul ciclo biologico

Il gobide *Zosterisessor ophiocephalus* (Pallas, 1811), specie tipica della laguna di Venezia e importante bersaglio della pesca artigianale, è stata oggetto di diversi studi pregressi riguardanti il ciclo biologico, la bioenergetica e le strategie riproduttive. Per queste ragioni, essa è stata utilizzata come modello per esplorare le relazioni fra temperatura e ciclo riproduttivo. Nel corso del progetto, sono stati raccolti dati mensili relativi all'investimento riproduttivo di *Z. ophiocephalus*, integrando così una serie di dati dal 1990 al 2010. Tale serie è stata successivamente accoppiata con i profili della variazione della temperatura dell'acqua.

L'investimento riproduttivo medio mensile mostra un elevato livello di variazione inter-annuale, sia nelle femmine (5-15%) che nei maschi (3-6%). Il picco della stagione riproduttiva è risultato essere aprile per le femmine e maggio per i maschi, con il mese di marzo che segna l'inizio della stagione riproduttiva, in coincidenza con una temperatura dell'acqua che mostra valori tra 14 e 15° C. Sulla base della relazione fra gradi-giorno e investimento riproduttivo, è stato sviluppato un modello per analizzare l'eventuale slittamento dei picchi riproduttivi nel tempo, in risposta alle fluttuazioni termiche inter-annuali.

Il modello validato con i dati sperimentali, permette di fittare bene gli anticipi o i ritardi dei picchi riproduttivi annuali e l'eventuale asincronia fra maschi e femmine. Su questa base, sono state poi effettuate delle simulazioni relative agli scenari di riscaldamento al 2070, partendo dallo scenario A1b dell'IPCC (2007) e considerando due possibili livelli di intensità (moderato ed estremo) degli effetti a scala del bacino lagunare. I risultati evidenziano la tendenza all'anticipo della stagione riproduttiva. In particolare, nel caso di scenario più intenso, il picco verrebbe anticipato di oltre un mese in entrambi i sessi (fig. 3). Questo potrebbe comportare un possibile disaccoppiamento fra

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 36 12/02/2013 10:45:43

la stagione riproduttiva e il picco di abbondanza di cibo per la fase larvale delle specie, con ricadute negative sul reclutamento e di conseguenza sulla dinamica di popolazione. Per quel che riguarda le differenze intersessuali, la situazione tipica è quella di un picco anticipato nelle femmine (marzo) e leggermente posticipato nei maschi (aprile). La ricerca è quindi in linea con la letteratura disponibile recente che sempre più mette in evidenza, anche nei pesci e più in generale negli ambienti marini costieri, la tendenza a modificazioni della biologia riproduttiva delle specie e della fenologia in risposta al riscaldamento globale. Tali cambiamenti potrebbero avere effetti potenziali di alterazione delle dinamiche riproduttive con possibili ricadute negative sulla disponibilità delle risorse alieutiche all'attività di sfruttamento.

Attività modellistica applicata alla variazione degli areali distributivi delle specie

Per poter prevedere l'effetto dei cambiamenti climatici sull'evoluzione della distribuzione di alcuni habitat peculiari della laguna di Venezia, modelli di vocazionalità sviluppati per alcune specie sono stati accoppiati a un modello idrodinamico di circolazione dell'acqua e ad un modulo biogeochimico. In questo modo è stato possibile creare scenari di possibili effetti dei cambiamenti climatici sull'assetto idro -morfologico della laguna, con particolare riferimento alle modificazioni in termini di distribuzione delle principali tipologie di habitat. In questo contesto, nel corso del progetto sono state svolte quattro attività principali:

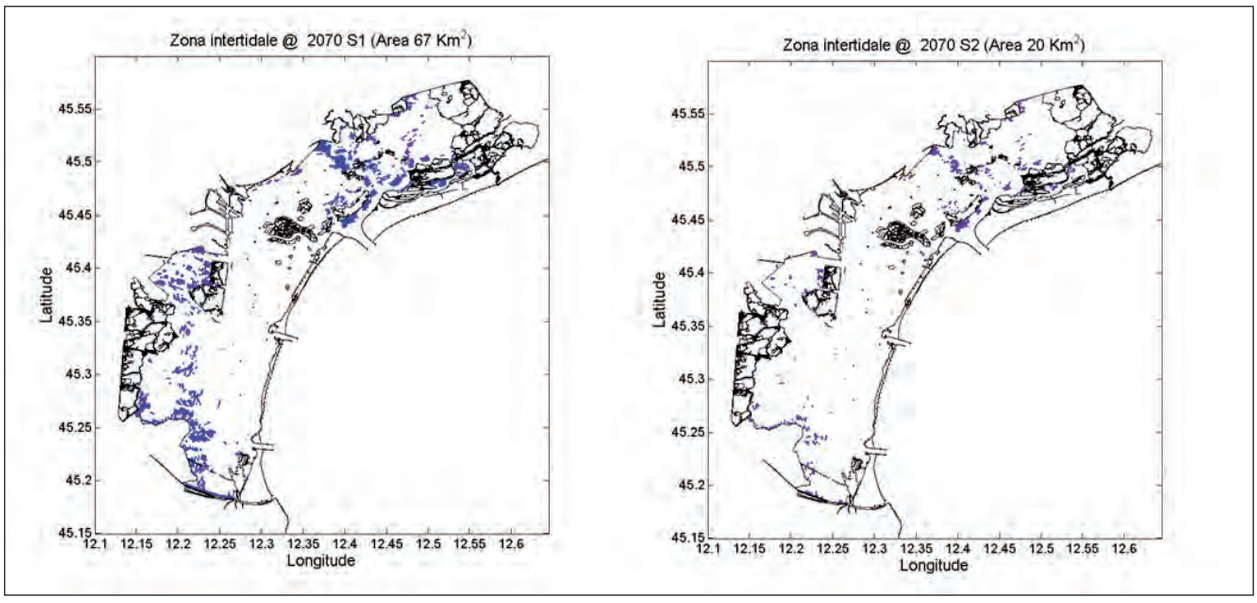
1. identificazione degli scenari di evoluzione climatica (e di riferimento) e costruzione delle forzanti ambientali utili all'applicazione dei modelli numerici;
2. simulazione della circolazione idrodinamica in laguna di Venezia in relazione agli scenari climatici e caratterizzazione delle principali ricadute tramite macro-descrittori fisici (escursione mareale e variabilità dello stress al fondo);
3. modellazione dei processi ecologici del sistema lagunare tramite l'applicazione di un modello di Reazione Trasporto (RTM);
4. implementazione di modelli di vocazionalità, utilizzando come dati di input, i risultati ottenuti neprecendeti punti (condizioni di riferimento) e loro applicazione agli scenari di evoluzione climatica.

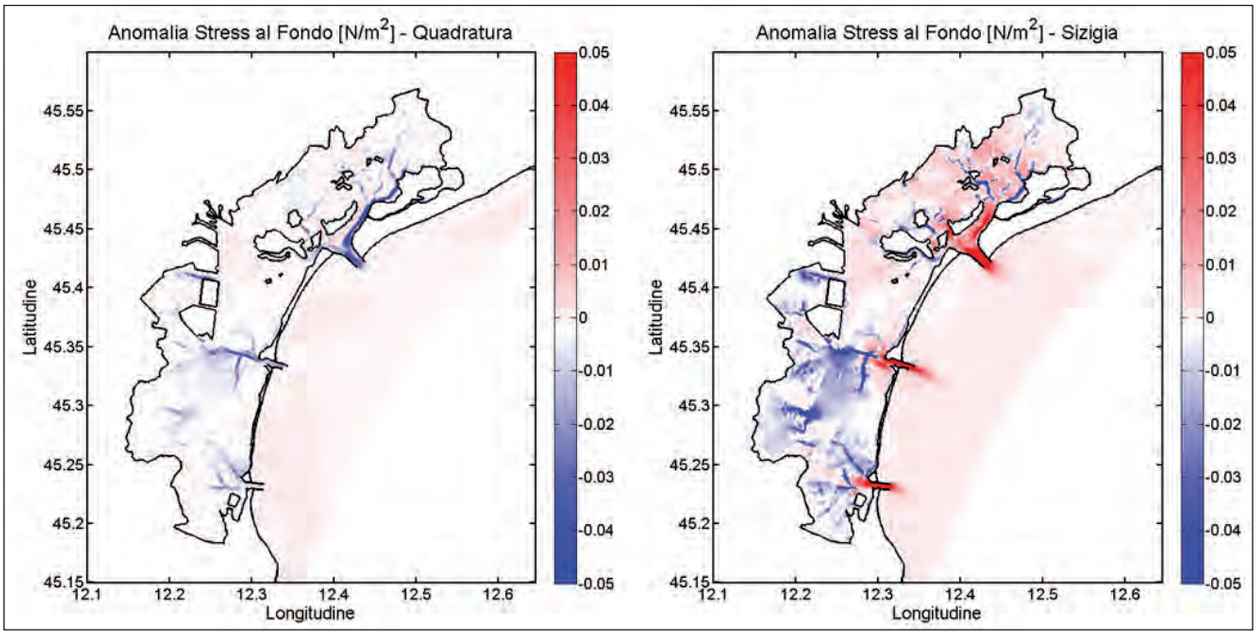
Le simulazioni numeriche condotte si riferiscono alle condizioni meteo-climatiche per l'anno 2070 dello scenario A1b descritto nel rapporto IPCC (2007). In particolare, sono state studiate due condizioni di cambiamento del regime meteo-climatico che rappresentano un livello moderato (S1) ed uno estremo (S2) di modificazione, sia per quanto concerne le condizioni iniziali, sia per l'intensità delle forzanti esterne. Come scenario di riferimento è stato invece individuato il periodo compreso tra 2004 e 2005.

Sulla base dell'applicazione del modello idrodinamico, che ha previsto la modellazione della laguna unitamente a quella del Mare Adriatico, consentendo così la simulazione integrata di processi a scala locale, quali il trasporto litoraneo e lo scambio alle bocche di porto, e di fenomeni a mesoscala, come gli storm surges, ha consentito di ottenere una stima delle variazioni dell'habitat intertidale (barene) e dello stress al fondo, in relazione ai due scenari prima individuati (figg 4 e 5).

L'applicazione di un modello RTM ha poi consentito di ottenere una stima delle variazioni spazio -temporali dei principali parametri ecologici, valutata a scala di bacino, quali tem-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 37 12/02/2013 10:45:43





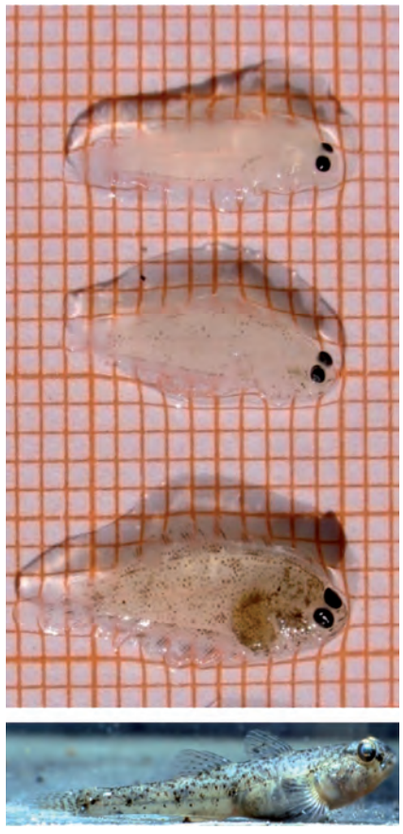
peratura, ossigeno disciolto, nutrienti e produzione primaria.

La scelta delle specie da utilizzare nell'analisi dei possibili effetti sulla variazione degli areali distributivi ha tenuto conto sia di elementi legati alla conservazione della diversità biologica, che di elementi legati allo sfruttamento delle risorse. In questo contesto, dunque, si è deciso di analizzare due specie appartenenti al comparto nectonico. Nello specifico, il ghiozzetto cenerino, *Pomatoschistus canestrinii* (fig. 6b), che essendo inserito nella direttiva habitat presenta un elevato valore in termini conservazionistici, e la passera, *Platichthys flesus* (fig. 6a), che invece rappresenta una specie bersaglio tipica della pesca lagunare, i cui individui giovanili - componente considerata in questo studio- utilizzano i fondali lagunari come aree di nursery. Le specie scelte per l'analisi, inoltre, condividono

4. Distribuzione della fascia interditale sulla base delle simulazioni ottenute dal modello idrodinamico per i due scenari S1 e S2. È inoltre indicata, tra parentesi, l'area complessiva delle zone intertidali

5. Differenze tra i valori medi giornalieri degli scenari S2 e S1, per lo stress al fondo durante un ciclo mareale in fase di quadratura e di sizigia. Il grafico superiore indica il livello marino simulato alla stazione di Punta della Salute per S1

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 38 12/02/2013 10:45:43



6. Individui giovanili di Platichthys flesus *(a) e individuo adulto di* Pomatoschistus canestrinii *(b)*

una netta preferenza per le aree confinate della laguna, mentre si differenziano per le forzanti che guidano la distribuzione nello spazio e la risposta all'innalzamento del livello marino.

Come accennato in precedenza, l'accoppiamento tra modello di circolazione e modulo biogeochimico ha permesso di considerare anche la variabilità temporale dei parametri ambientali, offrendo quindi la possibilità di considerare la variazione stagionale in termini di idoneità dell'habitat.

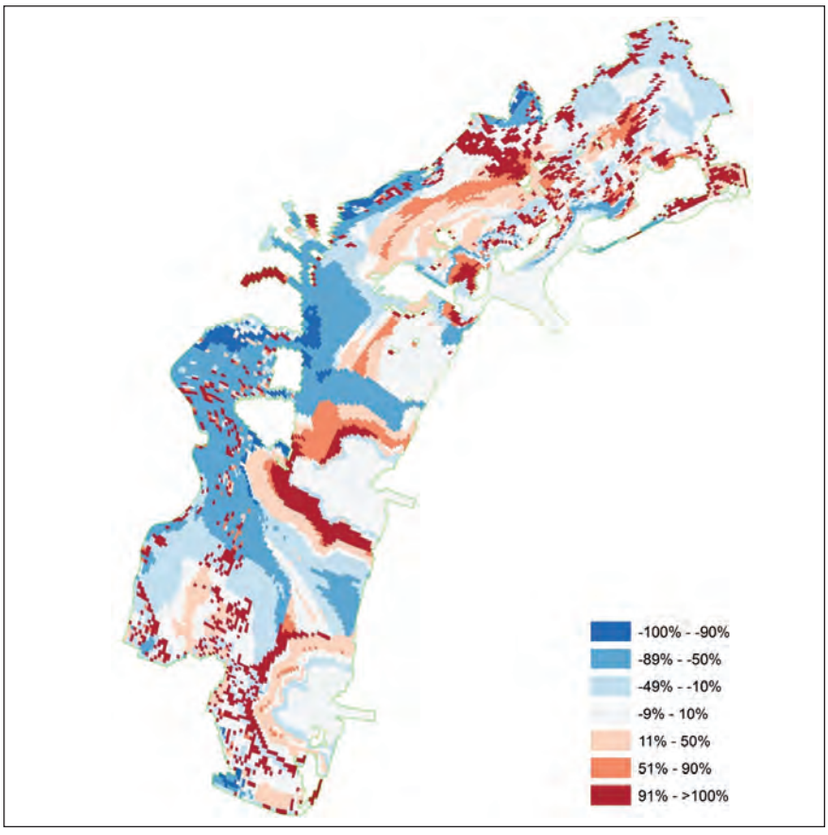
La distribuzione dei giovanili di passera è guidata prevalentemente da fattori fisici/idrodinamici e la risposta ai cambiamenti rappresentati nei due scenari è sostanzialmente la stessa con una riduzione dell'idoneità complessiva, particolarmente marcata nel sottobacino centrale (fig. 7).

Per quanto riguarda il ghiozzetto cenerino, invece, i risultati ottenuti, pur essendo complessivamente negativi, mostrano delle differenze tra lo scenario S1 e lo scenario S2; nel primo caso, la riduzione dei tempi di residenza e la perdita delle aree intertidali produce un restringimento della fascia prossima alla gronda, che presenta valori di probabilità di presenza elevata per questa specie. Lo scenario S2, invece, porta ad una riduzione ancora maggiore delle aree idonee, confinandole in corrispondenza delle zone maggiormente influenzate dall'apporto di acqua dolce, ma determina anche un aumento della superficie delle zone con un livello intermedio di idoneità, che si estendono in zone meno confinate (fig .8).

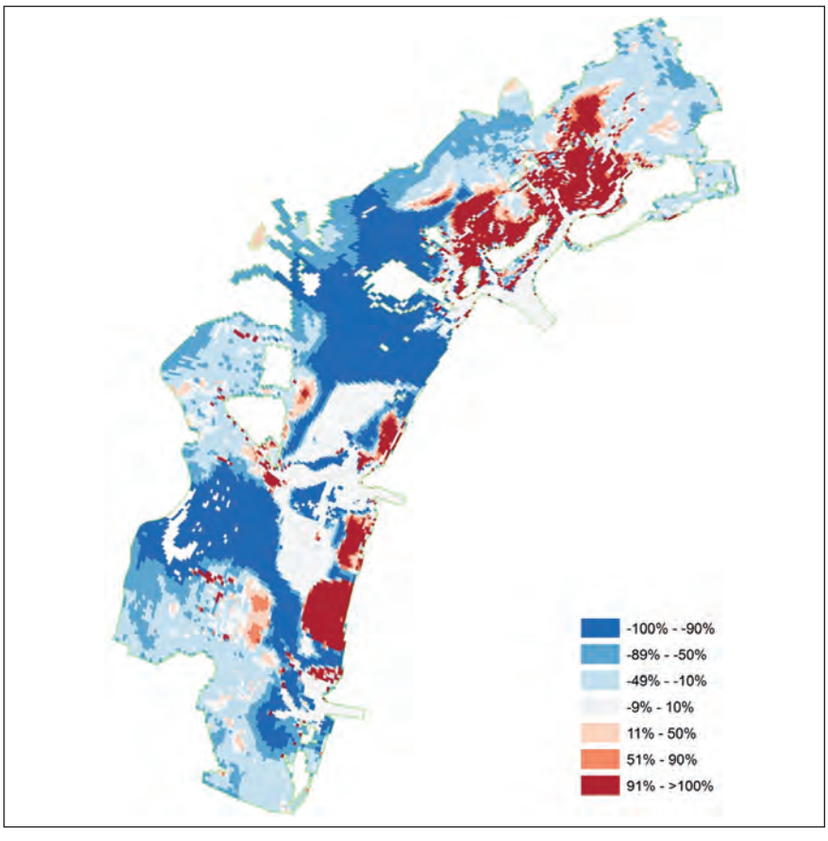
Nel complesso, i risultati ottenuti risultano plausibili, tenendo conto dell'associazione delle due specie con gli ambienti confinati e caratterizzati dalla presenza di strutture barenali con influenza delle acque dolci. In quest'ottica, il bacino settentrionale è quello che presenta condizioni di maggior naturalità e che meno ha subito l'effetto dei cambiamenti antropici registrato negli ultimi decenni. Le differenze batimetriche e dei trend erosivi lasciano supporre che sia la parte della laguna che meglio può compensare l'innalzamento del livello marino.

Queste considerazioni non forniscono direttamente misure di intervento per contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici, ma possono servire a stabilire una scala di priorità nella progettazione degli interventi stessi. Volendo, infatti, salvaguardare il ruolo di nursery e la presenza di habitat idonei a specie di particolare interesse conservazionistico è necessario pensare a misure di intervento che possano attenuare la perdita delle caratteristiche tipicamente lagunari, contrastando la tendenza generale alla marinizzazione.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 39 12/02/2013 10:45:44



7. Variazione percentuale della probabilità di presenza di P. flesus media rispetto allo scenario estremo S2 per il 2070



8. Variazione percentuale della probabilità di presenza di P. canestrinii media rispetto allo scenario estremo S2 per il 2070

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 40 12/02/2013 10:45:44

Conclusioni

La problematica dei cambiamenti climatici riveste, ormai da qualche tempo, un ruolo chiave nell'ambito della pianificazione e gestione dell'ambiente, a scala planetaria. Si tratta, infatti, di un argomento che, anche da un punto di vista scientifico, presenta forti criticità, prima fra tutte il fatto che rappresenta un tipico caso di esperimento senza possibilità di repliche. Esso deve dunque essere trattato mediante un approccio basato su scenari che hanno un'elevata incertezza e la gestione, quindi, deve necessariamente passare attraverso l'implementazione di un approccio precauzionale e mediante l'utilizzo di strategie adattative.

Nell'ambito delle risposte, quale che sia il sistema considerato, è necessario riferirsi al concetto di resilienza, ossia la capacità di un sistema di incorporare le variazioni esterne senza cambiare in modo sostanziale i processi interni, nonché la capacità di auto-organizzazione. In tale contesto, assume un ruolo chiave la presenza di soglie, ossia di livelli oltre ai quali si assiste ad un rapido cambiamento di stato del sistema stesso. Questo, sia in termini di analisi dei fenomeni che di percezione esterna degli effetti, può risultare estremamente difficile da prevedere e/o gestire.

Le variazioni dei regimi termici, modificando gli areali distributivi delle specie, possono causare variazioni della struttura delle comunità biologiche, ad esempio in relazione all'espansione di specie termofile e riduzione, fino anche all'estinzione, di endemismi locali, solitamente specie tipiche di condizioni più fredde.

La temperatura, inoltre, gioca un ruolo fondamentale nel determinare il metabolismo degli organismi marini, influenzando i pattern di attività, la sopravvivenza, i tassi di crescita e di riproduzione, provocano variazioni a livello di processi ecologici.

Prevedere gli effetti dei cambiamenti climatici, dunque, dipende anche dalla capacità di identificare le interazioni tra le specie che, da un lato risultano maggiormente vulnerabili ,mentre dall'altro rivestono un ruolo ecologico chiave.

Nell'ambito del presente progetto, si è affrontata la problematica dei possibili effetti dei cambiamenti climatici sull'ecosistema veneziano utilizzando due diversi approcci. Da un lato l'osservazione di eventuali trasformazioni già in atto, dall'altro, la messa a punto di strumenti in grado di fornire possibili scenari di evoluzione.

I dati raccolti sul campo hanno consentito di evidenziare, con riferimento al comparto nectonico, alcune variazioni a diversi livelli gerarchici. A livello di individuo/popolazione sembra essere aumentata la variabilità interannuale dei cicli biologici, in particolare il timing dell'investimento riproduttivo; a livello di struttura di comunità, invece, è stata verificata, nell'ambito del contesto laguna/mare, la presenza di popolazioni stabilizzate (oggetto anche di sfruttamento da parte della pesca commerciale) di specie termofile. Inoltre, l'analisi di serie storiche sul lungo periodo sembrano indicare una relazione inversa tra anomalie termiche e catture della pesca artigianale.

Sulla base dei risultati dell'analisi modellistica, si è, invece, evidenziato l'effetto diretto di perdita di habitat, in particolare l'intertidale a barena, legato all'aumento del livello medio del mare; la modificazione del ciclo di maturazione gonadica in *Z. ophiocephalus*, con un anticipo del picco fino ad un mese; infine, la perdita di vocazionalità dell'ambiente lagunare, soprattutto in relazione alla funzione di nursery per specie nectoniche.

Tutto questo porta a descrivere una

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 41 12/02/2013 10:45:44

9. Dettaglio della gorna durante l'attività di sorting a bordo di imbarcazioni per la pesca tradizionale

potenziale marcata variazione della struttura e del funzionamento del comparto nectonico, con modificazione della distribuzione delle specie, della composizione e possibile sfasamento dei cicli (ad esempio schiusa delle uova e fioriture planctoniche), con pesanti effetti sul reclutamento.

Tutto ciò va ad inserirsi in un ambiente del tutto peculiare quale la laguna di Venezia. Da un lato, infatti, si tratta di un ambiente altamente coevoluto (secondo alcuni in grado di adattarsi a "qualsiasi" pressione), che nonostante secoli di interventi antropici presenta ancora caratteristiche di un ambiente lagunare; dall'altro, come tutte le aree costiere, può essere definito come zona estremamente vulnerabile agli effetti dei cambiamenti globali e quindi nella quale potrebbe essere più difficile mantenere le funzionalità ecologiche e socio economiche.

Un'ulteriore peculiarità dell'ambiente lagunare risiede nel fatto che esiste una stretta connessione sia con il bacino scolante, che con l'ambiente marino. Quindi, oltre agli effetti diretti sulla laguna, vi potranno essere anche effetti dovuti a variazioni in questi due contesti ambientali.

Infine, un altro elemento tutt'altro che trascurabile è la presenza, all'interno della laguna, della città di Venezia. Questo pone, infatti, una serie di problematiche estremamente importanti.

Da tempo, ormai, Venezia e la sua laguna sono percepiti come un "unicum" inscindibile, tuttavia, la priorità gestionale è stata sempre rivolta alla salvaguardia della città e spesso le soluzioni adottate non sono perfettamente compatibili con la salvaguardia dell'ambiente lagunare, o quantomeno non sono soluzioni valide per entrambi i "domini".

Per ridurre il rischio per la società umana e la perdita di strutture costiere è necessario individuare e attuare misure adattative. L'adattamento può avvenire mediante una riduzione della vulnerabilità o un aumento della resilienza e della capacità adattativa del sistema stesso ai cambiamenti attesi.

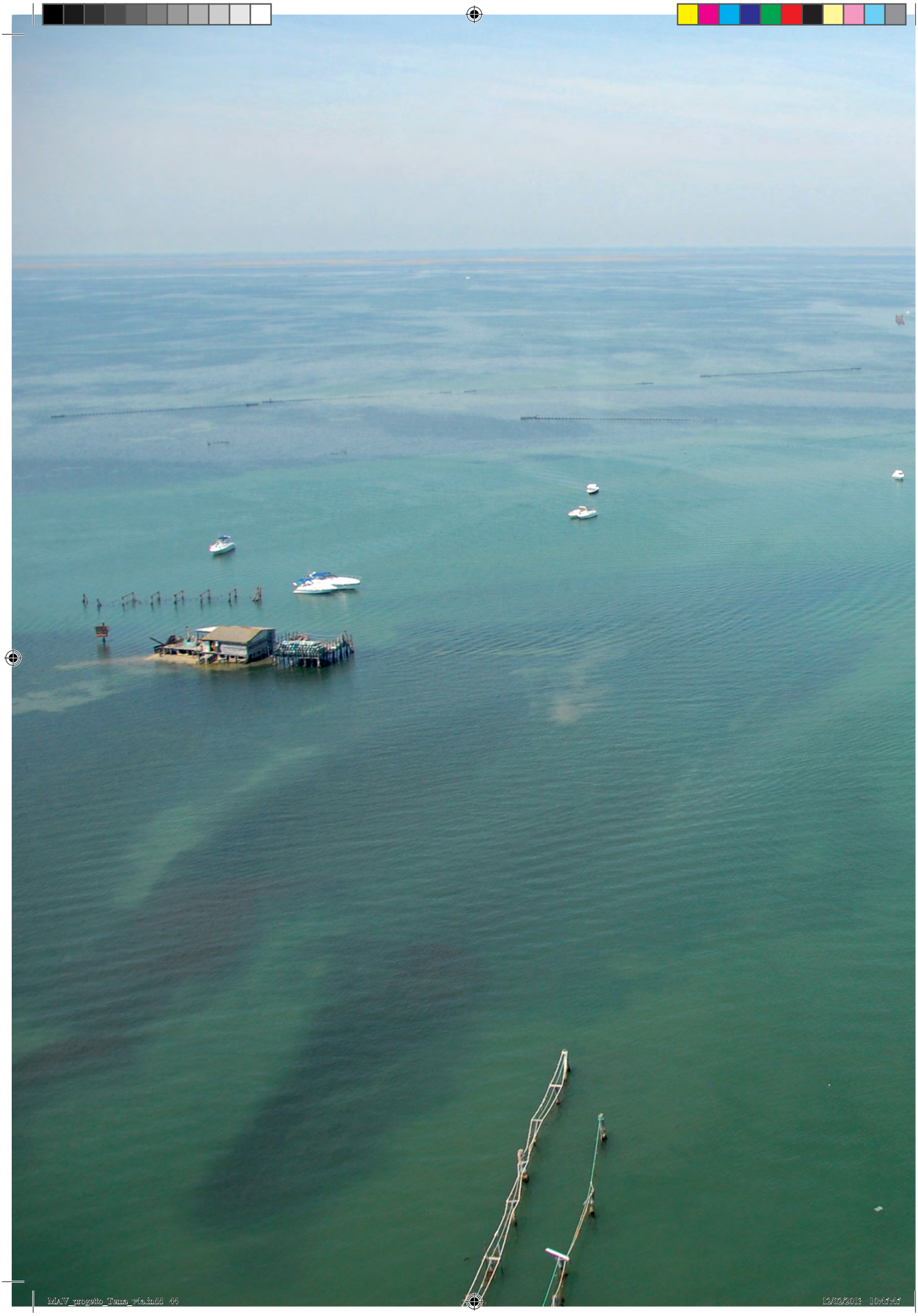
I concetti e le caratteristiche di vulnerabilità, capacità adattativa e resilienza sono estremamente correlati tra loro, in quanto la vulnerabilità dipende dalla capacità adattativa e dalla resilienza del sistema socio ecologico considerato. Si potrebbe affermare che la capacità adattativa rappresenti per i sistemi sociali quel che è la resilienza per i sistemi ecologici.

Risulta quindi abbastanza facile prevedere che, in un contesto altamente urbanizzato e un territorio così modificato dalla presenza antropica, quale la laguna di Venezia, sia quantomeno identificare delle strategie e delle azioni gestionali in grado di assicurare, contemporaneamente, la salvaguardia degli aspetti socio eco-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 42 12/02/2013 10:45:45

nomici e il mantenimento dei processi ecologici.
Il tutto, senza considerare che questi ultimi sono la base di tutti i beni e i servizi che la laguna offre e sui quali spesso di fondano gran parte delle attività economiche locali. Insomma una serie di feedback estremamente complicati che potrebbe essere difficile gestire in modo adeguato. Tuttavia, proprio questo punto rappresenta la vera sfida nel contesto della gestione dell'ambiente lagunare e della 'sua' città.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 43 12/02/2013 10:45:45



MAV_progetto_Terra_v4.indd 44 12/02/2013 10:41:45

Biodisponibilità e biotossicità dei contaminanti lagunari ed evoluzione normativa

Coordinatore del progetto Warren Cairns, IDPA-CNR

Gruppo di ricerca Fabiana Corami, Chiara Rigo, Roberta Zangrando IDPA-CNR

Il monitoraggio ambientale è un sistema complesso di acquisizione periodica di conoscenze e di informazioni ad ampio spettro sull'ambiente nella sua totalità, informazioni costituite tipicamente da rilevazioni di indicatori ambientali, ossia parametri qualitativi e/o quantitativi capaci di rappresentare un sistema ambientale nelle sue componenti principali (comparto abiotico e biotico).

La programmazione di una corretta gestione dell'ambiente va coordinata con una legislazione che deve contenere un'attenta e rigorosa valutazione del rischio ambientale. Risulta pertanto di primaria importanza lo studio di metodologie per poter tracciare linee guida da applicare opportunamente nella valutazione sia del rischio ambientale sia della qualità ambientale. Tali studi non possono limitarsi soltanto ad ambiti tecnici e legali, ma vanno necessariamente integrati con i più recenti saperi scientifici.

La Laguna di Venezia, ambiente complesso e laboratorio naturale, necessita di strumenti conoscitivi e di controllo in grado di valutarne lo stato di qualità e di seguirne l'evoluzione nel tempo. Diversi sono gli studi effettuati o ancora in atto nella laguna di Venezia. Il progetto si inserisce in questo contesto.

Sono state effettuate sei campagne di campionamento nei siti di Sacca Sessola e San Giuliano-Campalto nel 2009 e nel 2010. In ogni sito e per ogni campagna le diverse matrici ambientali (acqua superficiale, sedimenti, esemplari di *Mytilus galloprovincialis* e *Tapes philippinarum*) sono state campionate con specifiche metodologie. Durante il campionamento sono stati anche raccolti i dati fisici e fisico-chimici dei due siti in esame (pH, ossigeno disciolto, potenziale redox, temperatura, conducibilità).

I campioni dei sedimenti raccolti sono stati sottoposti alla procedura di estrazione sequenziale per studiare la geospeciazione o geofrazionamento di elementi in traccia quali cadmio, rame, mercurio, piombo e zinco. I sedimenti sono stati analizzati per determinare la concentrazione totale degli stessi elementi. Sulle acque sono state effettuate le analisi per studiare la speciazione del mercurio. Anche sugli esemplari di biota raccolti sono state effettuate le analisi, per valutare la concentrazione degli elementi in traccia al loro interno. Sulle specie animali campionate, *Mytilus galloprovincialis* e *Tapes philippinarum*, sono state effettuate le analisi per lo studio dei biomarkers di stress, in particolare le analisi delle metallotioneine.

È stata confrontata e valutata la tossicità equivalente (TEQ) degli inquinanti organici con i più aggiornati frameworks internazionali.

È stato implementato il Biotic Ligand Model per la valutazione del

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 45 12/02/2013 10:45:45

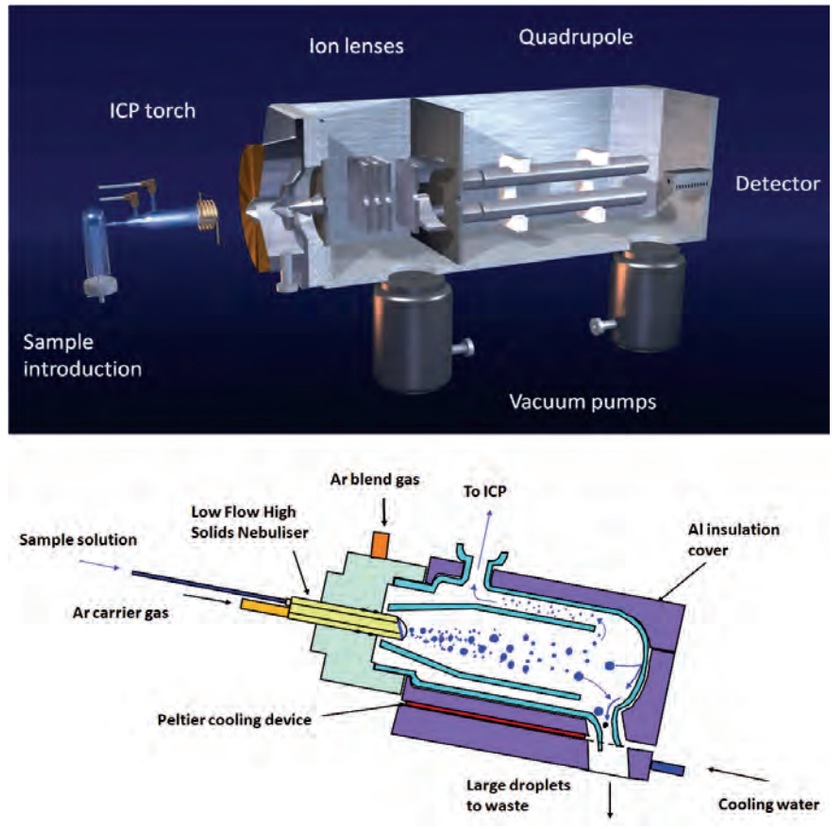
1. L'area di San Giuliano-Campalto a ridosso della laguna di Venezia

rischio e una stima della qualità delle acque, sulla base dei dati raccolti in questo studio e sulla base dei dati pregressi.

Metodologie analitiche

Uno degli obiettivi del progetto è il monitoraggio di biomarkers di stress in organismi sentinella, quali *Mytilus galloprovincialis* (mollusco filtratore sedentario e ottimo indicatore della colonna d'acqua) e *Tapes philippinarum* (mollusco filtratore, che vive infossato nel sedimento), campionati in siti lagunari, abbondantemente studiati in precedenza, quali Sacca Sessola e San Giuliano-Campalto (fig. 1).
Parallelamente al monitoraggio dei biomarkers, è stata studiata la geospeciazione nei sedimenti e della speciazione del mercurio nelle acque lagunari. Sia i sedimenti sia le acque sono stati raccolti nelle aree di interesse del progetto.
Inoltre, sono stati raccolti e vagliati i dati di speciazione delle acque, frutto di studi precedenti, che sono stati effettuati nella Laguna di Venezia e che hanno avuto come oggetto lo studio del complessamento organico di elementi in tracce potenzialmente tossici quali cadmio, piombo, rame e zinco.
Per quanto concerne gli inquinanti organici (PCBs), sono stati raccolti e vagliati i dati di concentrazione (totale e per singolo congenere) provenienti da studi pregressi, eseguiti sulle acque e sui sedimenti di vari siti della Laguna di Venezia.
È stata poi valutata la TEQ dei composti organici persistenti e tali valori sono stati successivamente confrontati e valutati in relazione alla valutazione del rischio, aggiornata ai più recenti frameworks internazionali.
L'attività sperimentale ha avuto come oggetto lo studio della geospeciazione o geofrazionamento nei sedimen-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 46 12/02/2013 10:45:46



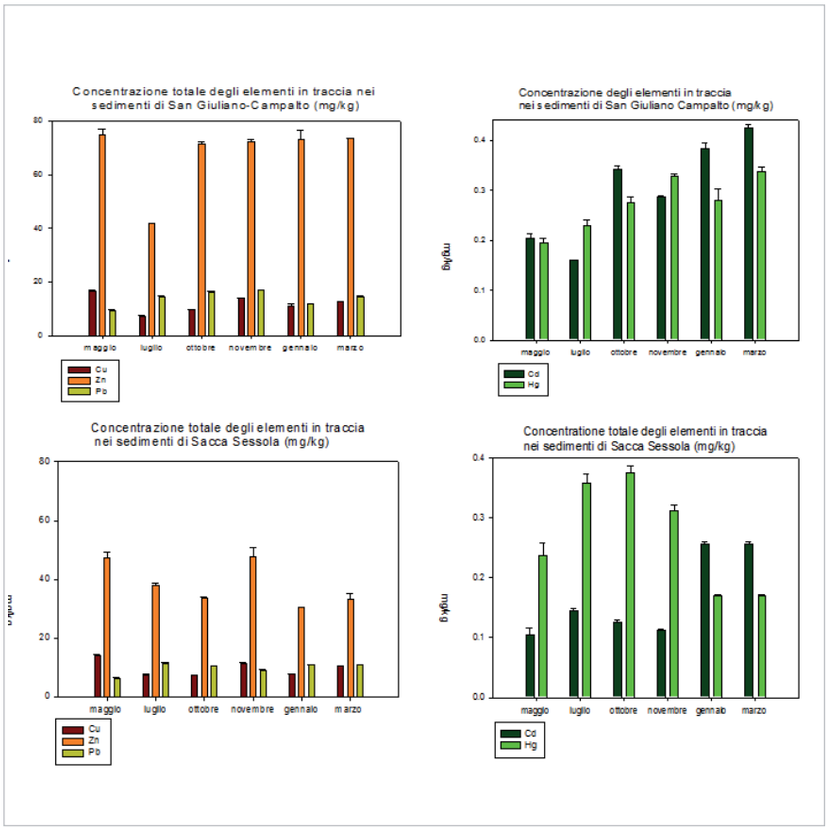
2. Schema di un ICP-MS-Quadrupole (in alto) e schema della camera di nebulizzazione posizionata oltre il nebulizzatore (in basso)

ti campionati nei siti prescelti durante le campagne di prelievo; lo studio della speciazione del mercurio nelle acque campionate nei siti prescelti durante le campagne di prelievo; lo sviluppo di metodi di analisi quantitativa e qualitativa per lo studio di biomarkers di stress e di tossicità nel biota (metallotioneine) tramite HPLC-ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry); lo sviluppo di metodi di analisi quantitativa e qualitativa per lo studio di biomarkers di stress e di tossicità nel biota (EROD) tramite fluorimetria.

Tecnica analitica e strumentazione impiegata

La spettrometria di massa è una tecnica analitica multielementare che trova impiego in numerosi campi, quali l'analisi chimica qualitativa e quantitativa di analiti inorganici e organici presenti in miscele complesse; l'analisi della struttura di specie molecolari complesse; lo studio dei rapporti isotopici degli elementi.
La tecnica si basa sulla discriminazione di ioni atomici o molecolari in base al loro rapporto massa/carica.
Essa consiste nella ionizzazione di composti in fase gassosa, nella separazione dei diversi ioni prodotti e nella loro rivelazione, ottenendo come risultato ultimo lo spettro di massa che rappresenta l'abbondanza relativa degli ioni in funzione del loro rapporto massa/carica.
Un tipo di spettrometria di massa che risulta essere particolarmente importante per la determinazione di elementi in tracce (ppm-ppb) e ultratracce (ppt-ppq) è l'ICP-MS.
Questa strumentazione prevede l'accoppiamento di un plasma accoppiato induttivamente (ICP), come sorgente di ioni, con uno spettrometro di massa (MS), come metodo di discriminazione degli ioni stessi.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 47 12/02/2013 10:45:46



3. Concentrazione totale degli elementi in traccia nei sedimenti di San Giuliano-Campalto (in alto) e Sacca Sessola (in basso)

La geospeciazione nei sedimenti della Laguna di Venezia

Nella geospeciazione degli elementi in traccia è stato riscontrato che gli elementi si comportano in maniera differente tra loro, in relazione alle cinque frazioni individuate dalla procedura di estrazione sequenziale. Inoltre, si osservano delle differenze tra i due siti di campionamento.

Nel sito di San Giuliano – Campalto, nei sedimenti superficiali lo zinco ha una concentrazione pressochè costante nel corso del periodo di campionamento; a Sacca Sessola si osserverebbe invece un trend decrescente, dalla stagione estiva verso quella invernale, sebbene il valore massimo osservato sia quello della campagna di novembre. La concentrazione totale dello zinco è più elevata del 40% circa nel sito di San Giuliano – Campalto rispetto a quello di Sacca Sessola. Nei sedimenti degli ambienti di transizione è stata osservata una correlazione tra valori massimi di concentrazione totale degli elementi in tracce, come lo zinco, e stagioni piovose. Quindi, in mesi piovosi e con un aumento della portata dei corsi d'acqua la concentrazione totale dello zinco risulta più elevata rispetto ai mesi siccitosi e con una diminuzione della portata dei corsi d'acqua. In Veneto, nella tarda primavera, le portate dei fiumi sono in crescita per effetto dello scioglimento dei depositi nivali e in relazione alle precipitazioni dei mesi precedenti e cominciano a diminuire a partire dall'ultima decade di giugno; questo trend decrescente si rallenta nel mese di luglio. Nei mesi successivi si osserva una parziale inversione di tendenza, con fenomeni a macchia di leopardo, cioè alternanza di periodi siccitosi e precipitazioni abbondanti anche all'interno dello stesso mese. Il trend della piovosità e della portata dei corsi d'acqua

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 48 12/02/2013 10:45:46

potrebbe influire maggiormente sul trend della concentrazione totale dello zinco osservato nel sito di San Giuliano-Campalto, sito che risente maggiormente dell'influenza del bacino scolante, rispetto a quanto osservato nel sito di Sacca Sessola.

Al variare delle stagioni, si osservano anche alcune variazioni nelle concentrazioni delle cinque frazioni rilevate tramite SEP (...). Sebbene la prima frazione, cioè quella prontamente accessibile, sia sempre molto bassa, cambiamenti si osservano nella frazione legata ai carbonati e nella frazione legata alla materia organica e ai solfuri, che tenderebbero ad aumentare durante le stagioni fredde. Probabilmente, le differenti velocità delle attività metaboliche influiscono sulle differenti frazioni. La frazione legata ai carbonati assieme a quella prontamente accessibile è definita labile, poiché i metalli ad essa legati possono tornare accessibili in seguito al contatto con l'ambiente gastrico. Potrebbe perciò accadere che i metalli presenti in questa fase con l'arrivo della nuova stagione estiva, con l'aumento delle attività metaboliche da parte dell'infauna e dei batteri possano essere metabolizzati.

Lo studio della geospeciazione del piombo evidenzia che in entrambi i siti in esame questo elemento non è ripartito nella fase prontamente accessibile e nella fase legata alla materia organica e ai solfuri; al mutare delle stagioni variano però le concentrazioni della fase legata ai carbonati e ciò potrebbe rendere accessibile al biota questo elemento. Le concentrazioni totali di piombo osservate nei due siti in esame sono dello stesso ordine di grandezza.

Riguardo al rame, le concentrazioni totali nei due siti studiati sono comparabili. Nel geofrazionamento si osserva che è soprattutto la quarta frazione, cioè quella legata alla materia organica e ai solfuri a variare con la stagionalità; scarsamente presente è invece la fase labile, comprendente sia la frazione prontamente accessibile sia quella legata ai carbonati.

In entrambi i siti studiati, la concentrazione totale di cadmio è comparabile e mostra un aumento nella stagione invernale. Dallo studio del geofrazionamento si evince che le fasi cui tale elemento è maggiormente legato sono la fase legata ai carbonati e la fase residua; in particolare, la fase dei carbonati, che può rendere accessibile tale elemento nell'ambiente gastrico degli organismi, a San Giuliano–Campalto tende a diminuire durante la stagione estiva, probabilmente in relazione con le attività metaboliche degli organismi presenti nel sedimento (infauna, benthos e batteri inclusi), e si osserva un suo successivo aumento durante il periodo invernale, quando contemporaneamente le attività metaboliche rallentano. Un andamento simile è osservabile anche nel sito di Sacca Sessola. Sebbene il cadmio non sia un elemento con elevata affinità per la frazione legata alla materia organica e ai solfuri, nei mesi invernali anche questa frazione tende ad aumentare, probabilmente in relazione al degrado della biomassa algale e fitoplanctonica presente in grandi quantità durante la stagione estiva.

Il mercurio presenta livelli di concentrazione totale comparabili in entrambi i siti in esame, con un trend che vede un aumento nella stagione più fredda (gennaio, San Giuliano-Campalto; ottobre Sacca Sessola). Il valore rilevato in ottobre a Sacca Sessola potrebbe essere anche influenzato da eventi di disturbo presenti nell'area. Nella geospeciazione si osserva che il mercurio non mostra affinità di fase che per la quarta frazione, legata alla materia organica e ai solfuri, e per la quinta frazione, la fase residua. Come per il cadmio, si osserva in entrambi i siti un aumento

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 49 12/02/2013 10:45:46

della fase legata alla materia organica e ai solfuri durante la stagione invernale. La degradazione da parte dei batteri della biomassa accumulatasi durante l'estate (anche a fine estate con gli ultimi blooms) potrebbe influenzare quindi il geofrazionamento del mercurio.

Sulla base del Protocollo Fanghi (o Protocollo Venezia), in relazione alle concentrazioni totali degli elementi in tracce analizzati, i sedimenti di entrambi i siti campionati in questo studio rientrano nella Classe A. Per entrambi i siti sono stati calcolati l'Indice di Geoaccumulo (Geoaccumulation index, Igeo), il fattore di concentrazione (Concentration Factor, CF) e l'Indice di Carico Inquinante (Pollution Load Index, PLI).

L'Igeo permette di valutare la contaminazione dei sedimenti in esame tramite il confronto tra la concentrazione totale attuale e i livelli pre-industriali, sebbene sia molto dfficoltoso raggiungere gli strati sedimentari preindustriali.

A San Giuliano-Campalto l' Igeo per zinco, rame e piombo corrisponde alla classe 1 (valori compresi tra 0 e 1), indice quindi di non inquinamento da parte di questi elementi nell'ambiente; invece, l'Igeo per cadmio ha valori compresi tra 1 e 2, corrispondenti alla classe 2 ovvero uno stato di moderato inquinamento. Il mercurio mostra valori di Igeo sempre compresi tra 2 e 3, che corrispondono ad uno stato da moderatamente inquinato ad inquinato, con un trend crescente nelle stagioni fredde.

A Sacca Sessola l'Igeo per zinco, rame e piombo corrisponde alla classe 0 (valori di background); il rame mostra un Igeo nella classe 2 nel periodo tardo inverno – inizio primavera, in accordo con i valori più elevati di concentrazione totale osservati. Il mercurio mostra valori di Igeo simili a quelli osservati a San Giuliano–Campalto.

Il fattore di concentrazione (CF, concentration factor) permette di valutare l'inquinamento ambientale da parte di un singolo contaminante.

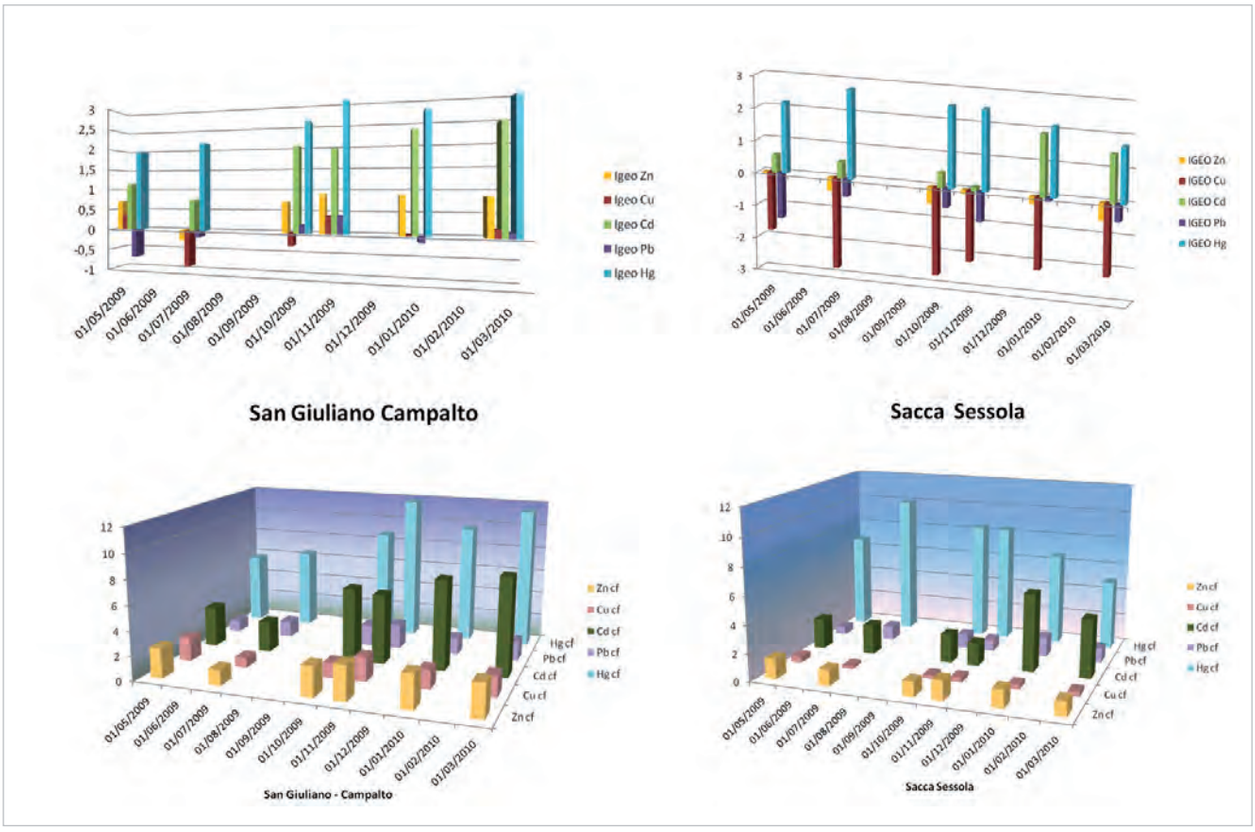
Se per un elemento il CF è <1 l'elemento non presenta un arricchimento naturale e/o antropogenico e i sedimenti non risultano contaminati; se invece il CF è >1, l'elemento può presentare un arricchimento ed essere un potenziale inquinante per i sedimenti.

Il trend del fattore di concentrazione CF per gli elementi studiati osservato a San Giuliano – Campalto e a Sacca Sessola è in accordo con il trend dell'Igeo osservato nei due siti in esame. A San Giuliano – Campalto sia lo zinco sia il rame mostrano un CF >1, ma l'Igeo per questi due elementi è nella classe 1 (sedimenti non inquinati); l'arricchimento osservato potrebbe quindi essere naturale e non di origine antropica. I valori di CF per il rame e per il mercurio a San Giuliano–Campalto e a Sacca Sessola, assieme all'Igeo per questi due elementi, indicano che il rame ed il mercurio sono inquinanti e costituiscono un rischio per la salute dell'ambiente.

L'Indice di Carico Inquinante (Pollution Load Index, PLI), permette di valutare la contaminazione ambientale da parte degli elementi in tracce. Questo indice fornisce una indicazione dello stato di contaminazione dell'ambiente in esame, permettendo un confronto dei livelli di inquinamento stimati in tempi ed in luoghi diversi, a parità di elementi in tracce esaminati.

Per entrambi i siti il PLI rientra nella classe "leggermente contaminato", sebbene quello osservato per San Giuliano Campalto sia più elevato rispetto a quello osservato per Sacca Sessola. Basandosi unicamente su questo indice, nei due siti studiati non verrebbero riscontrati rischi relativi alla presenza di elementi in tracce;

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 50 12/02/2013 10:45:46



4. Valori dell'Indice di Geoaccumulo (IGEO) (in alto) e del Fattore di Concentrazione (CF) (in basso) per i siti di San Giuliano-Campalto e Sacca Sessola

infatti in entrambi i siti l'avere fattori di concentrazione <1 per la maggioranza degli elementi in tracce studiati (3 su 5 a San Giuliano – Campalto e 4 su 5 a Sacca Sessola) attesterebbe una buona qualità ambientale.
Questo però è in contrasto con quanto osservato dal trend dei fattori di concentrazione e dell'Igeo degli elementi in tracce analizzati nei due siti studiati; infatti il PLI ha la tendenza a mediare e quindi alcune situazioni di rischio verrebbero sottostimate, come accade in questo caso. È perciò opportuno valutare e confrontare tutti gli indici per la qualità ambientale dei sedimenti.
Tramite il geofrazionamento è quindi confermato il rischio ambientale di questi due elementi in tracce studiati e si ottengono informazioni fondamentali sulla frazione dell'elemento in traccia che può interagire con il biota ed esercitare poi effetti tossici su questo.

Studio della speciazione del mercurio nelle acque della Laguna di Venezia

Sono state effettuate le analisi per lo studio della speciazione del mercurio nelle acque raccolte durante le campagne di campionamento nei due siti in esame. Anche nel ciclo biogeochimico del mercurio, gli ambienti di transizione sono il *trait d'union* tra l'ambiente terrestre e quello marino propriamente detto.
Il ciclo biogeochimico del mercurio all'interno degli ambienti di transizione (ad esempio, estuari, lagune, *wetlands*, ecc.) è fortemente influenzato dalle loro caratteristiche fisiche, chimiche e idrologiche, nonché dalle variazioni nella produttività e nella biodiversità. La partizione del mercurio inorganico è funzione della fase disciolta e della fase particolata.
Considerata l'elevata affinità del mercurio per il materiale particolato, il contenuto di mercurio nel particella-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 51 12/02/2013 10:45:47

to tende ad essere elevato nelle zone di estuario, nei sistemi salmastri laminari (*shallow brackish systems*) e nelle zone a elevata torbidità e risospensione. Negli ambienti marini e salmastri, come la Laguna di Venezia, il mercurio è presente in tre forme chimiche: il mercurio elementare Hg0, il mercurio ionico Hg2+, presente come ione libero e/o sotto forma di complessi inorganici, e le forme metilate, sia dimetilmercurio (DMHg) sia monometilmercurio (MMHg). All'interno del ciclo biogeochimico, queste tre forme possono trasformarsi l'una nell'altra tramite meccanismi biologici e abiotici. Nei sedimenti la produzione di metilmercurio è notevole, anche per la presenza di batteri, spesso batteri solfatoriduttori, in grado di metilare il mercurio. Inoltre, è stato osservato che il metilmercurio presente nei pesci ha solitamente una origine sedimentaria.

Nel sito di Sacca Sessola nella campagna di campionamento di ottobre si osserva un secondo massimo di concentrazione (20.94 pmol/l, comparabile con il massimo di concentrazione osservato in luglio, pari a 21.10 pmol/l), mentre in ottobre a San Giuliano – Campalto si osserva il valore minimo di concentrazione, rispetto a tutte le campagne di campionamento.

Inoltre, mentre nel sito di San Giuliano – Campalto, il trend di metilmercurio è decrescente, nel sito di Sacca Sessola si osserva un modesto aumento nelle ultime due campagne di campionamento, in accordo con il trend osservato per il mercurio ionico nello stesso sito.

È infatti noto che durante il periodo autunno–inverno si assiste a un rallentamento delle attività metaboliche di tutti gli organismi, ivi compresi i batteri. Come osservato nel sito San Giuliano – Campalto, anche a Sacca Sessola nel periodo autunno inverno si osservano dei valori di concentrazione al di sotto del Limite di Quantificazione (LOQ).

I bassi livelli di concentrazione di metilmercurio osservati in colonna d'acqua potrebbero essere messi in relazione con una minore attività batterica. Va infatti sottolineato che una più elevata attività degrativa batterica ha luogo nei sedimenti, in relazione al carico di materiale organico particolato presente, anche per caduta dalla colonna d'acqua. Sebbene la Laguna di Venezia sia un sistema laminare con bassa profondità media, il carico di materiale organico particolato presente nei sedimenti è elevato in relazione alle comunità ecologiche presenti – ad esempio, praterie di fanerogame e alghe bentoniche che coprono vaste estensioni – che offrono rifugio a diverse specie animali.

Il metilmercurio è una specie altamente volatile, e può passare con facilità dai sedimenti alla colonna d'acqua, però in un contesto come quello della Laguna di Venezia potrebbe accadere che il mercurio metilato a livello dei sedimenti venga assimilato dagli organismi ivi presenti e venga poi biomagnificato lungo la rete trofica. Una volta ingerito dall'animale, il metilmercurio è rapidamente assorbito nell'apparato gastrointestinale.

Dopo il complessamento, dall'apparato gastrointestinale, il metilmercurio può essere trasportato liberamente nel resto del corpo ed è in grado di superare la barriera ematoencefalica e/o la placenta.

Monitoraggio dei Biomarkers in due specie di biota della Laguna di Venezia: le Metallotioneine

Il progetto ha previsto il campionamento di due specie diverse di biota per lo studio dei biomarkers di stress in entrambi i siti in esame, le specie Mytilus galloprovincialis e Tapes philippinarum.

Sono osservabili differenze di concentrazione nelle diverse classi di-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 52 12/02/2013 10:45:47

mensionali degli organismi campionati, differenze che potrebbero essere anche associate alla stagionalità. Ad esempio, i mitili di classe piccola mostrano le concentrazioni più elevate nel periodo fine primavera-inizio estate ed in inverno, invece i mitili di classe media presentano un massimo di concentrazione in piena estate. La stagione riproduttiva dei mitili avviene in primavera estate; anche la maturazione sessuale potrebbe influire sulle reazioni allo stress da parte dell'organismo.

Le metallotioneine, oltre ad essere biomarkers di stress, sono importanti osmoregolatori della fisiologia animale; quindi, nel periodo riproduttivo, quando può esserci una maggiore richiesta di micronutrienti e/o oligoelementi necessari al metabolismo dell'animale, la sintesi di queste proteine potrebbe essere comparabilmente aumentata. Durante il resto dell'anno, i valori osservati nelle diverse classi dimensionali, pur presentando delle differenze, sono più bassi di circa il 40% rispetto a quelli osservati nel periodo primavera – estate.

Le concentrazioni osservate nelle Tapes campionate a Sacca Sessola sono più basse rispetto a quelle osservate nei mitili. Ciò potrebbe essere in relazione con il differente habitat in cui gli organismi vivono e può essere influenzato dalla diversa fisiologia specie – specifica.

Sebbene le concentrazioni siano più basse, il massimo di concentrazione si osserva nel periodo estivo, come per i mitili.

Le concentrazioni di metallotioneine osservate nelle Tapes presenti nel sito di concessione comunale presso San Giuliano – Campalto sono confrontabili con quelle osservate nel sito di Sacca Sessola per la medesima classe dimensionale. Un unico dato è risultato al di sotto del limite di quantificazione (LOQ) ed è quello osservato nella stagione invernale. Nelle Tapes provenienti dalla concessione comunale si osserva un notevole calo nella concentrazione delle metallotioneine nella stagione autunno-inverno, sebbene il dato della campagna di campionamento di ottobre sia comparabile con il dato rilevato in estate.

La concentrazione di proteine totali più elevata si osserva nel mese di luglio negli organismi di entrambe le specie campionate (sebbene in misura minore negli esemplari di *Tapes philippinarum*). In particolare, per gli organismi di *Mytilus galloprovincialis* tutte le classi d'età mostrano livelli elevati di proteine totali nel mese di luglio. Dopo il periodo estivo, mentre negli organismi di *Tapes* il trend delle proteine totali è piuttosto costante, negli organismi di *Mytilus* si osserva un trend decrescente in relazione alla classe d'età campionata.

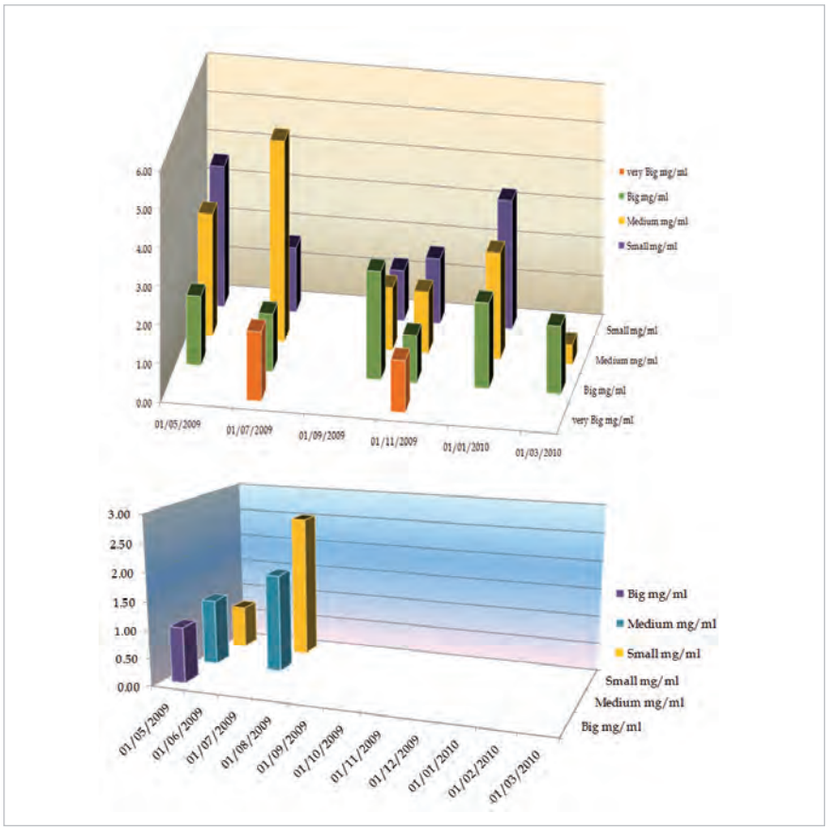
Nei campioni di biota studiati, sia nei mitili sia nelle *Tapes* è stato osservato un tenore più elevato di rame e, in misura minore, di cadmio rispetto alla concentrazione rilevata di zinco, a conferma del ruolo importante che queste proteine giocano nell'omeostasi cellulare e nel modulare gli stress cui gli organismi possono essere sottoposti durante il loro ciclo vitale.

Biomarkers: Monitoraggio dell'attività enzimatica della 7-etossiresorufina-O-dietilasi (EROD)

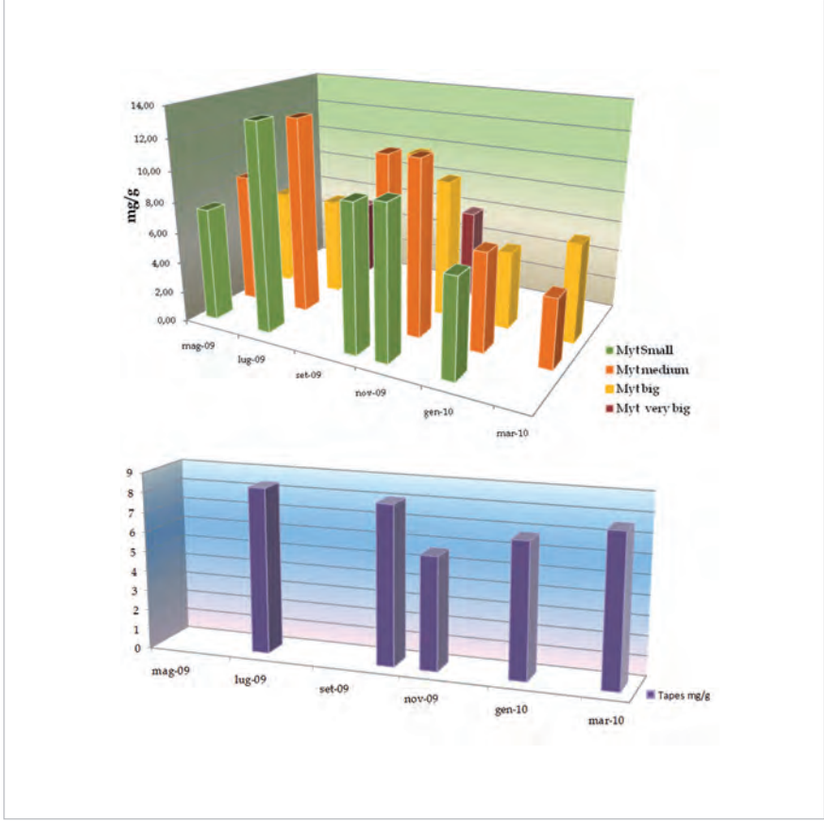
Oltre allo studio delle metallotioneine, è stata anche saggiata l'attività enzimatica dell'etossiresorufin-O-deetilasi nel biota campionato. Questa attività enzimatica permette di valutare lo stress da sostanze xenobiotiche, soprattutto dei composti organici persistenti quali PAHs e PCBs.

È interessante evidenziare come ci sia un marcato aumento nella concentrazione di proteine totali nei mesi estivi per gli organismi di *M. galloprovincialis* mentre nelle *T. philippinarum* questa variazione non sia così

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 53 12/02/2013 10:45:47



5. Concentrazione di metallotioneine presenti negli esemplari di Mytilus galloprovincialis *(in alto) e* Tapes philippinarum *(in basso) campionati nel sito di Sacca Sessola nel periodo Maggio 2009-Marzo 2010*



6. Concentrazione di proteine totali presenti negli esemplari di Mytilus galloprovincialis *(in alto) e* Tapes philippinarum *(in basso) campionati nei siti rispettivamente di Sacca Sessola e San Giuliano-Campalto nel periodo Maggio 2009-Marzo 2010*

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 54 12/02/2013 10:45:47

evidente.
Dal confronto dei due grafici è possibile ricavare alcune importanti informazioni. Ad esempio a parità di sito di campionamento, l'attività dell'EROD misurata negli esemplari di *M. galloprovincialis* è generalmente maggiore di quella misurata negli esemplari di *T. philippinarum*; questo è maggiormente evidente nel periodo primavera – estate.
Questo indica che organismi appartenenti a specie diverse, ma con fisiologia similare, presentano livelli di attività enzimatica diversi. Pertanto risulta difficoltoso poter confrontare i dati ottenuti misurando l'attività dell'EROD in organismi anche simili tra loro.

Stima del carbonio organico nei sedimenti e nelle acque della Laguna di Venezia

La sostanza organica disciolta (DOM), una complessa miscela di molecole di diversa origine presente in ambienti marini, costituisce una tra le più grandi riserve di carbonio reattivo sul nostro pianeta. La DOM ha un ruolo fondamentale nel ciclo globale del carbonio, nelle reti trofiche e nel controllare la concentrazione del biossido di carbonio (CO2) e di altri gas serra in atmosfera; inoltre, influenza la penetrazione della luce solare, lo scambio di gas all'interfaccia acqua-atmosfera e la disponibilità di elementi in tracce e di altri nutrienti per gli organismi.
In sistemi laminari, come la Laguna di Venezia, le fonti della DOM sono autoctone, ovvero provengono dalle macroalghe, dalle fanerogame e dal plancton presente in laguna, ma vi sono diverse e importanti fonti alloctone, quali la sostanza organica proveniente dal mare, le piante terrestri, le macrofite ed il plancton dulciacquicoli, il dilavamento dei suoli del bacino scolante, nonché gli scarichi urbani. Quindi, in funzione di più apporti alloctoni e di una più elevata produttività primaria, la laguna può risultare arricchita di DOC e di carbonio organico particellato (POC, Particulate Organic Carbon) rispetto alle acque del Nord Adriatico.
È fondamentale lo studio del carbonio organico all'interno di una possibile valutazione del rischio e all'interno dello studio di speciazione degli elementi in tracce. Sono state valutate le concentrazioni di carbonio organico totale nei sedimenti e di carbonio organico disciolto (DOC) nelle acque dei due siti di studio in Laguna di Venezia.
In San Giuliano non si osservano variazioni in relazione alle differenti stagioni,il valore massimo si osserva nell'ultima campagna di campionamento. I valori osservati nel sito di San Giuliano–Campalto possono essere dipendenti dall'abbondanza di macroalghe presenti in tutta l'area.
A differenza di quanto osservato per le acque, nei due siti si osservano valori confrontabili di TOC, sebbene quelli osservati nel sito di Sacca Sessola siano superiori, con valori massimi in tarda primavera ed estate (Maggio 2009 e Luglio 2009); anche nel sito San Giuliano –Campalto il valore massimo si osserva in Luglio 2009 e valori più o meno costanti negli altri campionamenti.
Lo stato trofico della Laguna di Venezia ha subito diversi cambiamenti nel corso di questo ultimo ventennio. Nell'arco temporale che va dal 1980 al 2003 le macroalghe, assieme al fitoplancton, risultavano in diminuzione mentre le praterie di fanerogame risultavano essere i principali produttori primari della Laguna. Tutto ciò ha influenzato e influenza, direttamente e indirettamente, la concentrazione di carbonio organico presente nei sedimenti. In una mappatura del carbonio organico effettuata a fine anni '90 si osservavano valori piuttosto bassi in prossimità della terrafer-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 55 12/02/2013 10:45:47

ma, di Porto Marghera e delle bocche di porto con valori più elevati nelle zone lagunari dove erano presenti anche praterie di fanerogame.
La distribuzione spaziale della concentrazione di carbonio organico e, conseguentemente, della sostanza organica è in relazione con l'assetto idrodinamico del bacino di sedimentazione, così come lo è anche la diversificazione dei sedimenti. Infatti, se un'area lagunare è caratterizzata da un debole idrodinamismo sedimenti fini, soprattutto limi e argille, si accumuleranno assieme ad una rilevante quantità di sostanza organica; invece in quelle aree lagunari caratterizzati da forte rimescolamento (anche dovuto alla intensa movimentazione di natanti) si osserverà l'accumulo di materiale più grossolano e un conseguente minor accumulo di sostanza organica. Rispetto al ruolo fondamentale dell'assetto idrodinamico, la granulometria del sedimento ha comunque una minore influenza sulla distribuzione spaziale e il relativo accumulo della sostanza organica e del carbonio organico.

Conclusioni

Nei sedimenti di San Giuliano – Campalto e di Sacca Sessola la concentrazione totale degli elementi in traccia analizzati presenta valori confrontabili per rame e piombo, ma molto diversi per zinco. Tali diversità possono essere correlate al trend della piovosità e della portata dei corsi d'acqua.
La distribuzione degli elementi in traccia analizzati nelle diverse fasi del geofrazionamento varia in relazione al tipo di elemento considerato e al sito studiato. Si osservano inoltre variazioni stagionali.
In relazione alle concentrazioni totali degli elementi in tracce analizzati, i sedimenti di entrambi i siti campionati in questo studio rientrano nella Classe A, in base alla classificazione del Protocollo Fanghi. Per entrambi i siti sono stati calcolati l'Indice di Geoaccumulo (Igeo), il fattore di concentrazione (CF) e l'Indice di Carico Inquinante (PLI).L'Igeo di rame, zinco e piombo è nella classe 1 (non inquinato), pertanto tali elementi non presentano un rischio per il biota. Invece l'Igeo di cadmio indica uno stato di moderato inquinamento a San Giuliano Campalto e uno stato da moderatamente inquinato a inquinato a Sacca Sessola e l'Igeo di Hg in entrambi i siti è nella classe "da moderatamente inquinato a inquinato". Perciò cadmio e mercurio presentano un rischio per il biota.
Considerata la mancanza di uniformità e continuità spazio temporale dei dati a disposizione per il calcolo dei TEQs nei campioni di sedimento e di acqua, considerata la scelta di fissare un valore di concentrazione pari a metà del limite di rilevabilità per tutti i congeneri sotto tale limite e le forti limitazioni dell'utilizzo del solo valore dei TEQs nella valutazione del potenziale rischio associato ad una matrice abiotica, è piuttosto difficle asserire con certezza che esista una reale differenza di rischio tra i siti di San Giuliano Campalto e Sacca Sessola.
Negli studi di speciazione è stato osservato che la concentrazione labile e l'attività dello ione libero del rame sono al di sotto della soglia di tossicità e pertanto tale elemento non presenta un rischio per il biota. Il BLM può essere considerato quindi un ottimo strumento predittivo nel risk assesment, in grado di individuare WQC sito-specifici.
La qualità delle acque è grandemente influenzata dalla qualità dei sedimenti. Dai dati emersi nello studio della geospeciazione e considerato l'Igeo degli elementi studiati, si evince che elementi in tracce quali il cadmio ed il mercurio rappresentino un rischio per il biota.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 56 12/02/2013 10:45:47

È auspicabile che si possano ottenere WQC per altri elementi in tracce presenti nelle acque della Laguna di Venezia. Inoltre, è di fondamentale importanza che si ottengano QC per i sedimenti della Laguna di Venezia, anche attraverso l'applicazione di modelli come il BLM.
Fondamentale è lo studio della speciazione sia nelle acque sia nei sedimenti della laguna, poiché la conoscenza della bioaccessibilità e della biodisponibilita dei metalli in tracce, unita al monitoraggio di biomarkers di stress, permette di valutare l'effettivo rischio, come gli effetti tossici nei confronti dei biota presenti nell'ambiente. Ciò permette di poter disegnare strategie correttive significative di intervento e per il mantenimento del buono stato ambientale.
Un tiered approach, ovvero un approccio multi-livello, che contenga in sè le conoscenze relative alla bioaccessibilità e alla biodisponibilità (speciazione), la tossicità (biomarkers opportunamente scelti) e la modellazione con strumenti duttili ed efficienti, come il BLM, permetterebbe un risk assessment in linea con i più recent frameworks internazionali, che può essere utilizzato efficacemente per gli scopi gestionali, amministrativi, tecnici ed ambientali, della Laguna di Venezia.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 57 12/02/2013 10:45:47

MAV_progetto_Terra_v6a.indd 58 12/02/2013 10:43:48

Il paesaggio lagunare e la pianificazione degli usi antropici nel quadro dei cambiamenti e delle misure di adattamento e di mitigazione

Pianificazione e recupero delle aree prospicienti le bocche di porto interessate agli interventi di regolazione delle maree

Responsabile scientifico Domenico Patassini, IUAV
Coordinatore del progetto Laura Zampieri, IUAV
Gruppo di ricerca Paolo Ceccon, Laura Mosca, Endri Orlandin, Giulia Sperandio IUAV-FP; Elena Gissi UNIPM-FI; Raquel Diaz UNIVAL-FP

La ricerca affronta i temi relativi alle azioni di pianificazione paesaggistica che si possono attivare per avviare progetti di recupero delle aree prospicienti le bocche di porto. Queste aree sono interessate dagli interventi di regolazione delle maree e, più in generale, dalle problematiche espresse dai cambiamenti climatici in atto e dalla difesa costiera.
La ricerca ha inteso definire *linee guida* agli interventi di difesa dei territori costieri dai fattori di rischio idraulico, idrogeologico, marino. Contemporaneamente, essa valuta la compatibilità degli interventi con i territori retro - costieri, le loro fragilità e potenzialità di sviluppo.
Seguendo la logica degli interventi *multi-obiettivo*, vengono individuate strategie di intervento per la difesa dal rischio connesso alle dinamiche marino - costiere e indirizzi per interventi sui sistemi di transizione terra – acqua costieri e retro costieri.
Si è assunto il caso studio delle bocche di porto del Lido, esteso al litorale della penisola del Cavallino, come terreno di sperimentazione.
Si è deciso di assumere questo caso studio perchè in un territorio ricco di dinamiche conflittuali connesse all'assenza di pianificazione: crescita insediativa, sviluppo turistico del litorale, utilizzo agricolo dei territori lagunari, bonifica e recupero degli elementi di caratterizzazione del sistema e del paesaggio lagunare.
I fattori di rischio che interessano la penisola sono connessi al fenomeno dell'acqua alta, agli allagamenti per scarsa efficienza del sistema irriguo, alla precaria tenuta degli argini del tratto terminale del fiume Sile, al fenomeno delle mareggiate che alimenta l'erosione costiera, cui attualmente si sommano le problematiche relative ai cambiamenti climatici.
È importante partire dai fattori di rischio legati ai sistemi acqua-terra per individuare interventi sinergici tra attori (pubblici e privati) e comunità.
Sono state messe a punto linee guida agli interventi nei paesaggi costieri e retro-costieri e per la testata di Punta Sabbioni.
Un ruolo centrale all'interno del progetto è costituito dalla riorganizzazione del sistema paesaggistico e delle connessioni ecologiche nella trama della rete idrografica (naturale e di bonifica) presente soprattutto nella zona agricola compresa tra Ca' Savio e Punta Sabbioni relazionandosi alle preesistenze naturali presenti nell'immediato intorno delle strutture militari (forti, batterie, etc.).
Il progetto di restauro paesaggistico e territoriale costituisce l'esemplificazione di come inserire un *tassello* in un contesto progettuale di area vasta all'interno del quale la litoranea veneta assume il ruolo di connettore territoriale e *distributore* di relazioni di diverso rango e tipologia.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 59 12/02/2013 10:45:48

Il sistema costiero veneto: dinamiche marino-costiere e indirizzi per gli interventi sulle terre e sulle acque

La ricerca considera come elemento fondante il *sistema di transetto:* una sezione trasversale di territorio in cui si evidenzia l'importanza e l'opportunità di affrontare il sistema della Litoranea Veneta quale nesso strutturale con funzione di ordinare, riqualificare e connettere i paesaggi e gli ambienti costieri e retro costieri che attraversa.
Si evidenzia inoltre l'opportunità di intercettare le connessioni idroviarie con i sistemi fluviali, a vantaggio delle funzioni ricreative e di valorizzazione dei contesti urbani e rurali compresi fra Piave e Tagliamento.
Oltre a costituire una straordinaria occasione per la sicurezza idraulica delle terre sotto il livello del mare, esso garantisce una tutela attiva dei territori.
Il *sistema di transetto* geograficamente esteso allo spazio retro-costiero e allo spazio marittimo, interessa attività che si svolgono sul fondale marino, nella colonna d'acqua e sulla superficie.

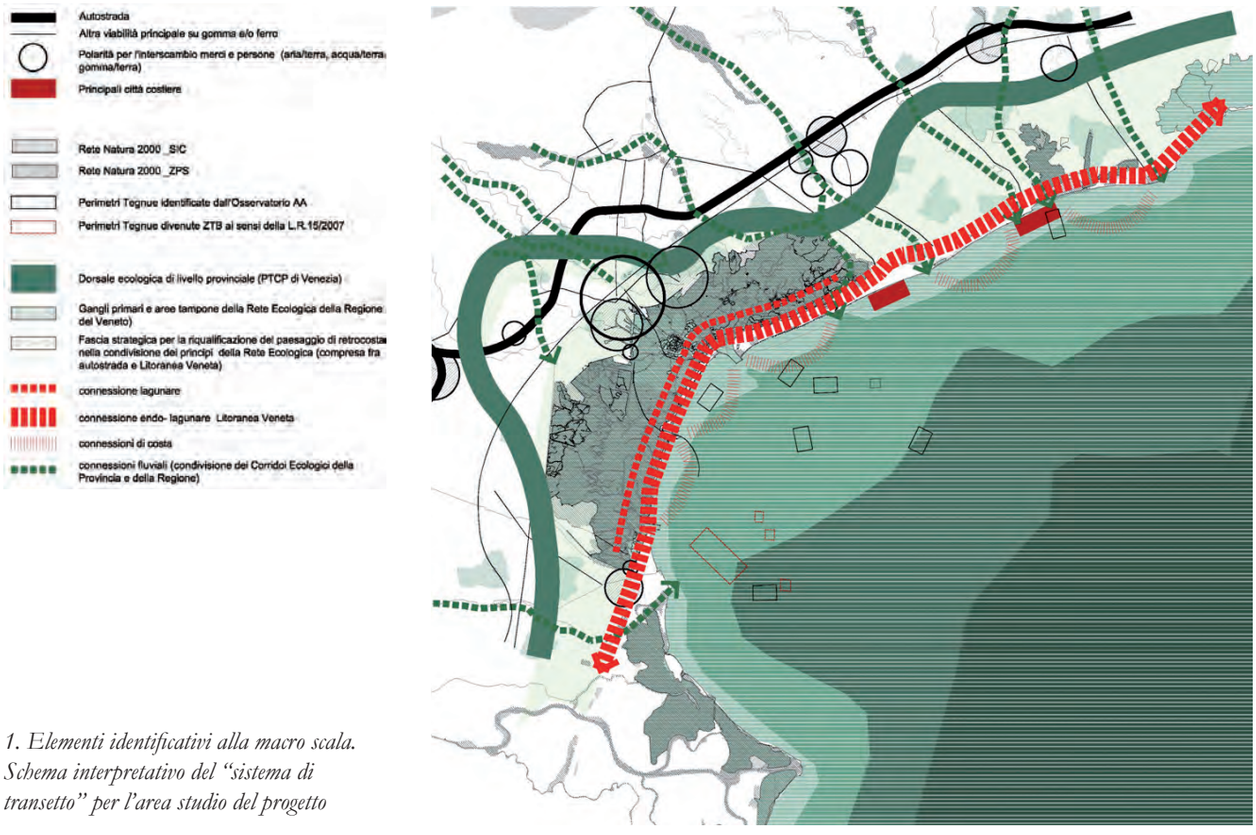
Interventi per la difesa delle acque interne dei canali di bonifica

La riqualificazione ambientale dei canali, un tempo associata solamente agli interventi di forestazione delle sponde, ad azioni sugli scarichi fognari o dei depuratori, a interventi puntuali di creazione di habitat, ha assunto oggi un significato più ampio, cogliendo le opportunità che l'utilizzo di tale approccio offre per raggiungere obiettivi idraulici, strutturali, di qualità delle acque e del territorio.
Essi sostituiscono o integrano le usuali pratiche dell'ingegneria civile, idraulica e sanitaria.
La riqualificazione ambientale dei canali risolve problemi di interesse antropico, come la riduzione del rischio idraulico, il miglioramento della qualità dell'acqua, il controllo del dissesto spondale, il miglioramento paesaggistico e fruitivo del territorio, ecc. Non si limita a migliorare l'ecosistema del territorio.
La riqualificazione dei canali associata alla trasformazione del territorio agricolo può generare ulteriori benefici alla collettività, quali la creazione di reddito agricolo grazie allo sviluppo di una filiera legno-energia, la gestione e la mitigazione di effetti dovuti al cambiamento climatico, il miglioramento del paesaggio a favore di un aumento di interesse turistico e fruitivo delle aree rurali.

Gestione del rischio idraulico

I Consorzi di bonifica progettano e gestiscono la rete idraulica superficiale al fine di evitare che in caso di piena le acque meteoriche veicolate nei canali possano esondare al di fuori della sezione di deflusso e interessare centri abitati e aree agricole.
L'approccio proposto per la gestione del rischio idraulico prevede la possibilità di "rallentare le acque" durante l'attraversamento delle aree aperte, così da evitare esondazioni nelle zone poste a valle e individuate come siti da proteggere (centri abitati, aree di pregio).
Ciò si traduce in diverse azioni; ampliamenti di tipo naturaliforme delle sezione dei canali, realizzazione di casse d'espansione, creazione di nuovi canali secondo tipologie che li assimilano ai corsi d'acqua naturali.
Riveste notevole interesse, per la contemporanea riqualificazione e valorizzazione del territorio rurale, l'individuazione di aree per l'esondazione controllata delle piene sul terreno aperto.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 60 12/02/2013 10:45:48



1. Elementi identificativi alla macro scala. Schema interpretativo del "sistema di transetto" per l'area studio del progetto

Controllo del dissesto spondale

Le sponde dei canali sono spesso soggette a fenomeni di dissesto e di arretramento con conseguenti danni anche ai terreni retrostanti.
Spesso causa di questa situazione è la mancanza di una fascia vegetata a protezione del piede di sponda dall'azione della corrente e l'assenza di vegetazione come elemento che fornisce stabilità alla sponda stessa grazie agli apparati radicali.
Una prima soluzione al problema prevede di non realizzare alcun intervento strutturale sul canale, ma piuttosto definire una fascia di terreno ove consentire una certa mobilità morfologica e il conseguente arretramento della sponda.
Con questo approccio il canale può non essere mantenuto morfologicamente stabile. Esso sarà dotato di una propria dinamica morfologica, seppur molto limitata per i vincoli imposti dall'uso agricolo e delle necessità di gestione di un alveo in genere regolato da opere idrauliche (paratoie, idrovore, ecc.) nel suo regime di portata. In questo caso, l'erosione delle sponde porterà il canale verso un nuovo assetto morfologico e a condizioni d'equilibrio dinamico diverse dalla situazione di stabilità imposta inizialmente dal progetto.
Una seconda soluzione progettuale, in caso di dissesto spondale e contemporanea esigenza di migliorare l'ecosistema del canale, consiste nell'adottare tecniche dell'ingegneria naturalistica con uso di materiali vegetali vivi come elemento strutturale.

Miglioramento della qualità dell'acqua

Le acque dei canali di bonifica manifestano notevoli problemi di qualità, causando gravi danni all'ecosistema del canale, alle aziende agricole che

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 61 12/02/2013 10:45:48

utilizzano le acque per uso irriguo, alle possibilità di fruizione.
Le problematiche legate alle immissioni di acque ricche di nutrienti provenienti in modo diffuso dalle aree agricole e agli scarichi puntiformi degli impianti di depurazione e degli scolmatori delle rete fognarie, è acuito dalla scarsa capacità autodepurativa dei canali.
La strategia necessaria per il miglioramento della qualità delle acque deve perciò integrare interventi sugli inquinanti, immessi in modo puntuale, ad azioni volte al recupero della capacità autodepurativa dei canali e alla loro riqualificazione naturalistica nonché a interventi di forestazione lungo le sponde di canali e scoline per intercettare gli inquinanti di tipo diffuso.
Queste azioni generano benefici importanti non solo dal punto di vista della qualità dell'acqua, ma anche nei confronti della biodiversità, della stabilizzazione delle sponde, della fruibilità.

Miglioramento dell'ecosistema

I canali di bonifica sono stati costruiti ex-novo, o in alcuni casi ricavati sfruttando alvei o antichi tracciati di corsi d'acqua, per svolgere le funzioni di scolo delle acque e di fornitura di risorsa idrica per l'irrigazione. Per questo motivo, i canali sono stati progettati e costruiti a sezione regolare, spesso ad andamento rettilineo.
Questa situazione ha creato un ambiente di pianura estremamente semplificato, che potrebbe però incrementare significativamente la sua valenza ecologica grazie proprio alle potenzialità della fitta rete dei canali che innerva tutto il territorio di pianura.
La riqualificazione naturalistica dei canali può essere perseguita attraverso approcci diversi, integrabili tra loro.
Le principali azioni di tipo naturalistico realizzabili lungo i canali sono: riqualificazione morfologica, forestazione delle sponde e creazione di boschi golenali, realizzazione diretta di habitat; gestione ambientale della risorsa idrica; passaggi per pesci, interventi di contenimento delle specie invasive.

Gestione sostenibile della vegetazione acquatica e riparia

Lo sviluppo eccessivo della vegetazione acquatica e riparia lungo i canali è uno dei fattori che può portare a esondazioni in caso di piena.
In alcuni casi essa può causare problemi strutturali agli argini ed alle sponde. D'altro canto, la conservazione della vegetazione è un fattore essenziale.
Sarebbe perciò opportuno cercare di coniugare, per quanto possibile, queste due diverse esigenze, con scelte progettuali e accorgimenti operativi durante le operazioni di manutenzione volte a diminuire l'impatto degli interventi di taglio sulla vegetazione, senza per questo produrre un incremento del rischio di inondazioni.
La creazione di fasce tampone boscate per il controllo degli inquinanti diffusi, la realizzazione di aree filtro forestali per il finissaggio dei depuratori civili, la creazione di aree forestate per l'esondazione controllata delle piene e la realizzazione di aree boscate per l'infiltrazione delle acque verso la falda, possiedono enormi potenzialità per la trasformazione paesaggistica, ma soprattutto economica, dei territori agricoli attraversati dalla rete idrica dei Consorzi.
La biomassa legnosa prodotta nei diversi sistemi forestali potrebbe infatti trovare uno sbocco economico grazie alla realizzazione di *filiere legno-energia* e fornire così reddito integrativo alle imprese agricole.

Canali di bonifica

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 62 12/02/2013 10:45:49

Perché questo nuovo assetto del territorio possa attivarsi è però necessario che in primo luogo, le aziende agricole agiscano possibilmente in forma associata per contribuire a fornire la quantità di biomassa necessaria affinchè la filiera sia economicamente fattibile. In secondo luogo altri soggetti operanti nel contesto agricolo, come ad esempio i Consorzi di bonifica, possono decidere di entrare nella filiera legno-energia come soggetto in grado di gestire l'intero ciclo colturale delle fasce boscate, dall'impianto, alla manutenzione fino alla raccolta.

Realizzazione di aree boscate per l'infiltrazione delle acque in falda

Nella pianura veneta è da anni in atto un preoccupante fenomeno di abbassamento della falda freatica, che denota un fondamentale squilibrio tra prelievi e infiltrazione.
Per contrastare questo fenomeno è necessario agire sulle cause, ma possono nell'immediato essere messe in atto diverse azioni di ricarica forzata. L'agricoltura e i Consorzi di bonifica potrebbero avere un ruolo importante in tal senso, con azioni volte a favorire l'infiltrazione verso la falda delle portate derivate dai corsi d'acqua.
L'intervento suggerito consiste nell'utilizzo di superfici agricole, alimentate dai canali, al fine di infiltrare acqua in periodi non irrigui, quando questa è utilizzata per sostenere la produzione di prodotti agricoli.
In queste aree potrebbero essere realizzati boschi planiziali appositamente strutturati per favorire l'infiltrazione, ad esempio grazie all'uso di sistemi di scoline disperdenti. L'acqua che si infiltra verso gli strati profondi del suolo andrebbe così a incontrare un efficace filtro costituito dagli apparati radicali degli alberi e dalle popolazioni di microrganismi che vivono in simbiosi con essi.

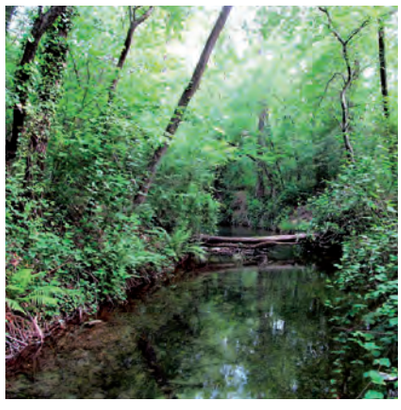
Gestione e mitigazione del cambiamento climatico

Il cambiamento climatico sta provocando almeno tre tipi di problemi nei territori agricoli: l'aumento del rischio idraulico, a causa di eventi piovosi più intensi; fenomeni di siccità e conseguenti riflessi negativi su produttività agricola e incremento della domanda irrigua; incremento della pressione sugli ecosistemi acquatici, a causa delle minori portate disponibili nei periodi più siccitosi e della concorrenza tra usi dell'acqua e necessità ambientali.
Il territorio agricolo interessato dallo scolo delle acque meteoriche deve perciò essere modificato, sia a livello strutturale che gestionale, per affrontare i problemi generati dal cambiamento climatico. Si possono prevedere: interventi strutturali e modifiche alla gestione della rete di canali dei Consorzi di bonifica, come riqualificazione ambientale per la gestione del rischio idraulico e definizione di politiche innovative di gestione della risorsa idrica; cambiamenti colturali e delle pratiche agricole, come adattamento al cambiamento climatico e misura di mitigazione delle sue cause, come la forestazione; creazione di filiere legno-energia lungo i canali e a pieno campo per la realizzazione di *carbon sink* e accumulo di anidride carbonica nei tessuti legnosi, fino al passaggio a colture meno idroesigenti.

Riqualificazione del paesaggio rurale

Il paesaggio è una delle risorse più preziose del Veneto, ma quello di pianura è stato pesantemente alterato e banalizzato, perdendo buona parte delle peculiarità che lo caratterizzavano sino a pochi decenni fa.
Un'opportunità per la riqualificazione del paesaggio di pianura è offer-

Vegetazione acquatica



MAV_progetto_Tema_v4a.indd 63 12/02/2013 10:45:49

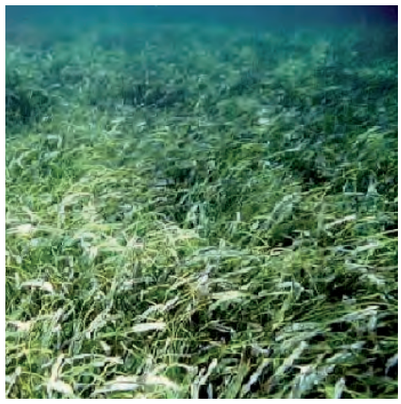
ta dagli interventi di riqualificazione ambientale descritti in precedenza, che potrebbero contribuire a riqualificare il disegno paesaggistico attuale con avvicendamenti colturali, filari arborei, siepi campestri, boschi planiziali, arboreti da legno, canali e corsi d'acqua ecologicamente in salute, zone umide.
La progettazione di questi interventi dovrebbe perciò tener conto anche del miglioramento paesaggistico.

Interventi per la difesa delle acque e fondali marini

L'ambiente costiero rappresenta la fascia di transizione tra terre emerse e mare, una risorsa naturale ed economica, sottoposta ad una continua e incessante trasformazione per l'azione di fattori climatici e di complesse dinamiche naturali e antropiche. È anche lo *strato limite* attraverso cui sfumano e interagiscono l'uno nell'altro ambienti di terra e acqua diversi, governati da opposte energie e logiche.
Sebbene i processi naturali abbiano un ruolo di gran lunga predominante, soprattutto nel lungo periodo, la dinamica costiera può essere localmente influenzata da interventi antropici, sia direttamente lungo la costa, che nei bacini idrografici a monte. In particolare, la conformazione del litorale è il risultato di una complessa interazione tra fattori marini e continentali, alcuni dei quali fortemente influenzati da eventi meteorologici estremi: apporti fluviali, moto ondoso e correnti, trasporto eolico, fenomeni tettonici di sollevamento/abbassamento del settore costiero, variazioni eustatiche del livello marino, interventi antropici sui corsi d'acqua o sul litorale, subsidenza naturale e indotta.
Gli ambienti costieri (ambito terrestre, di transizione e marino - lungo la piattaforma sino alle acque *off-shore*), includono molteplici ambienti ed ecosistemi, dalle dune sabbiose, alle falesie rocciose, agli habitat interamente marini.
L'importanza ecologica delle dune costiere risiede in particolare nelle comunità vegetali, caratteristiche di tali ambienti, e alle quali sono riconducibili i meccanismi più significativi di consolidamento e accrescimento. Anche sotto il profilo faunistico gli ecosistemi dunali rappresentano habitat unici a cui, per alcune specie, va aggiunto il ruolo irrinunciabile di corridoi ecologici in ambiente costiero. Allo stato di conservazione delle dune e delle spiagge è strettamente legato quello di altri ecosistemi quali gli ambienti umidi retrodunali, le lagune ed i laghi costieri, le foci fluviali, sino alle praterie di Posidonia e di altre fanerogame marine: tutti ecosistemi che, oltre al valore strettamente ecologico, hanno notevole valore economico, diretto e indiretto.
Si rileva come i meccanismi di degrado siano principalmente rappresentati dall'antropizzazione dei litorali, dall'erosione costiera, dalla fruizione turistica incontrollata, fondamentalmente causati dalla mancanza di pianificazione- programmazione e di corretta gestione, sia dei litorali che del territorio interno.
Oggi, a causa dello sviluppo delle attività turistico–balneari, alle spiagge sono imposte condizioni di totale artificialità; in particolare, la manutenzione e la pulizia meccanizzata degli arenili comportano la rimozione delle masse vegetali spiaggiate delle quali risultano misconosciute le molteplici e strategiche funzioni ecologiche. Tutto questo determina una sorta di *desertificazione* delle coste sabbiose.
Per questo è necessario individuare modalità di fruizione e criteri di manutenzione delle spiagge indispensabili per una corretta gestione al

Rischio idraulico. Alluvione del 2009 in Veneto

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 64 12/02/2013 10:45:50



Vegetazione marina. Fanerogame

fine di eliminare o minimizzare l'impatto prodotto da un approccio errato nella gestione dei rifiuti negli ambienti costieri.

I principali meccanismi di impatto che agiscono (o che hanno influito anche storicamente) sugli ambienti dunali sono distinguibili in: meccanismi generali di demolizione dei depositi, meccanismi specifici di danneggiamento dei depositi e delle fitocenosi, meccanismi di impatto, a cui si affiancano misure di tutela e mitigazione dell'impatto antropico.

I fondali sono caratterizzati da lineamenti morfologici che sembrano avere una notevole importanza nelle migrazioni di molte specie marine. Tra le strutture morfologiche di fondale d'importanza ecologica vi sono i bassofondali che forniscono indicazioni di grande significato, soprattutto per l'Alto Adriatico (delicato da un punto di vista naturalistico, perché sabbioso, ma biologicamente fertilissimo grazie ai nutrienti portati dal Po e per la sua conformazione geomorfologica).

I bassofondi sono elementi geomorfologici posti poco al di sotto della superficie marina, caratterizzati dall'innalzamento del fondale, il quale può produrre un basso battente d'acqua, sino all'emersione totale. I fattori di impatto antropico sugli ambienti di bassofondale non sono legati tanto ai danni che le forme fisiche possono subire, quanto alla vulnerabilità delle specie animali e vegetali ad esse associate.

I meccanismi di tale impatto ed i suoi effetti dipendono da una molteplicità di fattori quali l'ubicazione di tali ambienti (in particolare la distanza dalla costa), le dimensioni degli stessi, la vulnerabilità degli organismi presenti.

In linea generale, le principali minacce sono identificabili nel sovrasfruttamento delle risorse ittiche e in attività di pesca condotte con tecniche ad alto impatto, nel traffico marittimo di materiali pericolosi (es. trasporti petroliferi), nell'inquinamento chimico, nell'inquinamento da rifiuti solidi, nella riduzione dell'habitat.

Per quanto riguarda le tipologie di intervento, è possibile distinguere le strutture di difesa di una costa in naturali e artificiali. Fra le prime vanno ricordate le spiagge e le dune. Le seconde sono a loro volta classificabili in: opere la cui principale funzione è quella di impedire l'azione erosiva del moto ondoso mediante il rivestimento e il sostegno del terreno a tergo; opere di rifornimento artificiale di sabbia alla spiaggia, per controbilanciare le perdite causate dai processi naturali o da interventi dell'uomo; opere trasversali (pennelli) e, infine, opere parallele distaccate (scogliere, barriere frangiflutti, ecc).

Particolarmente significativa la tipologia delle barriere distaccate, poste in mare al largo della costa. Possono essere apprezzati in una logica di intervento multi obiettivo che considera sia la funzione di difesa del litorale, sia la possibilità di funzionare come elementi di connessione ambientale per la rete ecologica marina. Diventano contesti ideali per l'attecchimento delle specie ittiche, ma anche risorsa strategica per il turismo subacqueo.

Un sistema di barriere con varchi protegge la costa dall'azione erosiva del moto ondoso e lascia passare le onde diffratte, consentendo la deposizione di sedimenti a tergo, senza però garantire un efficace ricambio delle acque ai due lati delle strutture. Poiché la costruzione viene solitamente effettuata a una certa distanza dalla linea di costa, la principale funzione di protezione si esplica nei confronti delle onde più alte, quelle con maggiore capacità erosiva, determinandone una notevole perdita di energia.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 65 12/02/2013 10:45:50

L'efficacia locale di questa tipologia di interventi è in genere assicurata nel medio breve periodo, ma presenta alcuni inconvenienti, quali: un significativo impatto ambientale e paesaggistico; la perdita di naturalità del litorale; la formazione di specchi acquei con scarso ricambio; l'accentuazione dell'erosione verso i litorali sottoflutto rispetto al settore principale; la necessità di manutenzione periodica, soprattutto alle testate, che possono essere danneggiate da fenomeni di escavazione al piede, e dalla concentrazione delle azioni ondose; l'approfondimento dei fondali lato mare, per effetto della riflessione delle onde.

Politiche, programmi e attività di studio relative alla tutela dell'ambiente marino e marino-costiero

L'insieme di norme nazionali e internazionali, convenzioni, regolamenti e direttive finalizzate alla tutela dell'ambiente marino e costiero (in particolare di quello mediterraneo), costituisce una base irrinunciabile di riferimento nel processo di tutela e corretta gestione di tali ambienti.
Oltre alla notevole mole di norme, piani e strumenti multilaterali indirizzati verso la tutela di specie ed habitat, nel corso degli ultimi anni si è registrata una notevole produzione di "linee guida" e "codici di buona pratica", a volte poco diffusi ed in alcuni casi anche ridondanti.

Interventi per la difesa dei litorali dall'erosione

L'Italia con circa 8.000 Km complessivi di coste fra terraferma e isole è il Paese a più alto rischio di erosione delle coste marine in Europa: lungo 2.400 Km sono evidenti gli effetti di una significativa erosione. Circa la metà sono duramente colpite da questo fenomeno, con arretramenti medi superiori ai 25 metri negli ultimi 40-50 anni. Ammontano a più di 54 kmq le superfici costiere italiane erose, interi arenili sono fortemente arretrati o completamente scomparsi determinando danni rilevanti per l'ambiente e l'economia.
Gli interventi che si renderanno necessari nei prossimi anni per arginare l'erosione sono ingenti, e per essere efficaci non potranno non integrare le politiche di conservazione con le politiche di espansione residenziale e produttiva, limitando queste ultime per non doverle successivamente difendere dall'erosione a costi crescenti. Molti tratti di litorale sono in erosione nonostante siano stati pesantemente difesi con una molteplicità di tipologie di intervento, che hanno determinato un degrado paesaggistico ed una significativa riduzione del valore economico della spiaggia.
Anche in Italia sempre più frequentemente si utilizzano protezioni "morbide" nella difesa dei litorali: scogliere sommerse e ripascimento artificiale delle spiagge, spesso senza alcuna protezione. Alcuni tratti della costa italiana sono stati oggetto di importanti interventi di ripascimento con sabbia prelevata dalla piattaforma continentale, che hanno portato ad un'espansione dell'arenile di svariate decine di chilometri, spesso consentendo una drastica riduzione delle difese tradizionali.
Pertanto, la necessità di inserire un sistema di difesa costiera comporta un'attenta analisi di tutti gli aspetti che rendono tale intervento utile alla collettività. La scelta dell'intervento a volte è condizionata da diversi fattori in grado di soddisfare contemporaneamente requisiti di efficacia, economicità, velocità di intervento e minor impatto ambientale. Spesso tali requisiti non possono essere rispettati contemporaneamente: il raggiungimento di uno di essi comporta una riduzione degli altri.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 66 12/02/2013 10:45:50

2. Tutela dell'ambiente marino-costiero. Ripascimento dei litorali. Il caso di Pellestrina (Venezia). Prima (a sinistra) e dopo (a destra) gli interventi (fonte: Magistrato alle Acque di Venezia)

Un esempio è costituito dalla necessità di costruire opere di difesa costiera che siano in grado di garantire buona resistenza al moto ondoso con relativa diminuzione dell'erosione delle spiagge per periodi di tempo elevati. Questi requisiti sono soddisfatti da un'opera di tipo rigido (ad esempio una scogliera longitudinale) che comporta un inevitabile aumento dei costi e dei tempi di costruzione. Non a caso tra una scelta di difesa di tipo morbido (ripascimento puro) e una scelta progettuale di tipo rigido (ripascimento protetto da strutture rigide), l'aspetto economico assume un peso piuttosto consistente: mentre la prima necessita di un impiego di risorse iniziali limitate e maggiori costi di manutenzione, la seconda è caratterizzata da un impegno finanziario iniziale considerevole, a fronte di una maggiore efficacia e durata dell'opera.

Erosione degli arenili e ingressione marina

Tenuto conto che la subsidenza è un fenomeno irreversibile e che la componente naturale è ineliminabile, occorre azzerare o ridurre sensibilmente nel più breve tempo possibile la subsidenza dovuta a cause antropiche. Occorre a tal fine ridurre il prelievo di acqua dalle falde ed evitare la concessione allo sfruttamento di nuovi pozzi di metano a terra e a mare, in una fascia di 3 km dalla linea di costa. È utile anche portare a sistema la reintroduzione di fluidi all'interno dei pozzi esistenti per riequilibrare la pressione isostatica, in particolare per quei pozzi i cui effetti di sfruttamento si estendono fino alla fascia costiera.

Da quando sono state vietate le escavazioni in alveo si sono formati consistenti materassi di sovralluvionamento lungo il corso medio-alto dei fiumi, il più delle volte subito a monte di opere di regimazione. Queste opere impediscono lo scorrimento di sabbia e ghiaia al mare e aumentano il rischio idraulico lungo il corso. Non è da escludere l'ipotesi di rimozione delle opere che hanno ormai esaurito la loro funzione originaria e, negli altri casi, la possibilità di traslare a valle i materiali di sovralluvionamento. Occorre peraltro evitare, o valutare attentamente, la realizzazione di nuove opere di sbarramento dei corsi d'acqua per la creazione di bacini per approvvigionamento idrico locale.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 67 12/02/2013 10:45:51

Difesa e riqualificazione degli arenili

Il ripascimento artificiale con sabbie sottomarine è la tipologia d'intervento ottimale per la difesa del litorale. Il ripascimento riduce il deficit cronico dei sedimenti in circolazione lungo costa, favorisce lo sviluppo del turismo poiché produce un allargamento delle spiagge, si concilia con la strategia di lungo termine che prevede il riequilibrio del litorale per via naturale. Produce anche effetti positivi sulle spiagge limitrofe e sui fondali antistanti, a fronte di un impatto ambientale pressoché nullo, di facilità e rapidità di trasporto e di bassi costi unitari della sabbia.

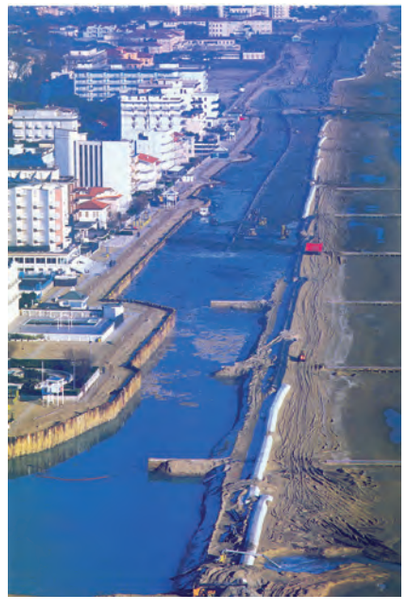
Ambiti litoranei interessati dalla bocca di porto di Lido. Il territorio di Cavallino-Treporti

Il territorio del Comune di Cavallino Treporti è interessato da una generale situazione di rischio idrogeologico. Si tratta della sommatoria dei rischi dovuti alla scarsa efficienza della rete irrigua minore, all'effetto dei cambiamenti climatici in atto, alle esondazioni fluviali in destra Sile all'inizio del litorale del Cavallino, esternamente all'ambito del bacino.
Inoltre, in coincidenza con le vicende correlate all'alluvione del 1966, l'intero territorio venne inondato dal mare e a seguito di questo evento, lungo l'intero fronte litoraneo fu costruita una struttura rigida di difesa con palancolate, gradonate e pennelli di protezione.
Tuttavia, il rischio da mareggiate è ancora presente nei territori retro costieri, mentre lungo la fascia litoranea permane alto il rischio di mareggiate con asporto, talora significativo, di terreno.
Ciò genera un danno ambientale, ma anche economico, trattandosi di aree soggette ad utilizzo prevalentemente turistico.

Riqualificazione della testata di Punta Sabbioni

Il settore idraulico governato dall'idrovora Punta Sabbioni e dal canale consortile principale Zambon è stato assunto quale elemento di riferimento geografico delle trasformazioni, anche in considerazione del fatto che in tale contesto si registra la mappatura di aree esondabili ogni 5-7 anni. Tale ambito richiede azioni di pianificazione e recupero delle aree prospicienti le bocche di porto interessate agli interventi di regolazione delle maree.
Integrando obiettivi di sviluppo turistico e urbano, conservazione della funzione produttiva e valorizzazione del paesaggio agricolo lagunare, così come di fruizione pubblica delle aree del litorale e di conservazione degli habitat presenti, si tende a soluzioni capaci di integrare queste eterogeneità. È un approccio alternativo a quello che fissa demarcazioni precise o, peggio, forma enclave o interclusioni delle aree agricole esistenti, nel momento in cui le aree prospicienti le bocche di porto assumessero una destinazione esclusivamente urbana.
L'ipotesi di connotare questo luogo come *Parco agricolo degli orti-giardino e dei frutteti lagunari* può diventare punto di convergenza e condensazione di diverse aspettative. Può essere elemento di richiamo e attrattività turistica cui rispondere con soluzioni quali l'agriturismo e l'albergo diffuso, supportati da interventi di riqualificazione dell'ambiente agricolo nel suo complesso, mediante un piano degli interventi di valorizzazione del paesaggio (recupero dei percorsi agricoli, piantumazioni arboree legate al paesaggio agricolo lagunare, etc.) e interventi volti al riequilibrio idrogeologico e al miglioramento della qualità delle acque. Al contempo può diventare elemento di costruzione di un'identità di questa porzione di territorio, giovane nella sua costruzione geomorfologica,

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 68 12/02/2013 10:45:51



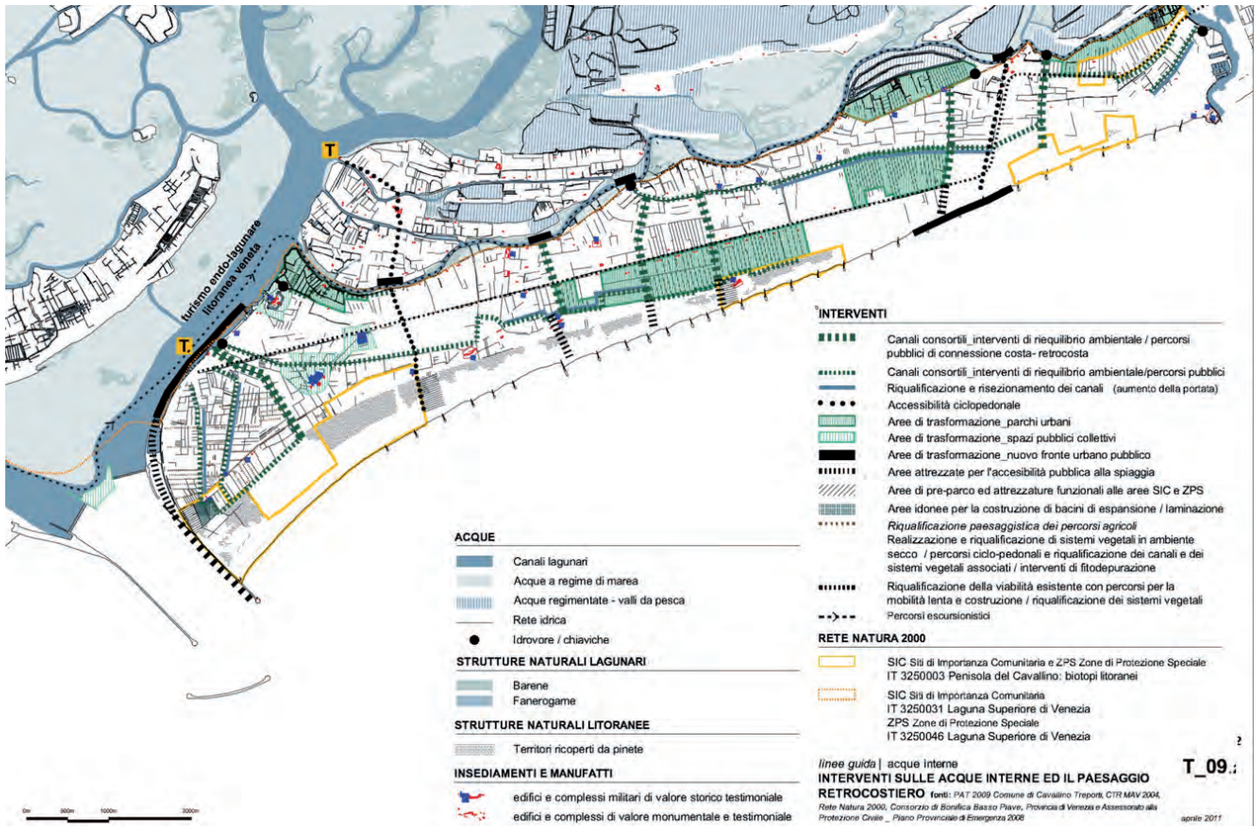
3. Tutela dell'ambiente marino-costiero. Ripascimento dei litorali. Il caso di Jesolo (Venezia). Prima (a sinistra) e dopo (a destra) gli interventi (fonte: Magistrato alle Acque di Venezia)

ma compromesso da interventi non pianificati che non hanno prodotto né la costruzione di spazi pubblici, né la costruzione di connessioni ambientali o urbane.
I temi di lavoro individuati sono: riqualificazione della rete irrigua consortile e gestione del rischio idraulico; costituzione del nuovo 'Parco agricolo degli orti- giardino e dei frutteti lagunari' e connessioni con gli insediamenti urbani e lagunari; realizzazione di spazi pubblici di connessione e valorizzazione del fronte urbano.

Interventi sulle acque marine e il paesaggio costiero

Sono formulate ipotesi di gestione del rischio che tengano conto della gradualità dei fenomeni legati alle previsioni stimate. Unitamente, si propongono interventi che cercano, in una logica multi-obiettivo, di restituire connettività ecologica e ambientale al territorio costiero del Cavallino.
Il primo scenario (*scenario a*) mette in campo ipotesi e interventi di *difesa morbida*, ossia opzioni di intervento che ricalcano il solco delle difese naturali da mareggiate (estensione dei litorali e sistemi dunali). Si prevedono a tale proposito: interventi di solo ripascimento dei litorali; sostituzione delle attuali difese artificiali con la realizzazione di un sistema difensivo costituito da prima duna-retroduna-seconda duna, che occupa uno spessore costiero di circa 50 metri attualmente occupato dalle attività turistiche all'aperto (campeggi). Le occupazioni di suolo dovrebbero essere compensate con incentivazioni alle attività turistiche. Come risultato si ottiene un sistema di parco pubblico continuo su tutta l'estensione del litorale.
Il secondo scenario (*scenario b*) contempla una situazione più gravosa, dove le difese non sono sufficienti a garantire la sicurezza dei territori retro-costieri. Si procede a una regressione degli insediamenti e ad un'ipotesi di trasferimento delle attrezzature turistiche fronte spiaggia e di accessibilità alle spiagge, sul margine meridionale del previsto Parco della bonifica. Si tratta di una soluzione "estrema", ma in grado di fornire una risposta a un problema indifferibile quale l'innalzamento del livello medio marino oltre certe soglie livelli. Tale opzione prevederebbe una ricollocazione dei campeggi in un ambito appena più a nord di via delle Batterie e porterebbe a una riconfigurazione radicale dell'at-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 69 12/02/2013 10:45:53



MAV_progetto_Tema_v4a.indd 70 12/02/2013 10:45:53

tuale assetto insediativo lungo la fascia litoranea in direzione di una rinaturalizzazione della fascia stessa.
Gli scenari successivi (*scenario c, d*) contemplano le ipotesi d'insufficienza delle difese messe in campo a fronteggiare il rischio da mareggiata, attraverso la realizzazione di opere di difesa frangi-onda sommerse.
La particolare conformazione del fondale litoraneo del Cavallino registra una pendenza decisamente inferiore a quella prospiciente i litorali veneziani, per cui si è ritenuto di ipotizzare interventi (per fasi successive calibrate su effettive necessità di difesa) di realizzazione di barriere sommerse su fondali di 4,5-5 metri di profondità.
Particolarmente significativa è la tipologia delle barriere distaccate, poste in mare al largo della costa. In una logica di intervento multi-obiettivo, esse garantiscono sia la funzione di difesa del litorale, sia la connessione ambientale per la rete ecologica marina (diventano contesti ideali per l'attecchimento delle specie ittiche). Ma sono anche una risorsa strategica per il turismo subacqueo.

4. Relazione fra aree a rischio idraulico e aree urbanizzate. Comune di Cavallino-Treporti

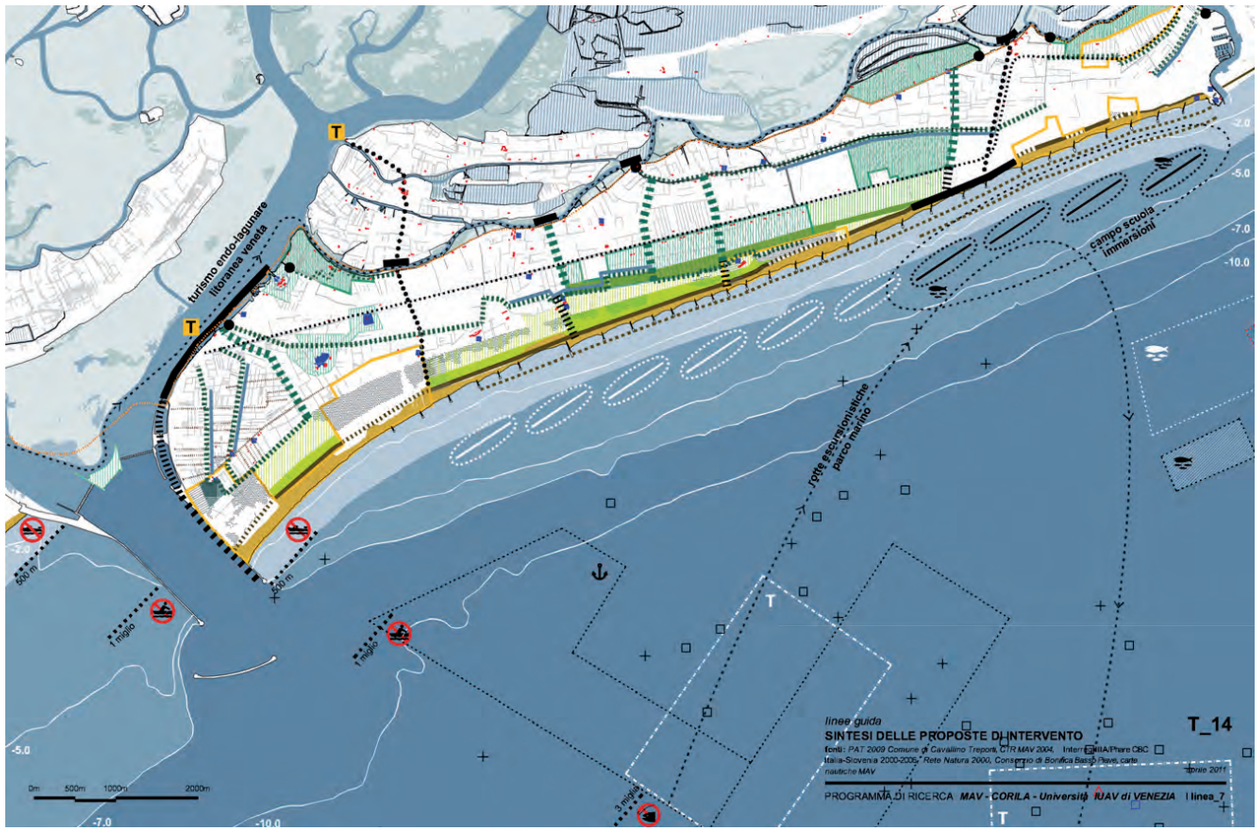
Sintesi conclusiva delle proposte di intervento

Il territorio della penisola del Cavallino, quale tratto costiero di riferimento, è significativo di una casistica costiera più estesa. In esso si sono valutati rischi e tendenze evolutive dei fenomeni in atto, ma anche opportunità di inserire fattori di correzione all'interno di processi di pianificazione paesaggistica della costa. Una istanza di pianificazione è definire una strategia per il territorio costiero veneto.
Qui si esprimono le dinamiche generative terra-acqua, influenzate dall'acuirsi dei fenomeni legati ai cambiamenti climatici in atto.
L'impostazione non può che essere integrata e finalizzata ad attivare sinergie tra territori costieri e retro-costieri e i paesaggi che li esprimono.

5. Interventi sulle acque interne e il paesaggio retro costiero. Comune di Cavallino-Treporti

Lo studio di *good practise* e le verifiche effettuate sul tratto costiero della penisola del Cavallino hanno messo chiaramente in evidenza come lo strumento dell'elaborazione di scenari sia fondamentale per orientare, nel breve e lungo termine, strategie economiche e di pianificazione. Esse possono fornire le corrette informazioni alla pianificazione locale e di settore.
Solo una visione strategica generale può fornire le linee guida agli interventi nell'ottica di processi di riequilibrio tra sfruttamento turistico-insediativo della costa e necessità di attivare progetti e processi mirati a riqualificare la componente paesaggistica e ambientale.
La riconnessione di *trame direzionate e multifunzione* che sappiano dare risposta a esigenze di riequilibrio idrogeologico ed ambientale, unitamente alla necessità di rendere accessibile il territorio, 'a basso impatto' (economico e di consumo di suolo), sembra essere una strada percorribile per il territorio retro-costiero del Comune di Cavallino – Treporti. E ciò nella prospettiva di orientare indirizzi alla riqualificazione paesaggistica di un territorio che, soprattutto nelle parti di formazione più recente, rischia di perdere i suoi connotati morfologici.
In qualsiasi caso ed entità del fenomeno da fronteggiare, è necessario che la soluzione adottata non produca processi di deperimento del territorio e dovrebbe invece produrre beneficio per la collettività, non solo in termini di sicurezza, ma anche di qualità ambientale e paesaggistica.
Il recupero ai campeggi esistenti di una fascia retro-spiaggia di cinquanta metri può essere gestita in modo diverso: concessione di incentivi urbanistici agli operatori turistici, con opportune strategie di cessione di tale fascia, ma soprattutto con l'internalizzazione del rischio nel discorso urbanistico. Ciò andrebbe oltre gli schemi perequativi e la transazione di crediti edilizi. Le

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 71 12/02/2013 10:45:53



6. Sintesi delle proposte di intervento

necessità di difesa costiera diventerebbero così opportunità per la collettività, in termini di qualità della vita. La penisola del Cavallino potrebbe avere un parco pubblico lineare lungo tutta la linea retro-spiaggia con dotazione di attrezzature a servizio della spiaggia e degli insediamenti. Si realizzerebbero anche le condizioni per riattivare un corridoio ecologico di sistema dunale lungo tutta la linea di difesa costiera. Il passaggio dalle sole difese 'morbide' dell'erosione costiera della linea di riva, a opere di difesa integrate, da realizzarsi con interventi in grado di adottare nuove tecniche (quali, ad esempio, tecniche di ripascimento protetto *a celle* come quelle sperimentate lungo il litorale di Pellestrina) potrebbe generare un significativo valore aggiunto per l'economia locale e il suo bilancio ambientale.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 72 12/02/2013 10:45:54

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 73 12/02/2013 10:45:54

MAV_progetto_Tvna_vca.indd 74 12/02/2013 10:41:55

Il paesaggio lagunare e la pianificazione degli usi antropici nel quadro dei cambiamenti e delle misure di adattamento e di mitigazione

Riqualificazione e riprogettazione di alcune aree di terraferma prospicienti la laguna di Venezia

Responsabile scientifico Domenico Patassini, IUAV

Coordinatore del progetto Stefano Rocchetto, IUAV

Gruppo di ricerca Monica Bosio, Tommaso Fornasiero, Valentina Gambelli IUAV-FA

La ricerca mette a sistema le principali questioni che caratterizzano l'area lagunare veneziana, con particolare attenzione al quadrante centro meridionale, e le proietta verso soglie temporali future, nell'intento di definire degli scenari coerenti.

I punti di riflessione sono stati i seguenti: problemi, ovvero il deficitario scambio dei sedimenti laguna-mare e la progressiva modificazione della morfologia lagunare; temi, o la ridefinizione morfologica del waterfront lagunare e la riconversione funzionale dell'area industriale di Porto Marghera e la sua accessibilità dal mare; i progetti recenti, ovvero il sistema Mo.S.E. e la previsione di un porto commerciale e petrolifero off-shore; gli scenari, ossia la interazione delle tematiche suddette in relazione ai cambiamenti climatici previsti alla soglia del 2100, con speciale riferimento all'aumento del livello del mare.

I problemi che gravano sulla laguna veneziana riguardano soprattutto il suo degrado morfologico. La laguna di Venezia, in particolar modo quella centrale, è caratterizzata da uno scambio di sedimenti con il mare altamente deficitario. Questo comporta l'aggravarsi dei fenomeni erosivi, la riduzione delle aree a barena e conseguentemente l'abbassamento dei fondali e l'aumento del livello delle acque in parti sempre più estese del bacino lagunare. Si può affermare che negli ultimi cento anni si è manifestato un processo molto rilevante di modificazione della morfologia lagunare che, se non verrà arrestato, con ogni probabilità porterà la parte centrale dello specchio d'acqua a sud di Venezia ad assumere caratteristiche più simili ad un golfo marino che ad una vera e propria laguna. Le cause che hanno determinato questo processo sono numerose e alcune risalgono a molti secoli orsono.

Anche il fenomeno dell'acqua alta in laguna è strettamente correlato alle condizioni morfologiche e idrodinamiche ed è destinato a essere in futuro sempre più frequente a causa dei cambiamenti climatici previsti. La salvaguardia di Venezia e delle isole minori costituisce già da decenni il perno di molti interventi e investimenti in termini economici e di ricerca e il progetto delle opere di difesa alle bocche di porto è il principale intervento del complesso dei provvedimenti che il Magistrato alle Acque di Venezia ha intrapreso per la salvaguardia del territorio lagunare, e con esso vi sono interventi di rialzo delle fondamenta di Venezia e di alcune isole, la ricostruzione di barene e velme e gli interventi sui bordi interni ed esterni dei cordoni litoranei.

Scenari di crescita del livello del mare e interventi

In questo contesto il progetto di ricerca ha inteso calcolare, rispetto a due soglie temporali (2050 e 2100),

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 75 12/02/2013 10:45:55

quante volte le paratie mobili alle bocche di porto entreranno in funzione nell'arco di un anno se si assumono i dati relativi alle previsioni di innalzamento del livello del mare, a scala globale e locale.

Per calcolare il numero delle maree superiori a 110 cm./s.m.m. (livello oltre il quale entra in funzione il sistema di paratie mobili alle bocche di porto) sono stati presi in esame i valori massimi delle previsioni al 2100 sull'aumento dell'Adriatico elaborate da: I.P.C.C. 2007, C.N.R. 2008, M.AV. 2010 e le analisi statistiche dei livelli di marea astronomica, nel periodo 2000-2009, elaborate dall'I.C.P.S.M del Comune di Venezia.

Per calcolare le ore annue in cui le paratoie entrerebbero in funzione, sono stati assunti inoltre, altri due fattori di natura tecnica: il tempo necessario al sistema di paratie per raggiungere la posizione di chiusura e viceversa (4-5 ore) e i falsi allarmi (30%).

Nel 2050, considerando le previsioni di aumento del livello del mare Adriatico secondo i due scenari I.P.C.C. (+29.5 cm) e del Magistrato alle Acque di Venezia (+25 cm) si può prevedere con buona approssimazione le volte in cui le bocche di porto resteranno chiuse per fronteggiare maree di 110 cm s.l.m. e oltre. Se si avverassero le previsioni dell'I.P.C.C. saranno 105,43 casi/anno, pari al 6,02 % delle ore totali/anno, mentre, se si avverassero quelle previste dal M.A.V., saranno 74,1 casi/anno, pari al 4,22 % delle ore totali/anno.,

In entrambi gli scenari si può ragionevolmente ritenere che il sistema di difesa dalle "acque alte" predisposto, assieme ai dispositivi per consentire la circolazione dei natanti a paratoie chiuse (conche di navigazione) dovrebbe garantire l'operatività del Porto Commerciale e delle attività industriali presenti e future insediate nell'area di Porto Marghera.

Diverse appaiono le conclusioni a cui si perviene considerando lo scenario al 2100.

Le previsioni più negative formulate dall'I.P.C.C. nel 2007 indicano in +59 cm l'aumento del mare Adriatico. A fronte di questo dato si prevede che le bocche di porto saranno inagibili per 619,84 casi/anno pari al 35,37 % delle ore totali/anno. Questi dati lasciano prevedere che il fenomeno dell'acqua alta si manifesterà quasi tutti i giorni dell'anno, e molte volte più volte al giorno.

Le ipotesi formulate dal C.N.R. ISMAR nel 2008, prevedono un aumento del livello del mare di +53 cm. Assumendo questa indicazione le bocche di porto saranno inagibili per 478 casi/anno, pari al 27,28 % del totale ore annue.

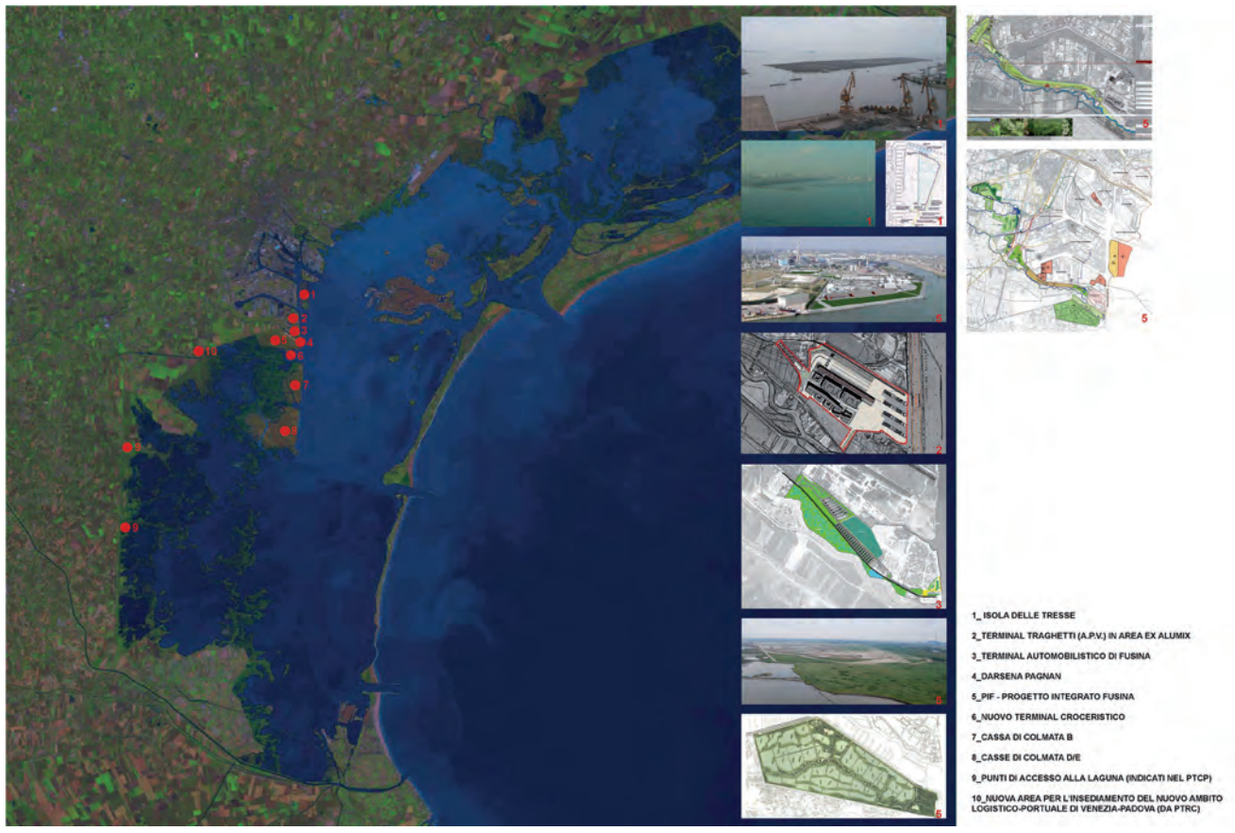
Nell'ipotesi elaborata dal M.A.V. nel 2010, si prevede per il fine secolo un aumento del livello del mare di +50 cm. Se si avverano queste previsioni le bocche di porto saranno inagibili per 429,8 casi/anno pari al 24,53 % del totale ore annue. Questa eventualità non sembra differenziarsi in modo apprezzabile da quella precedente, pertanto gli effetti sul sistema di difesa mobile saranno molto simili e le paratoie resteranno chiuse presumibilmente almeno i 2/3 dei giorni annui.

Va detto che in percentuale, le maree astronomiche con valori più elevati, statisticamente si concentrano in due periodi dell'anno: Dicembre/Marzo e Giugno/Settembre, mentre quelle con valori sopra la media tra Ottobre e Dicembre.

Il fenomeno dell'"acqua alta", quindi, con la conseguente chiusura delle bocche di porto, si presenterà nel 2100, nella previsione più negativa, quasi quotidianamente e spesso anche due volte nello stesso giorno, e nelle due ipotesi più favorevoli, molto spesso, ossia circa 2/3 dei giorni annui.

Al fine di formulare degli scenari futuri, preso atto del profondo degra-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 76 12/02/2013 10:45:55



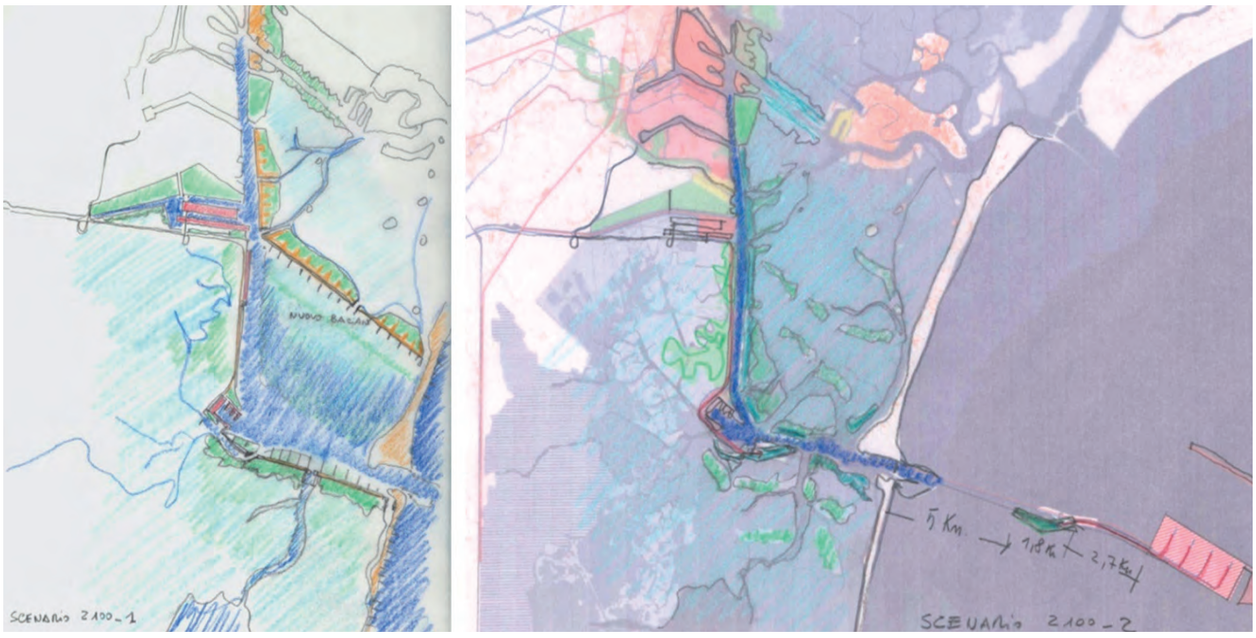
1. Principali progetti in corso di realizzazione o previsti sul bordo della laguna centrale

do dell'ambiente lagunare e del dato per il quale si prevede che nei prossimi decenni la laguna si configurerà come una laguna chiusa agli scambi con il mare è inoltre importante costruire il quadro complessivo dei progetti previsti.

Si sono considerati la laguna centrale e il waterfront interno, dove si concentrano rilevanti opere trasformative, alcune delle quali sono in fase avanzata di realizzazione (marginamenti dell'area industriale e Progetto Integrato Fusina), altre di progettazione (Terminal Autostrade del Mare) o avviate (Terminal container e Distripark); altre ancora sono pianificate, anche da lungo tempo (completamento dell'idrovia e terminal Fusina); infine vi sono opere che solo di recente sono state annunciate, ma i cui tempi di realizzazione ipotizzati dai promotori sono molto stretti (Porto d'altura, in quattro anni).

I progetti evidenziati sul waterfront interno tra il Ponte della libertà e le Cassa di Colmata D/E riguardano principalmente: il settore della riqualificazione ambientale dell'area industriale e del bacino lagunare prospiciente, che può dirsi quasi compiuto relativamente al disinquinamento dei reflui (marginamenti, rete di adduzione, depuratore, area di fitodepurazione e scarico a mare) e avviato per quanto riguarda i suoli (caratterizzazione quasi completata, e interventi per gradi così come definito dal Master Plan delle Bonifiche dei siti inquinati di Porto Marghera); il settore discariche, ossia del trattamento e conferimento principalmente dei fanghi di dragaggio dei canali industriali (Vallone Moranzani, Isola delle Tresse, Molo Sali, ecc.); il settore di sviluppo delle aree portuali di Venezia, comprendente sia la riconversione a usi portuali e logistici, sia la totale dismissione in favore di nuove funzioni con la conseguente estromissione dal

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 77 12/02/2013 10:45:58



2. Scenario 2100/1 e 2100/2, schizzi di studio

perimetro di pertinenza dell'Autorità Portuale del 1965 (Area Marittima, Terminal Autostrade del Mare, Terminal Container e Distripark e relativi adeguamenti infrastrutturali da un lato, e Vega, Terminal Fusina, Darsena Pagnan, oltre ai piani recupero sulle aree di bordo verso la città, dall'altro).

È importante considerare la recente proposta avanzata dall'Autorità Portuale di Venezia di una piattaforma portuale off-shore, che ingloba il progetto del porto petrolifero anch'esso off-shore, previsto, ma non ancora realizzato, a completamento dell'estromissione del transito petroliere dalla laguna.

È un progetto ambizioso che nasce con l'obiettivo di attrarre il traffico intercontinentale che attualmente, passato lo stretto di Suez si dirige nei porti del nord Europa, attraverso Gibilterra. Il porto d'altura, che dovrebbe essere l'elemento principale per aumentare la produttività del Porto di Venezia nel settore logistico, è previsto a otto miglia marine dalla costa.

Le questioni morfologiche e gli effetti che deriveranno dalle nuove condizioni causate dall'aumento del livello del mare alla fine di questo secolo, consentono di fare le seguenti previsioni.

La Laguna di Venezia che storicamente è stata sempre in connessione con il mare Adriatico, diventerà una laguna più chiusa, in cui il ricambio dell'acqua sarà meno frequente e quantitativamente meno importante. Nel caso in cui i fenomeni considerati si accentuassero si potrebbe addivenire addirittura alla definizione di un ecosistema completamente separato dal mare: una Laguna chiusa con caratteristiche fisico-ambientali diverse rispetto all'attuale. Con tale prospettiva si dovrebbe dare maggiore impulso alla realizzazione di opere di bonifica interne alla laguna stessa.

Il sistema produttivo e in particolare quello legato alla attività marittima dovrà fare i conti con una più difficile accessibilità dal mare.

Per far fronte a queste mutate condizioni si dovranno prendere alcune decisioni che determineranno altrettanti assetti fisici e morfologici futuri.

La ricerca propone due scenari progettuali riferiti all'anno 2100.

1. Mantenere aperta la bocca di Porto di Malamocco e realizzare un canale separato artificialmente dal resto della laguna, e in diretto collegamento con

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 78 12/02/2013 10:45:59

il mare per consentire la libera accessibilità all'area industriale e portuale di terraferma (Scenario 2100/1). L'articolata conformazione che si darebbe a questo canale-bacino recepisce le attuali condizioni di degrado morfologico dell'area della laguna centrale, caratterizzata principalmente da un aumento dei fondali, portando alle estreme conseguenze la modificazione in atto nel bacino centrale.

2. Mantenere la separazione della laguna dal mare e migliorare l'efficienza del sistema produttivo spostandone una parte consistente a largo della costa veneziana, in continuità e aderenza con la prevista piattaforma portuale e petrolifera off-shore (Scenario 2100/2).

Per rendere efficiente il sistema, questo nuovo polo logistico dovrebbe essere collegato con l'area di Porto Marghera e con tutto il sistema di entroterra, mediante una infrastruttura su rotaia e su gomma. Nello scenario 2100/2 viene schematicamente prefigurato un possibile tracciato di questo sistema di collegamento, così come dei nuovi assetti funzionali delle aree di terraferma dimesse dalle attività portuali.

La ricerca porta attenzione a un quadro di insieme dove i singoli interventi programmati e previsti concorrono a costruire un processo a tappe che ha come ultimo traguardo temporale il 2100, in linea con le previsioni dei cambiamenti climatici.

L'area territoriale coinvolta nella stesura degli scenari non riguarda più quindi solamente i territori emersi sul tratto di gronda lagunare in questione, ma tutto il bacino che la fronteggia e che ha come contraltare il sistema dei lidi che afferiscono alla bocca di porto di Malamocco e che separano la Laguna dal Mare Adriatico.

A Porto Marghera si registra un aumentato investimento nel settore portuale e della logistica integrata, oltre che un progressivo restringimento del perimetro di pertinenza dell'Autorità Portuale in favore di nuove funzioni (ricerca, terziario, commercio, ricettività): proiettando queste tendenze al 2100 emergono scenari in cui si ipotizza che importanti porzioni di terreni industriali vengano riconvertiti in parti di città complesse e dense che, come Venezia, si rivolgono all'orizzonte lagunare. È questa, una scelta che mira a invertire il fenomeno dell'urbanizzazione diffusa, in favore di una preservazione e implementazione delle campagne dell'immediato entroterra ad uso agricolo.

Sono state esaminate le trasformazioni in atto nella Prima Zona Industriale e nell'area lungo le sponde della foce del Naviglio Brenta, le quali, insieme alla fascia a confine con via F. Bandiera, si configurano come aree di transizione tra le funzioni industriali e i territori circostanti, declinandosi diversamente a seconda che si rivolgano verso assi infrastrutturali (a nord), verso il parco della Laguna (a sud), o verso la città abitata (a ovest).

Nella definizione degli scenari queste trasformazioni vengono assunte come stato di fatto e anche come primo passo verso una nuova riconfigurazione del waterfront di terraferma in questa porzione di Laguna, che dista solo due chilometri dalla città storica di Venezia.

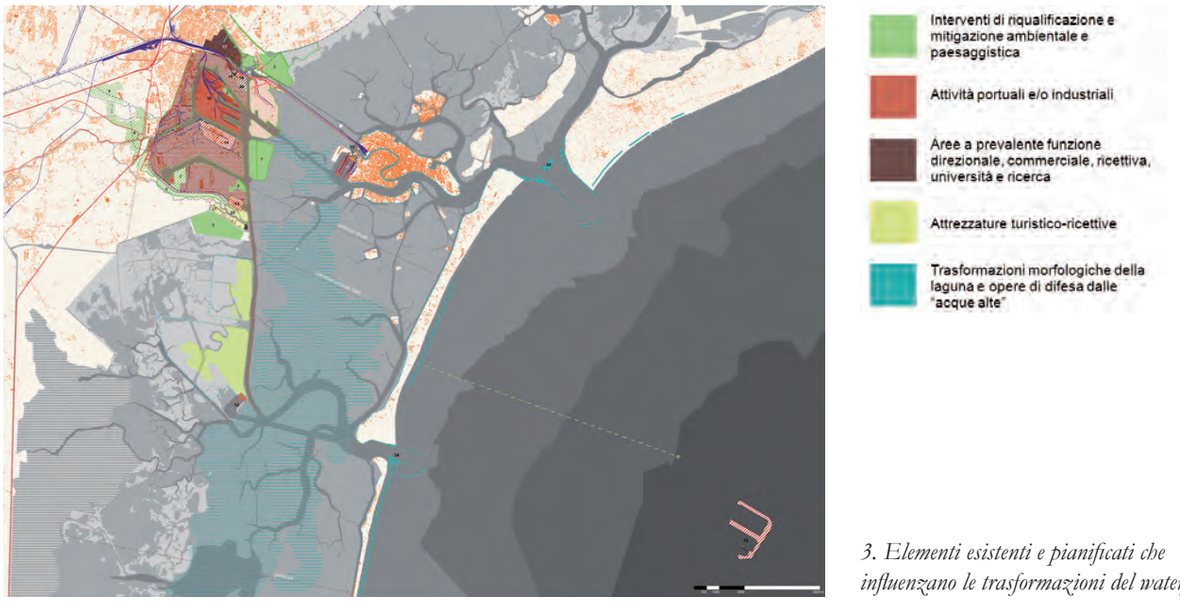
Il contesto di riferimento della ricerca: la laguna centrale e il waterfront interno

La porzione di territorio di interesse della ricerca ricade in due Province (Venezia e Padova) e diversi Comuni (Venezia e Mira, che condividono il corso del Naviglio Brenta, Campagna Lupia e Chioggia che si affacciano sul bordo lagunare di fronte alla bocca di Malamocco).

L'area della laguna centrale e del waterfront interno appare interessata da rilevanti opere trasformative.

Tra le ipotesi rinvenibili in alcuni stru-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 79 12/02/2013 10:45:59



3. Elementi esistenti e pianificati che influenzano le trasformazioni del waterfront

menti di pianificazione vengono evidenziate quelle che incidono sul futuro di questa porzione di territorio: alcune di queste verranno adottate negli scenari/progetto (il completamento dell'Idrovia Padova-Venezia e il recupero ambientale con destinazione a verde urbano e territoriale dell'area della Raffineria e dell'isola dei Depositi).

Si prende atto inoltre dei problemi di ordine morfologico che coinvolgono l'area della Laguna centrale dove, a cavallo del canale Malamocco – Marghera, e sulla linea di partiacque tra le bocche di Malamocco e di Lido, sono molto evidenti fenomeni di erosione delle barene e velme e di appiattimento e aumento del livello medio dei fondali.

I progetti di trasformazione e i programmi di riqualificazione e sviluppo evidenziati sono riferibili ad alcune tematiche fondamentali, che in estrema sintesi riguardano da un lato lo sviluppo di attività produttive (sia relative ad attività portuali e industriali, ma anche derivanti dalla dismissione di queste in favore di attività di altro tipo) e dall'altro interventi finalizzati alla riqualificazione ambientale e al disinquinamento dell'area di Porto Marghera e delle acque lagunari prospicienti.

La macro tematica dei progetti riguardanti il rilancio delle attività produttive nell'area di indagine possono essere distinti in due settori: uno relativo allo sviluppo del settore logistico e commerciale, di iniziativa sostanzialmente dell'Autorità Portuale Veneziana; l'altro afferente a interventi di riconversione di aree industriali dismesse con destinazioni diverse da quelle originali: è il caso dell'area del Vega- Parco Scientifico e Tecnologico, interna alla Prima Zona Industriale e ora riconvertita ad usi del settore terziario, direzionale e ricettivo. Questo è il caso più esteso di una tendenza in atto che vede gradualmente contrarsi il limite di pertinenza di Porto Marghera nella sua configurazione del 1965, a vantaggio del tessuto urbano circostante di Marghera e di Mestre, per ovvie ragioni di accessibilità infrastrutturale e opportunità di connessione con i centri abitati e come conseguenza della conclamata crisi del settore della chimica, iniziata negli anni '90.

È proprio la crisi dell'industria chimica che negli anni '90 lascia spazio alla denuncia del degrado ambientale dovuto a settant'anni di attività industriale; si prende atto che l'elevato in-

4. Laguna di Venezia. Cassa di colmata A, Isola delle Tresse, Vallone Moranzani e Parco di San Giuliano

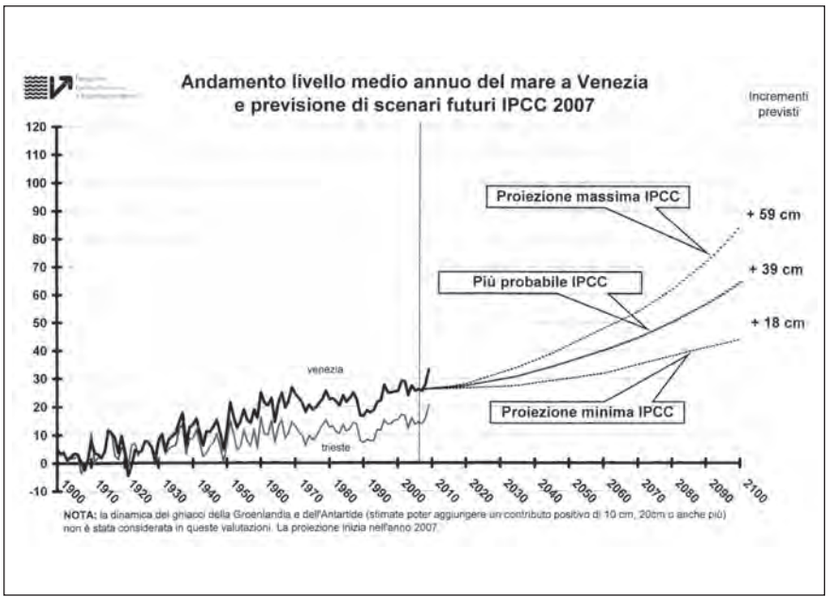
MAV_progetto_Tema_v4a.indd 80 12/02/2013 10:45:59

quinamento non è circoscrivibile solo all'area industriale in senso stretto, ma ne varca i confini e provoca gran danno a tutto l'ambiente circostante. Si è venuta così consolidando una coscienza collettiva sulle gravi conseguenze che le attività industriali hanno prodotto sull'uomo e sull'ambiente, la quale ha innescato una serie di importanti atti legislativi e piani finalizzati al disinquinamento e alla prevenzione.
La riqualificazione ambientale dei reflui e quindi dello specchio lagunare è oggi avviata e in parte compiuta, (Piano Integrato Fusina, Marginamenti dell'area S.I.N. di Porto Marghera), mentre la bonifica dei suoli dell'area industriale segue i tempi della dismissione e trasformazione delle singole aree produttive, all'interno del quadro programmatico del Master plan delle Bonifiche dei Siti Inquinati di Porto Marghera del giugno 2004.
Restano aperte le questioni afferenti l'inquinamento dell'intero bacino scolante che sversa in laguna, che impedisce, tra l'altro, di progettare interventi che contrastino il deficit sedimentologico lagunare, attraverso la reintroduzione di sbocchi in laguna delle foci dei fiumi.

SCENARI/PROGETTO PER IL XXI SECOLO

Gli scenari/progetto hanno l'obiettivo di prefigurare delle ipotesi di trasformazione dell'area lagunare, nel periodo da oggi al 2100.
Essi assumono come base di partenza lo stato di fatto precedentemente descritto, che si configura in parte anch'esso come scenario, perché riporta come realizzati anche progetti che ancora non lo sono, ma che, seppure con un diverso stato di attuazione e/o previsione, rivestono comunque un carattere contingente.
Questa simulazione ha la finalità di agganciare gli scenari/progetto ad uno presente leggermente proiettato al futuro rispetto all'effettivo stato attuale della conformazione del Sistema Laguna.
Gli scenari/progetto sono soluzioni adattive delle politiche economiche, specialmente quelle relative alle attività del porto commerciale, senza mettere quindi in discussione l'esistenza di un polo produttivo nel territorio veneziano, i cui modi di collocarsi e trasformarsi devono però necessariamente essere verificati sul sistema ambientale di cui è parte. La difesa dalle "acque alte" dei centri storici della laguna di Venezia resta fattore imprescindibile, così come la salvaguardia e il ripristino dell'ecosistema lagunare.
Non esiste però conservazione senza modificazione e la storia stessa di Venezia fin dalle sue origini è in tal senso esemplare: le scelte operate nei secoli a tutela e gestione dell'ambiente lagunare hanno da sempre avuto come obiettivo ultimo la sopravvivenza del sistema laguna in quanto ambiente abitato e quindi caratterizzato da un uso del territorio per finalità economiche e produttive.
Per centinaia d'anni un'intera economia locale ha sostenuto una città che fu tra le più popolate d'Europa : i suoli emersi erano coltivati, gli specchi d'acqua utilizzati per la pesca, i canali per la navigazione, le correnti per il funzionamento dei mulini, sia di terra che galleggianti e mobili, l'argilla per i mattoni, la sabbia per il vetro. La diversione dei fiumi o l'apertura del canale di Santo Spirito servirono a migliorare la navigazione interna; la costruzione sui bordi barenili di barriere di terra riportata e strutture lignee, servì per secoli a proteggere le vigne e gli orti dal vento e dalle maree.
Ma oggi, diversamente dal passato, Venezia non è più solo di sé stessa, il suo ambito di sussistenza e gestionale non è più delimitato dalla conterminazione lagunare e dal suo immediato entroterra. Oltre ai benefici che possono derivare da un'attenzione nei suoi confronti che varca i confini

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 81 12/02/2013 10:46:00



5. Andamento livello medio annuo del mare a Venezia e previsione di scenari IPCC 2007 (fonte: Centro Previsioni e Segnalazioni Maree, Comune di Venezia)

non solo regionali, ma anche nazionali, esiste anche il rischio dichiarato derivante dalla monocultura dell'economia turistica, con ovvie e già avvertite conseguenze.

In questo quadro, gli scenari/progetto formulati perseguono l'opportunità di uno sviluppo insediativo in cui convivenza ed eterogeneità funzionale vengono riconosciuti come valore e volano per una idea di Venezia e del suo ambiente come soggetto, più che sfondo mitico.

Per l'ampiezza del periodo da oggi (2010) al 2100, si ritiene utile evidenziare uno scenario/progetto intermedio, collocato nel 2050, che recepisce quindi i valori intermedi delle previsioni sull'innalzamento del livello del mare riferite al 2100, e costituisce una sorta di stralcio intermedio dei lavori.

Alla data del 2100 sono stati invece individuati due scenari/progetto alternativi, entrambi finalizzati al mantenimento e sviluppo delle attività portuali in territorio veneziano, ma che si distinguono per differenti soluzioni della connessione infrastrutturale tra mare e waterfront portuale di terraferma e per visioni distinte dell'evoluzione della morfologia lagunare.

Scenario/progetto al 2050

Per quanto descritto in precedenza, si può ragionevolmente ritenere che il sistema di difesa dalle "acque alte" predisposto, abbinato alle conche di navigazione, dovrebbe garantire la salvaguardia di Venezia e del Sistema lagunare oltre che l'operatività del Porto commerciale e delle attività industriali presenti e future insediate nell'area di Porto Marghera.

Se si assumono come realizzate le opere e le politiche indicate in precedenza, è possibile delineare alcuni scenari che concorreranno a definire l'assetto della laguna centrale e del suo waterfront nell'anno 2050.

Politiche di nuova urbanità

Se l'intenzione vuole essere quella di riconvertire zone produttive o a servizio della mobilità in aree caratterizzate da elevata urbanità, con un alto livello qualitativo degli spazi pubblici e collettivi, che siano vissute continuamente nella giornata e in tutti i periodi dell'anno, occorre pensare a interventi di riconversione morfologica e di ruolo all'interno del territorio cittadino che prevedano una forte complessità funzionale con una forte quota di nuove quantità residenziali. Ciò è

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 82 12/02/2013 10:46:00

6. Scenario di progetto al 2050

indispensabile anche in funzione del contenimento dell'espansione urbana nell'entroterra e del consumo di suolo agricolo.

Trasformazione delle isole della Raffineria e dei Depositi

Le previsioni e i vincoli urbanistici attuali, indicano l'espansione del parco urbano di San Giuliano, verso sud e in particolare nell'isola della Raffineria e in quella vicina dei Depositi, anche se un recente provvedimento governativo ha rinnovato la concessione dell'area all'ENI per altri venticinque anni.

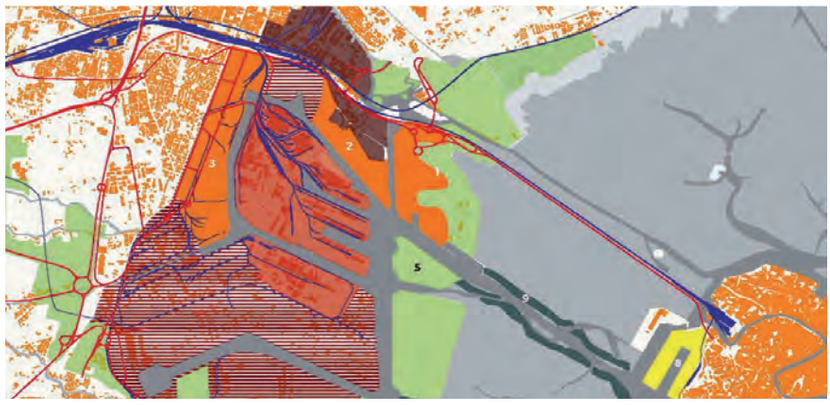
Gli esperti del settore non sono concordi nel prevedere quando si esauriranno i giacimenti di combustibile fossile. In ogni caso, si ritiene che una raffineria collocata tra un'area ad alto valore aggiunto, come quella della prima zona industriale ormai del tutto trasformata a funzioni pregiate, e a soli tre chilometri da Venezia, non possa essere confermata.

Si propone che le due isole siano convertite in aree a parco, ma con una quota significativa di nuova edilizia soprattutto residenziale, servizi e attrezzature culturali.

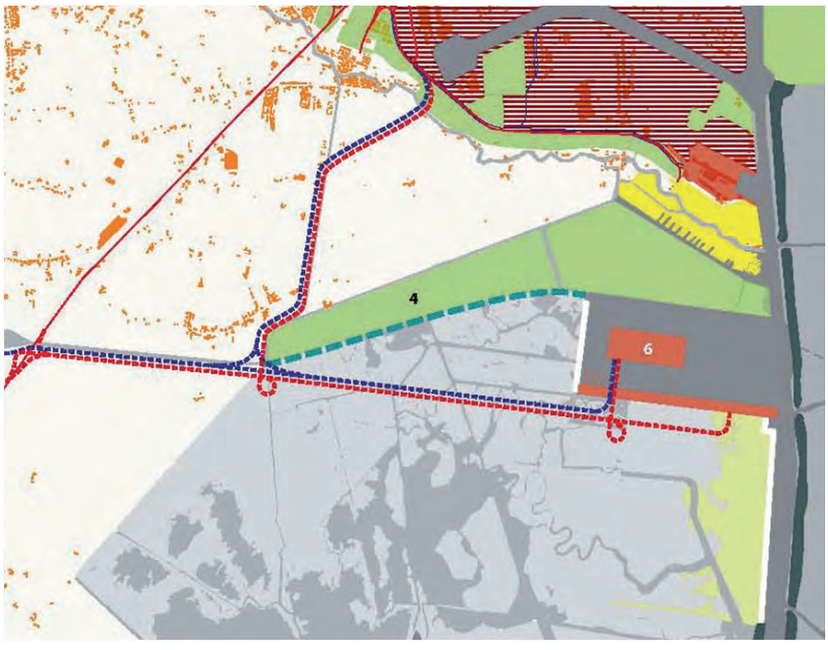
Diviene necessario, se l'intenzione è quella di realizzare nuove e importanti quote di "urbanità", ricollocare nuove quantità di abitanti, ripensando criticamente ai modi dell'espansione recente, al fine di determinare una *mixitè* funzionale e sociale che è l'unica condizione che può garantire il recupero urbanistico dell'intera area di bordo - compresa quella già definita del Vega che è in generale monofunzionale terziaria – e, in termini più generali, della città del futuro.

La possibilità di realizzare un nuovo insediamento che si possa affacciare sulla laguna a poca distanza dalla città storica sembra un'occasione formidabile per riflettere su alcuni importanti progetti tematicamente simili: il con-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 83 12/02/2013 10:46:04



7. Scenario di progetto al 2050. Dettaglio. Aree urbane (in arancione) e di riqualificazione ambientale e paesaggistica (in verde)



8. Scenario di progetto al 2050. Dettaglio. Area tra la foce del Naviglio Brenta e la Cassa di Colmata B; completamento dell'Idrovia e nuovo Porto Coceristico

corso per il CEP di San Giuliano di Ludovico Quaroni del 1959; il progetto Novissime per il concorso dell'isola del Tronchetto di Giuseppe Samonà del 1969; le residenze studentesche di St. Andrews University, in Scozia di James Stirling del '68; il progetto per la città di Tietè, Sao Paulo, di Paulo Mendes da Rocha, 1980.

Trasformazione delle aree nella prima zona industriale.

Nel processo di riconfigurazione della prima zona industriale, si prevede che si completi entro l'anno 2050 la riconversione delle rimanenti aree a completamento e con un assetto funzionale complementare dei quattro settori del Vega.

Come nel caso precedente, il progetto si deve articolare rispetto a più temi: la realizzazione di un fronte urbano che si affaccia sui due canali, Brentella e Nord; i modi dell'affaccio sulla via della Libertà che anch'essa dovrà riconfigurarsi come un viale urbano rimodellando la sua sezione che può approfittarne della eliminazione del fascio di binari che attualmente sono al servizio della raffineria; infine, il completo ripensamento degli spazi collettivi di relazione che dovrebbero coinvolgere sia gli spazi aperti tra gli edifici che gli attacchi a terra degli stessi.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 84 12/02/2013 10:46:04

Trasformazione dell'area della foce del Naviglio Brenta

La foce del Naviglio Brenta innerva un'area soggetta a importanti modificazioni, e si configura come luogo di relazione tra funzioni più strettamente produttive e funzioni ricettive, ma anche come soglia tra ambiente costruito e parco lagunare.
Nella previsione che si proceda nel solco del già avviato processo di riconversione industriale nella direzione di attività produttive a basso impatto ambientale, anche in relazione dell'ormai realizzato parco lineare del Vallone Moranzani, via dell'Elettronica a Marghera può essere riconsiderata come una arteria urbana, capace di organizzare un insediamento a carattere lineare tra Malcontenta e la foce del Naviglio Brenta e, nella sezione trasversale, tra l'area produttiva, il Vallone Moranzani, il fiume, il Parco di Sant'Ilario.
Relativamente al terminal passeggeri di Fusina, si dovrà pensare a una sua modificazione, implementando le quantità di residenza stabile, che dovrà affiancarsi a quella turistica realizzata nell'area della darsena Pagnan, e nei campeggi.
Se si andasse nella direzione di un più diffuso utilizzo dei mezzi di trasporto pubblico, gran parte delle aree e volumi destinati a parcheggi potrebbero essere riconvertiti ad altri usi.
Molte delle aree oggetto di interventi trasformativi, sono ex ambiti industriali: il tipo di modificazione che si auspica, propone la compresenza di funzioni residenziali, commerciali, terziarie, ecc. con vaste aree verdi a parco, urbano o territoriale.

Trasferimento di attività produttive o commerciali

Alcune attività produttive o commerciali, attualmente presenti nell'area produttiva sia di terraferma che del centro storico, vengono trasferite: alcune sotto la spinta di trasformazioni morfologiche e funzionali di carattere urbano, altre in ragione della grande difficoltà di espandersi in aree attigue a quelle attualmente occupate, altre ancora perché incompatibili con il nuovo ruolo urbano delle aree in cui sono insediate.

Trasferimento Porto crocieristico

Il settore economico che negli ultimi anni ha avuto l'indice di sviluppo più elevato è quello crocieristico, che tra il 2000 e il 2010 ha visto più che raddoppiare il numero di passeggeri (da 900.000 a 2.000.000). Se il trend positivo, anche se non di queste dimensioni, dovesse mantenersi anche negli anni a venire e se il numero delle navi e la loro dimensione aumentasse, allora la Stazione Marittima nella città storica non sarebbe più sufficiente e si imporrebbe la necessità di trovare una nuova collocazione della stazione crociere.
Già l'Autorità Portuale ha provveduto a dirottare a Fusina, nel Terminal Autostrade del Mare, le navi superiori a 300 m che non possono essere accolte nella marittima a Venezia. Conseguentemente si ritiene corretto ubicare una nuova e più grande stazione marittima tra le casse di Colmata A e B, coerentemente con quanto già ipotizzato da Venice Terminal Passeggeri e A.P.V. nel 2008.
Si verrebbe a determinare un unico distretto attorno a Fusina dove si concentrerebbero sia l'attività crocieristica sia quella legata ai RO-RO e RO-PAX.
La nuova marittima sarebbe alimentata da terra da una infrastruttura sia stradale che ferroviaria che si andrebbe ad affiancare alla completata Idrovia Venezia-Padova. Inoltre si ritiene sia da realizzare, fino a quando la bocca di Porto di San Nicolò rimarrà agibile per le navi passeggeri di dimensioni normali, un senso unico di

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 85 12/02/2013 10:46:04

navigazione attraverso il canale Vittorio Emanuele, opportunamente dragato fino a 9 m per consentire il passaggio delle navi. In questo modo alcune navi da crociera attraverserebbero il bacino di San Marco solo una volta: o all'andata o al ritorno.
Lo spostamento del Porto Crocieristico consentirebbe parallelamente la disponibilità delle aree della attuale Marittima per attività di Porto d'elite, ricettive e residenziali e per il rafforzamento del polo universitario.

Trasferimento della raffineria e dei depositi carburanti

La realizzazione del porto d'altura a 14 km dalla costa, finalizzato a intercettare il traffico delle navi container oceaniche, e della piattaforma petrolifera off-shore, a completamento della già prevista totale estromissione dalla laguna del passaggio di petroliere, consentono di prevedere, qualora sussistesse tale attività industriale, il trasferimento della raffineria al largo di Pellestrina. I depositi combustibili sono spostati in prossimità della nuova ubicazione della San Marco Petroli. Più lontani dalla città e più interconnessi con il sistema delle grandi infrastrutture.

Interventi idraulici e di rimodellazione morfologica della Laguna

L'area di laguna a cavallo del canale Malamocco – Marghera, ha subìto nell'ultimo secolo delle modificazioni tali da assumere quasi le caratteristiche di un tratto di mare. Sono quasi sparite le barene e il livello delle acque è aumentato fino ad arrivare ad una profondità media di 1,50 m. Per contrastare questo fenomeno che tende ad aggravarsi si propongono i seguenti interventi.

Completamento dell'Idrovia Venezia-Padova

Consentirebbe, oltre al compimento del "sistema Idroviario Padano", anche di introdurre nella laguna una parte dei sedimenti necessari per migliorare il saldo sedimentologico annuale. Infine consentirebbe di scolmare le acque del Bacchiglione e del Brenta in caso di alluvioni nell'area della bassa padovana.
Facendo riferimento alle condizioni dell'alluvione del 1966 si è calcolato che a paratie del MOSE chiuse, la deviazione in laguna delle acque di terraferma determinerebbe un aumento di soli 5 cm del livello dell'acqua in laguna.

Inserimento di strutture artificiali per la riduzione dell'intensità del moto ondoso

La quantità di sedimenti reintroducibili in laguna è insufficiente da sola per tentare di riequilibrare il suo assetto morfologico.
Si devono attuare interventi atti a ridurre l'intensità dei fenomeni di risospensione dei sedimenti a opera del moto ondoso. Quindi ridurre per quanto possibile l'altezza dell'onda che si determina sotto l'azione del vento e contenere il fenomeno del *fetch*, interrompendo la continuità dell'azione del vento sugli specchi d'acqua su cui adesso spira liberamente per assenza di ostacoli.
Lungo i bordi del Canale Vittorio Emanuele gli interventi potrebbero consistere nell'affiancare alla infrastruttura delle strutture naturali rilevate di 30–40 cm rispetto al medio mare, a una distanza dalla sponda di circa 50 m.
Nell'area lagunare influenzata dalla presenza del Canale Malamocco-Marghera, il tipo di interventi necessari è più articolato.
Dalla curva di Porto San Leonardo a Porto Marghera è opportuno separare il canale dalla laguna inserendo a circa 50 m fasce di terreno con quote sommergibili solo in occasione delle maree più alte, con sommità di +80

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 86 12/02/2013 10:46:04

cm sul medio mare, interrompendo in qualche posizione con varchi poco profondi, da rendere inerodibili.
È utile neutralizzare le comunicazioni con i laghi retrostanti le Casse di Colmata e favorire la loro alimentazione dal canale Tagliata Nuova.
Attualmente il bordo delle Casse di Colmata B e D/E verso il canale Malamocco – Marghera è soggetto a fenomeni di erosione e smottamento, causati dall'azione delle onde prodotte dal passaggio delle navi. È indispensabile realizzare un sistema di protezione del bordo d'acqua capace di bloccare il fenomeno erosivo.

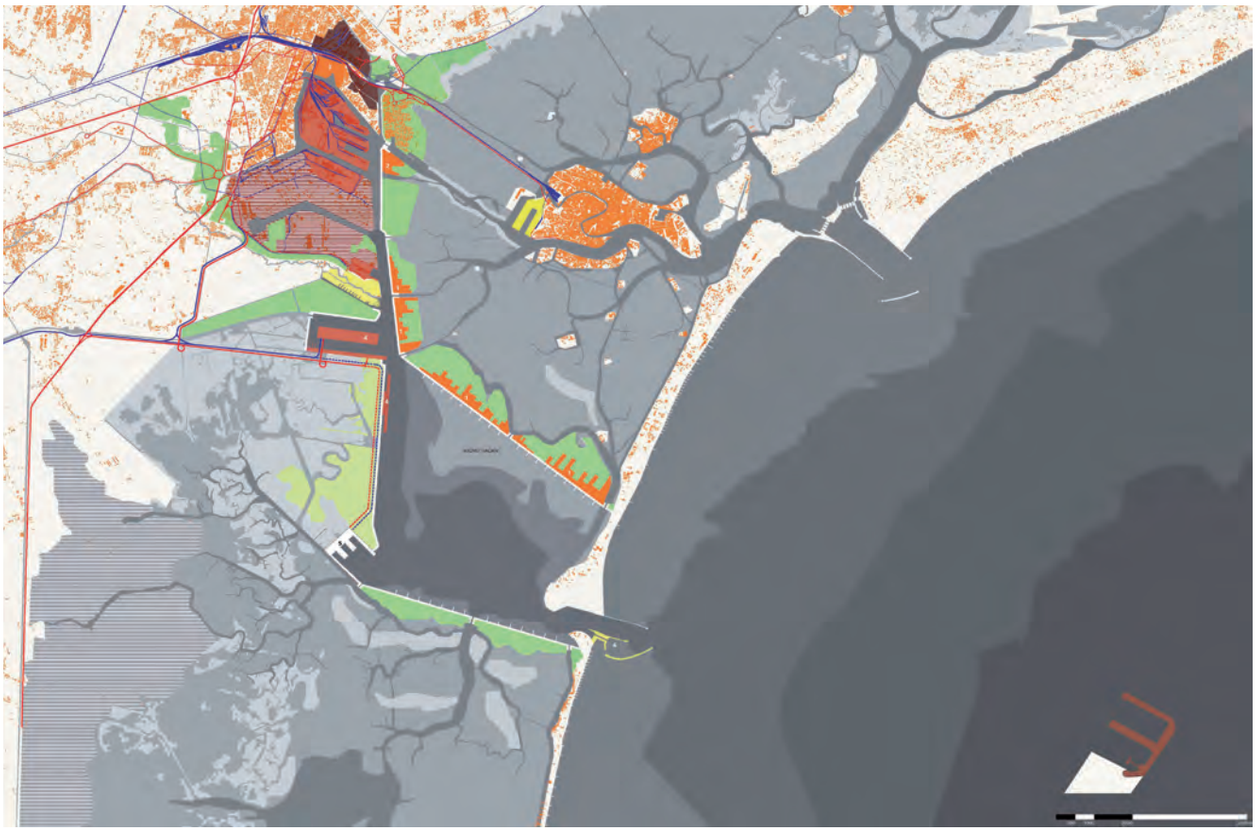
Realizzazione impianti per la riduzione dell'inquinamento della laguna

La laguna di Venezia, che storicamente è stata sempre in connessione con il mare Adriatico, in prospettiva diventerà una laguna sempre più chiusa, in cui il ricambio dell'acqua sarà meno frequente e quantitativamente meno importante.
Nel caso in cui i fenomeni considerati si accentuassero si potrebbe concepire anche un ecosistema completamente separato dal mare. Una laguna chiusa con caratteristiche fisico-ambientali diverse rispetto all'attuale.
La prospettiva di questa nuova condizione deve dare nuovo impulso alla realizzazione di opere di bonifica interne alla laguna stessa, che si ritiene indispensabile realizzare entro il 2050.
Il primo intervento deve comprendere la realizzazione del sistema fognario nella città di Venezia e in tutti gli insediamenti lagunari.
Attualmente solo una percentuale del 30-40% dei residui reflui prodotti dagli abitanti residenti e da quelli temporanei viene smaltito in modo efficiente e non viene immesso direttamente nelle acque lagunari.
Deve essere completato e reso più efficiente il sistema di raccolta delle acque provenienti dal bacino scolante, per poi convogliarle al sistema di depurazione già esistente a Marghera che per quel periodo dovrà essere potenziato e reso più efficace.
È probabile che si debbano anche sperimentare dei sistemi artificiali per l'ossigenazione e il mantenimento della qualità delle acque lagunari, considerato il minor apporto di acqua marina e il mantenimento di una pressione antropica pari se non superiore a quella attuale.

Scenari/progetto al 2100

È possibile partire da alcuni punti fissi che riguardano essenzialmente due questioni.
1. Il mantenimento, e, per quanto possibile, lo sviluppo del sistema produttivo legato a settori di attività compatibili con l'assetto territoriale e sostenibili dal punto di vista ecologico ed economico. Questo per non condannare il centro storico veneziano a un destino economico monoculturale connesso al turismo, che fatalmente renderebbe Venezia sempre più simile a un parco tematico piuttosto che a una città normale.
2. La salvaguardia dell'ambiente lagunare e di Venezia, nella consapevolezza che per ottenere questo obiettivo è indispensabile metabolizzare le trasformazioni che si sono succedute negli ultimi seicento anni, in particolar modo quelle del secolo scorso, e immaginare dei nuovi assetti morfologici coerenti con la natura del sistema lagunare ma anche capaci di far coesistere le ragioni dello sviluppo, anche industriale e portuale, con quelle della salvaguardia naturale e paesaggistica.
Un terzo dato che occorre prendere in considerazione riguarda le stime di aumento del livello dell'Adriatico alla fine del secolo XXI in relazione ai previsti cambiamenti climatici e la quantità di chiusure possibili delle bocche di porto indicate in precedenza.
Queste condizioni determineranno non pochi problemi alla funzionalità

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 87 12/02/2013 10:46:04



9. Scenario di progetto al 2100/1

marittima del porto commerciale e se si vorrà mantenerlo in esercizio o addirittura puntare a un suo sviluppo si dovranno prendere dei provvedimenti che porteranno inevitabilmente a delle sostanziali modifiche della laguna centrale e non solo.

Scenario/progetto 2100_1

La laguna centrale ha perduto progressivamente le sue specifiche caratteristiche morfologiche, le aree barenili si sono progressivamente e ulteriormente diradate e il livello medio dell'acqua è aumentato.

Una prima ipotesi/scenario prevede di "sacrificare al mare" questa parte di laguna in modo che diventi definitivamente e naturalmente un golfo marino.

Si potrebbe addirittura favorire il fenomeno già in atto, asportando una parte dei sedimenti dai fondali e riutilizzare il materiale per "riparare" altre aree lagunari degradate. Questo intervento avrebbe il vantaggio che il materiale impiegato per il "restauro lagunare" avrebbe le stesse caratteristiche granulometriche delle barene da ripristinare, senza escludere ovviamente eventuali trattamenti di bonifica.

Secondo questa ipotesi il sistema di difesa dalle acque alte predisposto nella bocca di Porto di Malamocco perde la sua utilità, può essere smantellato (e eventualmente riconvertito in attrezzature turistiche) e la bocca stessa rimanere sempre aperta e tornare ad essere un libero varco di comunicazione con il mare aperto. Le altre due bocche di porto, quella del Lido e quella di Chioggia, continuano invece a essere presidiate dai sistemi di protezione contro le maree. Parallelamente si verifica l'indisponibilità dell'accesso delle navi crociera attraverso la bocca di Lido, che verrebbe dirottato su quella di Malamocco, sia per il traffico in entrata che in uscita.

Questo provvedimento consente di

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 88 12/02/2013 10:46:08

mantenere ancora efficiente il porto commerciale, assicurandone la massima accessibilità dal mare. Il canale Malamocco – Marghera, fino all'altezza di Fusina e dell'attrezzatura portuale "Autostrade del Mare", è allargato per permettere il doppio senso di marcia alle navi e il tratto del canale V. Emanuele viene mantenuto in esercizio per imbarcazioni di minori dimensioni.

Per separare dal resto della laguna il nuovo golfo marino interno, dove la circolazione marittima si svolge nella massima efficienza, si prevedono due argini/dighe, a nord e a sud dell'attuale Canale dei Petroli.

Si devono rinforzare e aumentare le protezioni dei bordi che confinano con il mare internamente alla laguna: quelli dei canali dell'area industriale di Porto Marghera, delle Casse di Colmata, delle parti terminali del Lido e di Pellestrina, fino a + 3,00 m. s.l.m.m. (al pari dell'altezza delle paratie mobili alle bocche di porto).

L'argine sud, si affianca al bordo del canale dei Petroli e segue il suo andamento, lungo le casse di colmata, fino al Porto crocieristico e all'imboccatura dell'Idrovia VE-PD, per poi coincidere con i bordi della zona industriale. Questo lato del bacino assume la configurazione di una vera e propria diga munita di conche di navigazione in coincidenza dei principali canali navigabili: canale di Valgrande-Spignon e canale di S. Pietro; inoltre si prevede la realizzazione di paratie mobili per consentire, quando le condizioni del mare lo rendano possibile, il ricambio delle acque interne con quelle marine.

L'argine nord che delimita il golfo marino è collocato il più possibile in coincidenza della linea partiacque del 1968, ripristinando così una condizione idraulica precedente alle modificazioni avvenute dopo la costruzione del Canale dei Petroli, e accoglie al suo interno le principali isole della laguna centrale a partire da Poveglia. Di fronte al Porto crocieristico piega per rimettersi parallelo al bordo di terraferma dell'area industriale, inglobando nel suo tratto terminale, l'isola delle Tresse e degli ex-Depositi, fino al canale Brentelle. Anche in questo caso sono previste delle conche di navigazione: in prossimità del canale Rocchetta, del canale Nuovo di Fusina, del canale Vittorio Emanuele. Inoltre sono previste anche delle paratoie in coincidenza del canale Contorta S.Angelo, del canale delle Tresse e del canale di Poveglia, per consentire il ricambio delle acque interne con quelle marine.

La configurazione di questo collegamento tra il mare aperto e il waterfront interno, non solo di canale vero e proprio (nel tratto nord-sud), ma di bacino allargato (nel tratto tra la bocca di Malamocco e il Porto Crocieristico in cassa B), comporta alcuni vantaggi.

Anzitutto si armonizza maggiormente con le dinamiche delle correnti lagunari. È noto che dal punto di vista delle correnti la laguna è divisa in tre aree, ognuna direttamente alimentata da ciascuna bocca di porto. Le acque di ciascuna area sono divise da spartiacque e tendenzialmente non si mescolano tra loro. La posizione dell'argine nord del nuovo bacino ricalca il partiacque ante 1968 tra il bacino centro-nord, dove si trova Venezia, e il bacino centrale, riportando lo specchio lagunare afferente la bocca di Lido a condizioni di equilibrio idrodinamico.

Nel nuovo bacino si determineranno nuove condizioni idrauliche e forse questo darà luogo a diverse conformazioni morfologiche. Nelle sue vicinanze si potrebbe costituire naturalmente un "Bacan Nuovo", una vasta area di bassi fondali e di eccellente ricambio d'acqua, simile a quella storica che si trova di fronte all'isola S. Erasmo e a quella prospiciente l'isola di S. Andrea. Questo luogo si potreb-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 89 12/02/2013 10:46:09

be connotare come la nuova spiaggia interna di tutti i veneziani muniti di barca (e bicicletta) e potrebbe essere dotato di attrezzature acquatiche per il tempo libero.
Il sistema dei previsti argini artificiali determina di fatto dei nuovi *waterfront* che si affacciano sulla laguna. L'argine nord può favorire la costruzione di un sistema continuo di terre emerse, allo stesso modo dei lidi esistenti, e svilupparsi come un sistema lineare a parco affacciato sulla laguna verso Venezia (come previsto dal PRG e dal PALAV), oltre che costruire delle relazioni trasversali tra Fusina e le casse di colmata, e nuove relazioni anche di accessibilità tra il Lido e la Terraferma. Infine questo nuovo "cordone litorale interno" consente, sempre in un'ottica di densificazione e di contenimento di colonizzazione urbana nell'entroterra, la costituzione di nuclei insediativi a carattere prevalentemente residenziale, ma anche di attrezzature collettive.
Nella previsione dell'aumento del traffico crocieristico, si propone di ampliare il porto, già previsto nello scenario intermedio del 2050 nell'area tra la cassa di colmata A e B; esiste inoltre anche la possibilità di un ulteriore ampliamento a ridosso della cassa di colmata B.
Nella auspicabile eventualità che l'attività della Fincantieri aumenti in relazione allo sviluppo del settore crocieristico, si propone di spostare l'intera attività industriale in località Porto San Leonardo a sud delle casse di Colmata. Il cantiere navale verrebbe servito dal prolungamento della infrastruttura prevista nel 2050 per la Nuova Marittima, costeggiando il bordo rinforzato delle casse di Colmata B e D/E che si affaccia sul "Bacan Nuovo".
L'area occupata originariamente dalla Fincantieri, diviene in questo modo disponibile per una riconversione che completa, nell'area ex-prima zona in-

11. Scenario di progetto al 2100/2

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 90 12/02/2013 10:46:13

dustriale compresa tra il canale Industriale Nord e via della Libertà, le politiche di nuova urbanità che gravitano intorno al Vega.

Scenario/progetto 2100_2

Un secondo scenario, alternativo al precedente, prevede il mantenimento delle dighe mobili alle bocche di porto e, per assicurare e sviluppare la storica propensione al commercio marittimo della città, propone il trasferimento delle attività che oggi insistono sull'area dell'Isola Portuale in una nuova piattaforma portuale artificiale off-shore. Questa attrezzatura va a implementare quella già prevista al 2050 e la sua configurazione deve rispondere a esigenze di carattere strettamente funzionale alla attività logistica, oltre che non interferire con le correnti litoranee.
Appare indispensabile per la sua piena funzionalità, rendere accessibile e fortemente connessa la nuova piattaforma portuale d'altura alle aree di logistica integrata insediate a Porto Marghera (Isola della Chimica e Macroarea sud) e soprattutto alla rete ferroviaria e autostradale di terraferma. A questo scopo si prevede la prosecuzione della infrastruttura stradale e ferroviaria, già descritta nello scenario 2100_1, dalla località Porto S. Leonardo, dove sono anche in questo caso trasferite le Officine Navali della Fincantieri, fino a raggiungere la nuova attrezzatura portuale off-shore.
Se il progetto del fascio infrastrutturale nel suo tratto "di terra" è definibile come un bordo attrezzato, nel tratto successivo, quello che attraversa la laguna centrale in senso trasversale e intercetta il lido di Pellestrina per prolungarsi infine nel mare aperto, è uno straordinario tema di architettura nel e del paesaggio. È possibile formulare due ipotesi.
La prima prevede un'opera completamente emersa, con un andamento in sezione sensibile ai canali che intercetta lungo il suo percorso (canale di Valgrande - Spignon e canale di S. Pietro),e al lido di Pellestrina nel tratto in cui vi si sovrappone e infine in mare aperto.
Una seconda ipotesi prevede una infrastruttura che si "immerge" dopo aver superato la Nuova Fincantieri e scompare in un'isola artificiale in laguna, da realizzarsi tra il canale Melisson e il canale Spignon, per poi "riemergere" in superficie in una isola artificiale da realizzarsi almeno a tre miglia dalla costa, e proseguire su piloni sino alla piattaforma portuale.
A corollario di questo scenario, che di fatto consente di ridurre molto il traffico marittimo all'interno del bacino lagunare, deve proseguire il ripascimento delle nuove aree barenili già introdotte nello scenario 2050, a tutela e ripristino della configurazione morfologica del bacino centrale
Infine, la costruzione di una vasta piattaforma portuale d'altura libera dalle funzioni legate alla logistica l'attuale isola portuale di Porto Marghera, che viene riconvertita, sia dal punto di vista morfologico che funzionale, a "nuova urbanità", secondo una logica insediativa ad alta densità (pari a quella del centro storico veneziano) la quale, in prossimità del bordo acqueo, può declinarsi in forme insediative comunque dense, ma interconnesse a più ampi spazi pubblici affacciati sui waterfront.
Anche in questo scenario si prevedono le stesse politiche indicate in quello precedente, relativamente al trasferimento delle Officine navali Fincantieri nell'area di Porto San Leonardo e la riconversione dell'area dismessa a nuove attività urbane (residenza, terziario, commercio, piccolo artigianato, attrezzature e servizi).

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 91 12/02/2013 10:46:13

MAV_progetto_Terna_v1a.indd 92 12/02/2013 10:46:15

Il paesaggio lagunare e la pianificazione degli usi antropici nel quadro dei cambiamenti e delle misure di adattamento e di mitigazione

Studio di fattibilità sul recupero e destinazione di Porto Marghera dal punto di vista economico-urbano considerando anche i problemi ambientali

Responsabile scientifico Domenico Patassini, IUAV
Coordinatore del progetto Margherita Turvani, IUAV

Gruppo di ricerca Eniel Ninka, Matteo Basso IUAV-FP; Ilda Mannino VIU; Donata Favaro UNIPD

La ricerca considera il recupero e la riqualificazione di Porto Marghera in un ampio contesto che vede da un lato le esigenze di un sistema produttivo in trasformazione, non solo alla scala locale e, dall'altro, la necessità di considerare le condizioni locali ambientali, connesse alla salvaguardia del sistema lagunare, nella sua unitarietà di sistema naturale e sistema antropico.

Vengono considerate le tendenze socio-economiche di medio-lungo periodo nell'area in esame e nel contesto più vasto in cui l'area si colloca, le recenti dinamiche in corso alla scala locale e i legami con il territorio di riferimento, caratterizzato da specifiche problematiche ambientali.

Negli anni recenti si sono intensificati e acuiti problemi strutturali del sistema produttivo di Porto Marghera, in relazione alla crisi mondiale dell'economia e agli effetti di questa non solo sulle dinamiche congiunturali ma sulle trasformazioni globali di lungo periodo.

La dismissione in atto di Porto Marghera è oggi ancora più evidente e la riqualificazione dell'area è ostacolata dalle difficoltà economiche delle imprese e dalla crisi internazionale. Alcuni cicli produttivi sono stati interrotti e al momento non vi è prospettiva di recupero. La crisi internazionale a livello globale ha investito l'economia locale e del Veneto imponendo la necessità di legare le prospettive locali a quelle di ripresa e crescita economica nell'area più vasta, non solo regionale e nazionale ma globale.

La ricerca si pone l'obiettivo di considerare la fattibilità del recupero e della nuova destinazione di Porto Marghera, dal punto di vista economico e in relazione ai mutamenti urbani e alla qualità ambientale nell'ambito delle trasformazioni globali proponendo la composizione di scenari 'credibili' da parte di Istituzioni pubbliche e private, la definizione di politiche economiche e di riqualificazione economica sostenibili e rispettose della peculiarità ambientale dell'area in esame.

Oggi sempre di più il sistema economico locale dipende in modo sostanziale da dinamiche che si realizzeranno a scala più vasta, considerata la globalizzazione dell'economia; sempre di più gli usi della laguna e gli impatti potenzialmente negativi delle attività antropiche dovranno essere valutati a una scala vasta e non saranno legati a scelte determinate solo a livello locale.

Nella ricerca si considera il ruolo svolto dall'offerta di beni pubblici di qualità (un adeguato capitale umano, fondi per la ricerca e per lo sviluppo, infrastrutture materiali e immateriali di qualità, un efficiente sistema educativo, una buona qualità ambientale ed istituzionale) capaci di sostenere e promuovere una crescita economi-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 93 12/02/2013 10:46:15

ca del territorio sostenuta e durevole nel tempo; in secondo luogo è considerata l'individuazione di possibili modalità di offerta di questi beni pubblici, a partire dalla conoscenza effettiva delle domande e delle aspettative espresse dalla realtà produttiva di Porto Marghera, accompagnata da una ricognizione delle condizioni che possono garantire la qualità ambientale dell'area, anch'essa bene pubblico di primaria importanza per la popolazione, gli operatori pubblici e privati, la collettività nel suo insieme.

La ricerca si è basata da un lato sulla teoria economica della crescita endogena che vede nel capitale umano, nell'innovazione e nella generazione di conoscenza il motore della crescita e delle possibilità di sviluppo di un'area, dall'altro sull' approccio offerto dall'industrial ecology, che punta al potenziamento di forme di circolarità nell'economia, applicando le idee e le tecniche del life-cycle e del controllo dei flussi di materia e di energia nella produzione, lavorando per una maggiore integrazione di filiera e di area, una maggior efficienza nell'uso delle risorse e primariamente dell'energia.

Una particolare attenzione è stata dedicata alle condizioni in cui operano le imprese attualmente collocate a Porto Marghera, all'analisi dei punti di forza e di debolezza nell'area, alle forme di integrazione delle aziende operanti nell'area e le loro relazioni con le realtà produttive esterne. In questa prospettiva lo studio si è concentrato sulle aziende esistenti e sulle trasformazioni avvenute negli ultimi anni nei cicli produttivi che storicamente hanno caratterizzato la realtà produttiva di Porto Marghera, per cercare di comprendere quali spazi economici possono essersi chiusi e quali si sono aperti, lasciando sullo sfondo la progettualità portuale.

Nelle pagine che seguono vengono presentati i risultati sintetici della ricerca: in particolare si esaminano nel paragrafo 2 le condizioni per una crescita strutturale nell'area vasta del Veneto. Nel paragrafo 3 e 4 si presentato gli studi relativi alle condizioni di sostenibilità economica ambientale e sociale, per una prospettiva di rilancio dell'area di Porto Marghera Si considerano dunque le prospettive dei settori presenti a Porto Marghera nell'ambito del contesto globale ed europeo; si discute l'applicabilità di schemi di economia circolare e di simbiosi industriale; si presenta il quadro degli accordi di programma nell'area e si traggono alcune conclusioni circa le prospettive dell'area. Nel paragrafo cinque si presentano i risultati dell'indagine su campo, tra gli imprenditori e le aziende che operano nell'area, al fine di individuare criticità e potenzialità dell'area , nei mercati, nelle infrastrutture, così per ciò che concerne servizi pubblici e privati. Seguono le conclusioni.

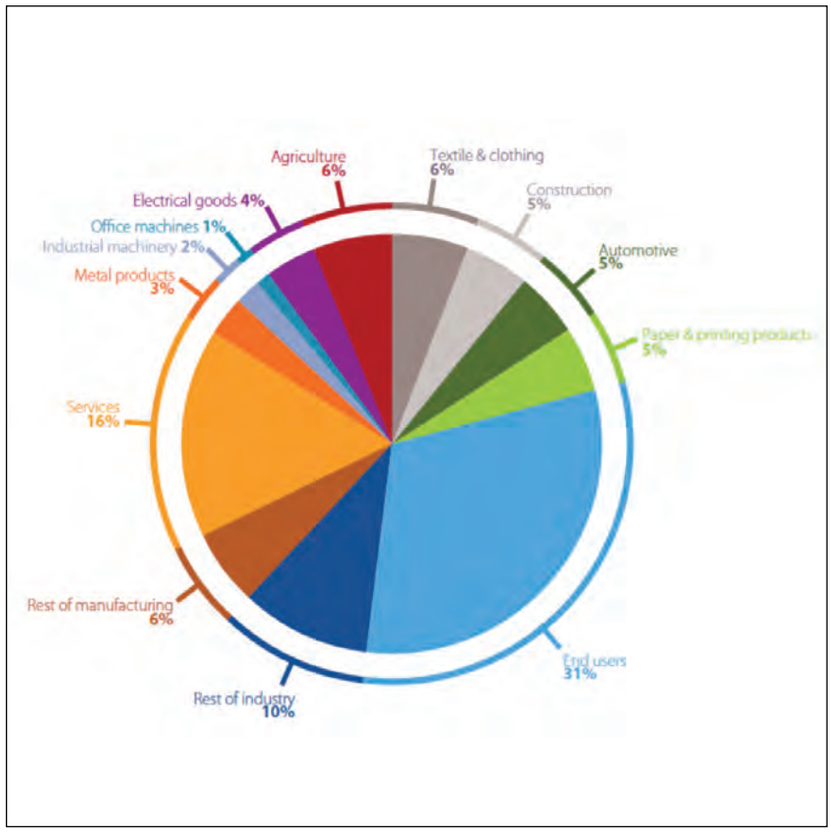
Le condizioni strutturali per la crescita economica

È necessario considerare le condizioni strutturali che possono sostenere una crescita di lungo periodo dell'attuale apparato industriale di Porto Marghera che subirà in futuro, forti, ulteriori, consistenti mutamenti.

Sono stati verificati alcuni modelli di crescita per il territorio produttivo del Veneto e l'analisi dei flussi di mobilità interni alla regione, tra Sistemi Locali del Lavoro, e tra il comune di Venezia e il resto della regione, al fine di comprendere le dinamiche produttive che hanno caratterizzato il territorio negli ultimi dieci anni.

L'analisi empirica dei modelli di crescita ha evidenziato alcune carenze per il territorio del Veneto, che non valorizza ancora le sue potenzialità

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 94 12/02/2013 10:46:15



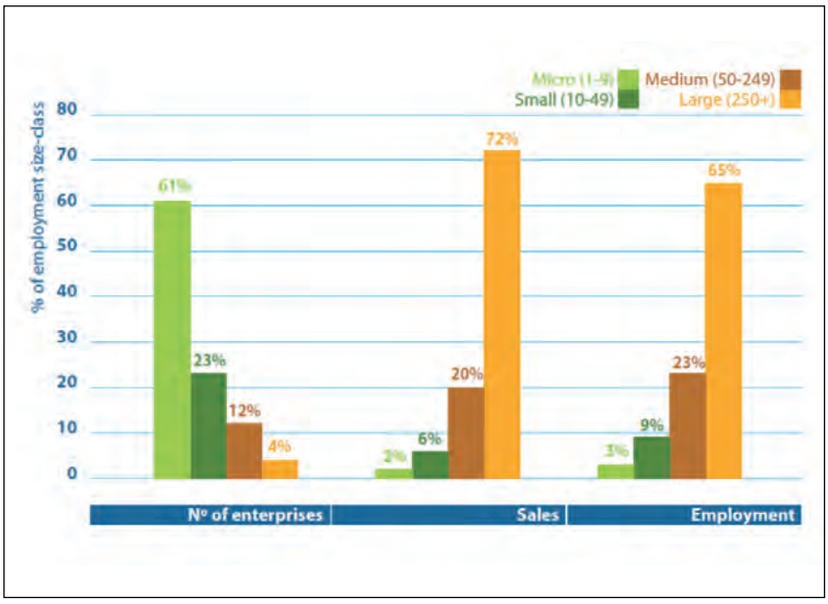
1. Suddivisione della chimica nei diversi comparti. Fonte: EC, 2009, Cefic e Eurostat 1995

di sviluppo di lungo periodo. I risultati mostrano una forte correlazione tra la crescita dei SLL veneti e l'importanza relativa, in termini di forza lavoro, sia di settori ad alto contenuto tecnologico che di settori a medio-bassa tecnologia. Questi ultimi, però, assumono una significatività maggiore di quella del settore ad alta tecnologia, sebbene la loro incidenza in termini di crescita sia di circa un decimo rispetto a quella dei settori high-tech. Tale risultato è confermato quando si osserva la relazione tra la crescita e la dotazione di capitale umano dei diversi settori. Il capitale umano impiegato nel settore a medio-basso contenuto tecnologico assume una rilevanza (statisticamente) significativa nel determinare la crescita degli SLL veneti, e la sua funzione di traino della crescita non è influenzata dalle diverse specificazioni econometriche adottate. Il capitale umano impiegato nei settori ad alto contenuto tecnologico, invece, non riesce ancora ad assumere un ruolo significativo nella determinazione del modello veneto di crescita.

I risultati degli scenari di mobilità della forza lavoro con un qualunque livello di istruzione sono molto chiari e suggeriscono quanto sia rilevante fare politiche di upgrading tecnologico del sistema produttivo veneziano. Il SLL di Venezia potrebbe beneficiare di una maggiore crescita se una bassissima percentuale della sua forza lavoro potesse essere spostata verso settori ad alto contenuto tecnologico da settori a contenuto tecnologico inferiore, cioè anche da settori molto vicini a quelli ad alta tecnologia.

Parte della ricerca è stata dedicata allo studio della mobilità lavorativa, nel Veneto, nei suoi SLL e nel singolo comune di Venezia per verificare se esiste un upgrading nell'impie-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 95 12/02/2013 10:46:16



2. Dimensioni delle aziende UE. Fonte: EC, 2009; Eurostat e Cefic, 2005

go della forza lavoro, verso settori a più alto contenuto tecnologico o verso settori di servizi alle imprese intensivi di conoscenza. I risultati dell'analisi mostrano che il tessuto industriale veneto ha intrapreso, nel decennio in esame, un percorso di graduale upgrading produttivo che si è attuato attraverso la mobilità del lavoro da settori a minore contenuto tecnologico verso settori a maggiore intensità di tecnologia, seguendo un percorso di "contiguità". Per quanto riguarda il comune di Venezia, si osserva un generale miglioramento della realtà economica veneziana come attrattore di forza lavoro. Tutti i settori veneziani, se confrontati con il resto della regione, appaiono in relativo guadagno in termini di lavoratori occupati, nel periodo considerato.
Interventi stabili e mirati di policies potrebbero inserirsi positivamente in questo sentiero evolutivo.

La sostenibilità della realtà produttiva di Porto Marghera: aspetti macro

Per comprendere le condizioni di sostenibilità economica della realtà produttiva di Porto Marghera è necessario inquadrare il futuro di questa importante area produttiva, ove il settore chimico a tutto 2008 ricopriva ancora un ruolo importante, nell'ambito della evoluzione globali del settore in questione.

All'epoca dell'avvio della ricerca, 2009, Il settore chimico è tendenzialmente in crescita e tra il 1995 e il 2005 la produzione chimica globale è cresciuta di circa il 40%, con un incremento medio annuo del 5,5%.
La produzione chimica non è più solo limitata ai paesi industrializzati, ma è presente oggi sempre più in ogni regione del mondo, con una crescente presenza nelle economie emergenti dell'Asia.
Gli scenari per il futuro prevedono che la crescita sostenuta del settore chimico a livello globale continui, ma soprattutto fuori dai Paesi che da più tempo sono industrializzati. Le economie emergenti stanno infatti destinando maggiori investimenti nel settore e con impianti di grande scala stanno diventando di fatto i principali driver della crescita del settore. Inoltre, Paesi come la Cina sono caratterizzati da una crescente domanda interna.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 96 12/02/2013 10:46:16

Anche la disponibilità di risorse gioca un ruolo decisivo, soprattutto nella localizzazione degli investimenti, e ancora una volta sono alcuni Paesi emergenti a presentare una situazione avvantaggiata per tale fattore.
Le previsioni dicono che la domanda globale di prodotti petrolchimici continuerà a crescere sostanzialmente nel futuro e, se le differenze nei tassi di crescita permarranno dopo la crisi in atto, tra dieci anni la leadership del settore sarà passata ai paesi asiatici. Un ruolo importante in questo settore è giocato anche dai Paesi del Medio Oriente. Questo scenario potrebbe però cambiare di conseguenza alla recente crisi di questi ultimi mesi in molti Paesi musulmani, la cui influenza è però al momento ancora incerta. L'altro attore principale è la Cina, per la già menzionata forte crescita della domanda interna.
Il mercato con cui ci si deve andare a confrontare ha sempre più quindi una scala globale.
L'effetto è quello di una sempre maggiore integrazione industriale del settore, con una scala intercontinentale delle supply chain e dei mercati. Questo significa che i fattori tradizionali quali l'accesso alle materie prime, le dimensioni del mercato e i costi, divengono ancora più rilevanti nelle decisioni sulla localizzazione degli investimenti.
Di fronte a questo scenario le aziende europee devono innovarsi costantemente per mantenere il passo con i Paesi emergenti, che le stanno raggiungendo e, in alcuni casi, superando rapidamente.

Tradizionalmente, l'Unione europea ha ricoperto un ruolo predominante nella produzione chimica globale con un fatturato che, come già riportato, nel 2007 rappresentava circa il 30% di quello globale. La chimica di base copre quasi il 60% di tale fatturato.
L'evoluzione della chimica europea nell'ultimo decennio è stata caratterizzata da un tasso di crescita della produzione abbastanza contenuto, tassi di crescita elevati delle esportazioni e delle importazioni, un andamento sostenuto della produttività e, di conseguenza, dalla contrazione dell'occupazione.
Si prevede per il settore petrolchimico un'ulteriore riduzione dello share europeo nella produzione globale come risultato della forte crescita della capacità produttiva nei Paesi emergenti dell'Asia e del Medio Oriente.
La Comunità Europea sottolinea come i produttori europei siano stati generalmente capaci di rimanere competitivi grazie alla dimensione degli impianti, l'integrazione della produzione, la performance del processo, la localizzazione e la logistica, il marketing e il mercato concentrato. E in particolare indica l'integrazione come un fattore essenziale, contrapposto alla disintegrazione.
La disponibilità e i prezzi di energia e materie prime rappresentano fattori chiave per la competitività di gran parte dell'industria chimica; la riduzione del consumo di energia diventa un fattore chiave per tale competitività.
Un altro fattore critico per la chimica europea oggi, considerando ciò che sta accadendo nelle economie emergenti, è lo stato degli attuali impianti, che risultano di scala ridotta.
Sarebbe quindi importante riuscire a concentrare la produzione e gli investimenti su un minor numero di strutture produttive, attraverso un'azione di ristrutturazione degli impianti europei.
Un fattore fondamentale che l'industria chimica europea, non potendo contare su materie prime e forza lavoro a basso costo, deve sfruttare per accrescere la propria competitività è la conoscenza, il know-how, promuovendo uno sviluppo economico ed un'economia basata sulla ricerca.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 97 12/02/2013 10:46:16

Questo macro contesto, globale ed europeo, ci aiuta a qualificare la realtà italiana. La chimica non è mai stata e certamente non è da parecchi decenni un settore per cui si possa parlare di una specializzazione importante da parte dell'Italia, così come testimoniato dal deficit nel commercio con l'estero, legato principalmente alla chimica di base. Le imprese italiane hanno comunque cercato negli ultimi anni di accrescere la loro presenza sul mercato mondiale, i loro sforzi però hanno avuto successo (e solo in modeste dimensioni) solamente per i settori a valle della chimica di base.

Nel 2008 il saldo commerciale dell'industria chimica italiana si è ridotto notevolmente, sia all'interno dell'UE che a livello globale, a causa in gran parte della caduta della domanda estera e interna per la crisi economica globale. La chimica di base, concentrata principalmente nei petrolchimici, è il settore che è stato più penalizzato.

La mancanza di un assetto organizzativo dell'industria chimica negli anni '70, con le grandi imprese che, in competizione tra loro, hanno continuato a produrre doppioni di medesimi impianti anche in siti non favorevoli ha portato allo scenario attuale che vede diversi poli chimici dislocati in particolare nel nord e nelle isole. I poli chimici tradizionali sono quelli di Marghera, Priolo, Porto Torres, Brindisi e Sarroch, dove le materie prime derivanti dal petrolio vengono trasformate in situ e in parte inviate via pipeline o nave ad altri poli, come Ravenna, Ferrara, Mantova, Livorno, Ottana, Assemini e Gela.

La gran parte dell'industria chimica è però disseminata sul territorio con piccole e medie industrie e non è concentrata in poli chimici.

I poli chimici e in generale l'industria chimica in Italia risultano oggi sempre più in crisi, come testimoniano le notizie quasi giornaliere di operai messi in cassa integrazione e minacce di chiusure e smantellamenti. Un primo problema è quello della dimensione ridotta degli impianti, che risulta assai più grave rispetto al resto d'Europa, e li rende poco competitivi non solo rispetto a quelli analoghi di recente costruzione in altre parti del mondo, quali per esempio il Medio Oriente, ma anche rispetto ad altri paesi europei.

Oltre alla ridotta dimensione degli impianti, l'Italia è caratterizzata dall'alto costo dell'energia, superiore in media del 33% rispetto al resto dell'UE.

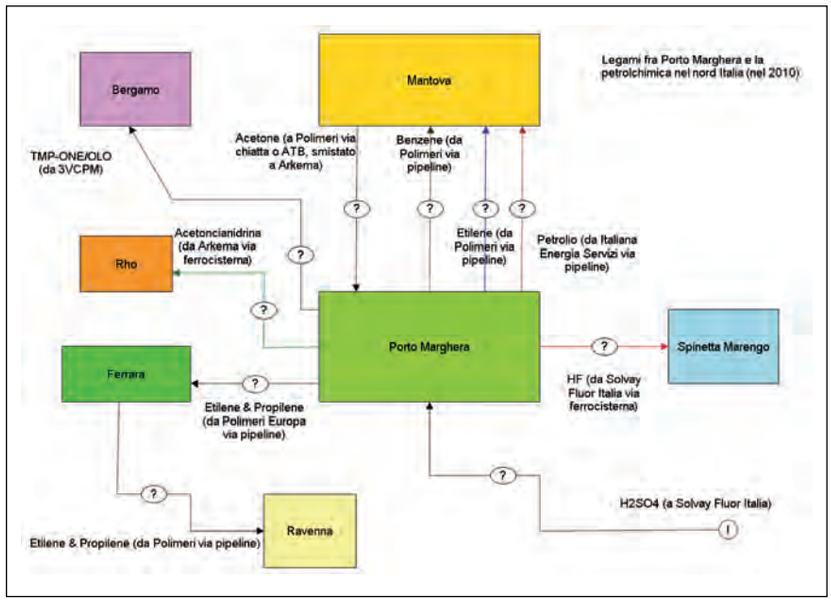
Un altro aspetto importante che limita la competitività della chimica di base in Italia è la mancanza di un'impresa nel Paese in grado di aspirare a una leadership, almeno continentale e che guidi quindi le decisioni politiche in Italia. Questo è strettamente legato alle scelte e posizioni del gruppo ENI, che negli ultimi vent'anni si è progressivamente specializzato, come altri produttori europei e internazionali, ma sostanzialmente a vantaggio dei segmenti a monte della chimica.

Le attività a Porto Marghera erano rappresentate fino agli anni '70 dal settore petrolifero, strettamente legato alla chimica, ma anche dall'alimentare, industria dell'alluminio, cantieristica, servizi ambientali (energia, acqua e gas), meccanica, metallurgica/siderurgia, minerali non metalliferi, tessile, porto e altri settori del terziario.

Confrontando tale situazione con quella più recente, si nota una riduzione dell'area occupata dall'attività chimica, petrolifera e dell'alluminio, con una conseguente estensione delle aree dismesse e non utilizzate, ma anche del porto e di altri settori. Si è inoltre inserita l'attività di trattamento dei rifiuti e tecnologia per le bonifiche.

In particolare si osserva come si sia-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 98 12/02/2013 10:46:16



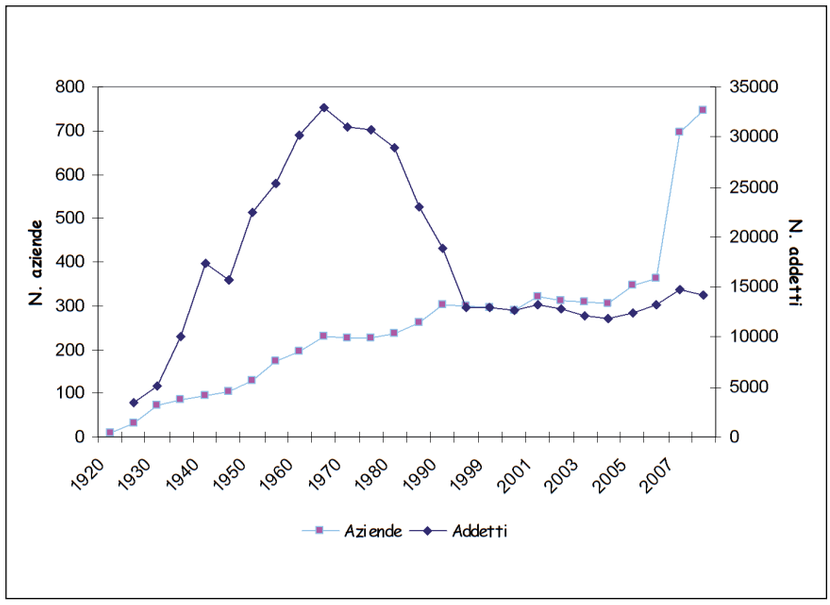
3. I legami tra Marghera e la petrolchimica del Nord Italia (2010)

no ridotte notevolmente nel tempo in termini di unità locali e addetti l'attività chimica, meccanica e metallurgica, il numero delle aziende chimiche e degli occupati, e come siano invece cresciuti i servizi.
Alla fine del 2009 si è intensificata una situazione di crisi, che riguardava non solo il settore chimico, ma anche l'alluminio, il vetro e la cantieristica. Per le ultime due, la crisi economica globale ha avuto un forte impatto.

La sostenibilità della realtà produttiva di Porto Marghera: uno studio di simbiosi industriale

La sostenibilità ambientale di un'area industriale è strettamente legata all'impatto che le attività legate ad essa hanno sull'ambiente: tutte le attività industriali consumano risorse, spazio e producono rifiuti, andando così a impattare sull'ambiente.
Troppo a lungo però questi impatti non sono stati considerati con la giusta attenzione, in quanto l'industria era più focalizzata al soddisfacimento delle proprie esigenze che alle esternalità prodotte. In un'era in cui, alla luce della consapevolezza che non può esserci sviluppo economico a lungo termine senza preservare l'ambiente, l'obiettivo finale è lo sviluppo sostenibile della società, occorre considerare che i sistemi industriali non sono isolati dai sistemi circostanti, ma integrati, formando così un unico sistema.
Obiettivo della ricerca è stato l'applicazione del concetto di sostenibilità alla realtà produttiva di Porto Marghera, costruendo un "ponte" tra l'economia reale e i modelli di sostenibilità da tutti auspicati.
L'industrial ecology, l'idea di un'economia circolare e l'applicazione delle idee e delle tecniche del life-cycle ai diversi fattori di produzione, si pone l'obbiettivo di rappresentare e favorire l'organizzazione dei sistemi industriali secondo regole derivabili dai processi che hanno luogo in natura. L'industria e le sue filiere sono studiate e progettate come un sistema complesso ma chiuso, in opposizione a una più tradizionale prospettiva che vede i processi industriali come processi individuali connessi in modo lineare. Ne discende una radicale revisione del concetto di catena del valore e lo sviluppo eco-industriale porta a una 'minimizzazione' degli impatti ambientali ovvero alla fornitura di beni pubblici, quali la qualità ambientale, a partire da una lo-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 99 12/02/2013 10:46:16



4. Evoluzione del numero delle aziende e degli addetti Porto Marghera. Fonte: Elaborazione dati Ente Zona Industriale, 2009

gica industriale e di mercato.
Lo studio ha sviluppato un percorso di analisi quantitative, prendendo come riferimento concetti quali quello della simbiosi industriale (dove aziende diverse beneficiano dello scambio di materiali, energia o informazioni, con un vantaggio collettivo maggiore della somma dei benefici individuali che potrebbero ottenere agendo da soli) e dei parchi eco-industriali (aree industriali che creano delle simbiosi, utilizzando come modello di riferimento lo sviluppo di un uso circolare delle risorse) e utilizzando strumenti quali l'analisi dei flussi di materia e la costruzione degli indicatori di performance ambientale. Lo studio e l'analisi dei dati si è associato a indagini qualitative con interviste a portatori di interessi nell'area e a indagini conoscitive sul campo.
Se alla fine degli anni '90 si poteva riscontrare un buon livello di integrazione tra le industrie nell'area di Porto Marghera, in termini di scambi, sia di prodotti finiti e di by-product, sia di energia (elettrica e termica) e di gas industriali, si assiste nell'arco del decennio seguente ad una progressiva perdita di integrazione, per la fuoriuscita di importanti aziende e la conseguente chiusura di interi cicli produttivi.
Si evidenzia una riduzione generale dell'impatto ambientale delle attività produttive nell'area. Si è ridotto l'impatto nel tempo degli output (i rifiuti solidi, gli scarichi reflui ed le emissioni atmosferiche) per unità di materia prima. Tuttavia, a fronte della riduzione dei rifiuti direttamente creati dai processi produttivi, vi è stato un aumento di essi dovuto a opere di bonifica, ricostruzione o nuovi investimenti, portando a un aumento dei rifiuti complessivi. Diminuiscono le quantità di rifiuti inceneriti (prevalentemente pericolosi), ma si è modificata la composizione della provenienza di tali rifiuti, con un consistente aumento dei rifiuti provenienti dall'esterno dell'area.
Gli scarichi di reflui hanno mostrato un tendenziale decremento nel tempo; simile trend riguarda le emissioni in atmosfera, sia quelle di Diossido di Carbonio, sia quelle di gas inquinanti. Le cause di questa riduzione possono essere individuate nella chiusura di alcuni cicli altamente inquinanti, o nelle industrie che hanno cessato la produzione a Porto Marghera, così come nei continui miglioramenti apportati ai sistemi di abbattimento degli inquinanti nel corso degli anni. Tuttavia, in

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 100 12/02/2013 10:46:17

considerazione del fatto che le emissioni in atmosfera di inquinanti e di CO2, con potenziali effetti sulla salute umana, instabilità degli ecosistemi e cambiamenti climatici, sono largamente associabili alla produzione di energia, qualunque miglioramento è connesso alla capacità di sviluppare iniziative e investimenti volti alla riduzione di tali impatti.
Ogni miglioramento futuro della situazione nell'area dipenderà da ulteriori eventuali miglioramenti nella produzione di energia necessaria nell'area, tenendo presente che l'efficacia di alcuni investimenti nel campo della produzione innovativa di energia a basso impatto, quale ad esempio quello basato sull'idrogeno, sono strutturalmente legati al funzionamento di altri cicli produttivi.
Gli impatti ambientali legati alle attività portuali possono essere particolarmente critici in un'area quale quella di Venezia e della sua laguna, caratterizzata da un notevole valore, ambientale, economico e culturale, ma anche da grande fragilità. La presenza e permanenza di tali attività a Venezia può quindi essere strettamente legata al superamento e alla riduzione di tali impatti e, non a caso, molti di questi vengono affrontati nel Piano operativo dell'Autorità Portuale di Venezia.
In conclusione la realtà industriale di Porto Marghera, centrata sul polo chimico che fino a pochi anni fa presentava caratteristiche favorevoli per un nuovo sviluppo come parco eco-industriale, a vantaggio della sostenibilità, si ritrova oggi in una situazione incerta dal punto di vista produttivo e degli impatti sull'ambiente. La chiusura di molte delle maggiori produzioni e il futuro incerto di alcune delle rimanenti fa venire meno quella diversità che, sulla base dell'analogia biologica, darebbe al sistema industriale la capacità di adattarsi a cambiamenti.
Costruire un percorso di sostenibilità a Porto Marghera, grazie anche all'uso circolare delle risorse, significa perciò lavorare per la realizzazione di nuovi progetti, alcuni dei quali già proposti negli ultimi anni, volti a ridurre l'impatto ambientale di attività esistenti, attraverso l'efficienza energetica, l'uso di energie rinnovabili, trattamento delle acque, uso efficiente delle risorse, e soprattutto pensare a introdurre nuove attività o tipi di produzione a basso impatto ambientale, così come attività ad alto contenuto di capitale umano, a vantaggio della crescita economica lungo un sentiero di sostenibilità.

L'aspetto delle bonifiche e della compatibilità ambientale è sicuramente di centrale importanza nello scenario di Marghera attuale e futuro.
In questo contesto è nato l'accordo di Programma per la Chimica a Porto Marghera, firmato volontariamente da Ministeri, Enti Locali, Organizzazioni Sindacali e le più importanti aziende operanti nell'area nel 1998 e diventato operativo nel 1999. L'obiettivo dell'Accordo era di costituire e mantenere nel tempo le condizioni ottimali di coesistenza tra tutela dell'ambiente e sviluppo produttivo nel settore chimico e, attraverso questa via, di fare di Porto Marghera un caso pilota di area ecologicamente attrezzata. La tutela ambientale diventava quindi un aspetto imprescindibile per la sopravvivenza stessa dell'area.
In particolare, i due obiettivi principali dell'Accordo per la Chimica erano: risanare e tutelare l'ambiente attraverso azioni di disinquinamento, bonifica o messa in sicurezza dei siti, di riduzione delle emissioni in atmosfera e in Laguna e di prevenzione dei rischi di incidente rilevante; indurre investimenti industriali adeguati, con l'obiettivo di dotare gli impianti esistenti delle migliori tecnologie ambientali e renderli concorrenziali sul piano europeo, garantendone l'economicità nel tempo e assicurando il mantenimento, il rilancio e la qualificazione dell'occupazione.

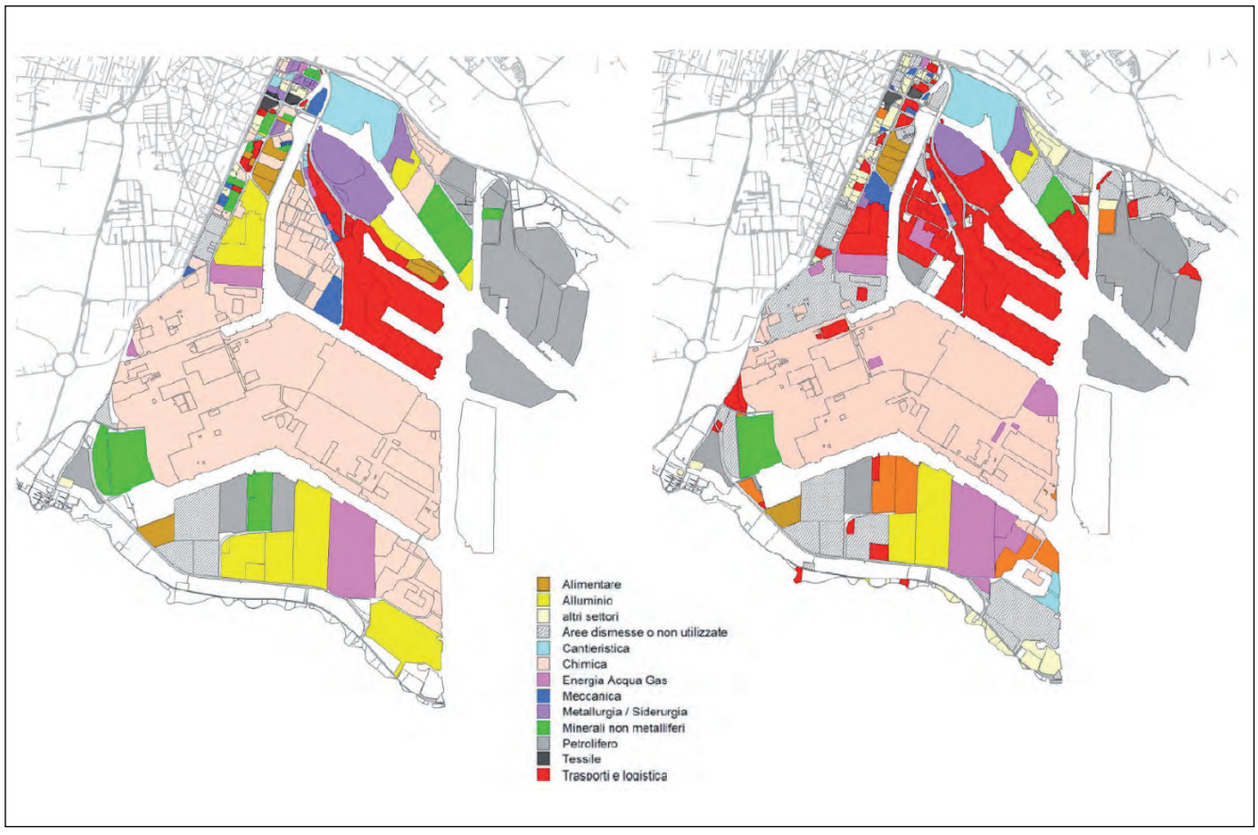
MAV_progetto_Tema_v4a.indd 101 12/02/2013 10:46:17

Sulla base di dati raccolti da ARPAV a Porto Marghera è stato possibile avviare lo studio dei flussi di energia e materia per l'area di Porto Marghera, ricostruendo i flussi e gli scambi tra le aziende. Sono comprese le principali aziende, che si stima siano responsabili del 75% delle emissioni nell'ambiente e quindi ben rappresentative degli impatti ambientali del polo industriale. Sono stati ricostruiti gli schemi dei flussi di materia, energia e rifiuti dell'area per gli anni 1998 e 2007, per evidenziare come si è evoluta nel tempo la situazione. L'obiettivo di questa indagine preliminare è mettere in evidenza la possibile presenza di sinergie esistenti o potenziali e la loro evoluzione nel tempo per promuovere un uso circolare delle risorse a Porto Marghera.
Confrontando i flussi di materia nell'area nei diversi anni si evidenzia come si sia passati da una forte interdipendenza tra le attività dei vari impianti, che vedevano le aziende interagire tra di loro nell'ambito di diversi cicli produttivi (cloro-soda, caprolattame ecc.), con l'Enichem, poi Syndial, a giocare il ruolo principale, ad una situazione in cui le attività si sono ridotte molto e con esse anche le interazioni tra aziende.
Per quanto riguarda i flussi di by-product, cioè quei sottoprodotti della produzione di un'azienda che diventano input per il processo di un'altra, emerge come nel 1998 fosse in atto una simbiosi nell'area di Porto Marghera, che vedeva Enichem-Syndial impegnata rispettivamente con EVC Italia e ELF Atochem nello scambio di sottoprodotti clorurati e di gas poveri, solfato ammonico ecc.
La vecchia Enichem si trovava, inoltre, al centro di una fitta rete di interscambio di energia termica (vapore a diversa pressione) tra le maggiori aziende dell'epoca. Si poteva quindi parlare di un Parco eco-industriale agli stadi iniziali.

Nel 2007 invece la situazione appare notevolmente cambiata. Rispetto al 1998 risulta una generale riduzione degli scambi di vapore e di altri sottoprodotti tra le aziende chimiche considerate. Questo è dovuto principalmente alla chiusura di diversi cicli produttivi e agli avvicendamenti che hanno riguardato vari impianti negli ultimi anni. La crisi del settore chimico, soprattutto a scala italiana, rappresenta un ulteriore elemento di criticità che rende difficile al momento ipotizzare un ritorno alla simbiosi per il polo chimico, evidenziata anche nello schema dei flussi dello stato attuale.

Per un rilancio dell'area di Porto Marghera è necessario trovare alternative che, oltre a garantire uno sviluppo economico e sociale, non vadano a impattare negativamente sull'ambiente, ma ne migliorino la qualità. Da qui la scelta di applicare alcuni principi e metodologie proposte dall'ecologia industriale per analizzare la performance ambientale di Porto Marghera. Sono state studiate le sinergie tra le diverse attività e stakeholders presenti nell'area, che possono promuovere un uso circolare delle risorse a vantaggio della qualità ambientale dell'area.
La ricerca ha evidenziato la necessità di considerare non solo la scala locale, ma anche quella italiana, europea e mondiale del settore chimico, che per anni ha raccolto le attività principalmente caratterizzanti quest'area. Un altro aspetto che è fondamentale considerare quando si vanno a delineare i possibili scenari per l'area è che il futuro di Porto Marghera è strettamente legato alla sostenibilità non solo economica e sociale, ma anche ambientale dell'area stessa.
Il percorso è quello dell'ecologia industriale citata in precedenza, che mira a sviluppare un'economia circolare, dove le risorse vengono utilizzate seguendo cicli, per arrivare alla minimizzazione del consumo delle stesse

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 102 12/02/2013 10:46:17



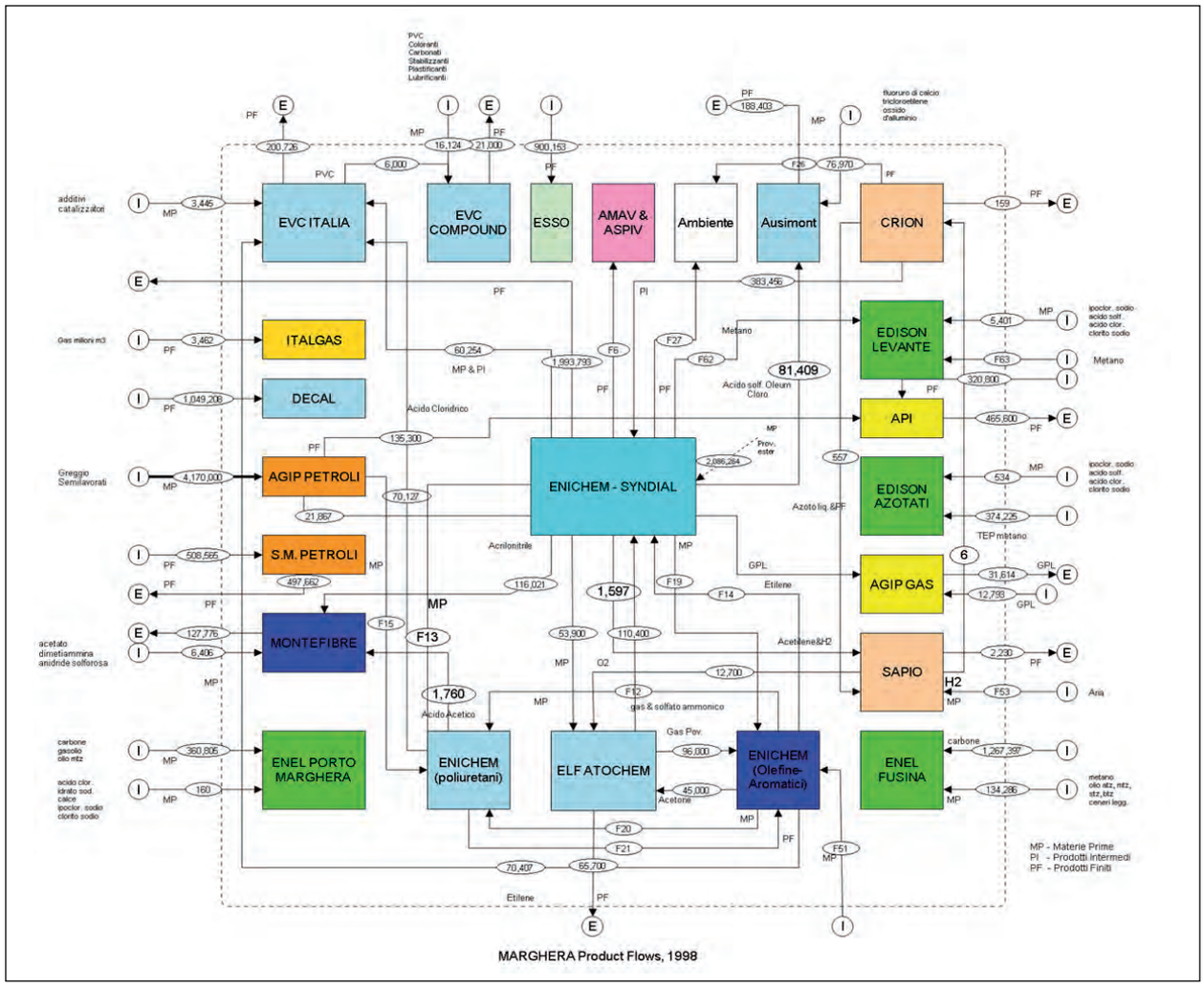
5. Le attività a Porto Marghera nel 1974 e nel 2009 (fonte: "Green: il futuro di Porto Marghera," Favaretto e Saccà, 2009)

e della produzione di rifiuti.
Gran parte dell'industria chimica risulta costituita da beni intermedi, cioè da sostanze e prodotti che entrano nel processo produttivo di altri comparti industriali o della chimica stessa.
L'industria chimica viene solitamente suddivisa in cinque principali sottosettori: petrolchimica o chimica organica, inorganica di base, polimeri, prodotti speciali e beni di consumo.
La petrolchimica sta alla base della maggior parte delle catene chimiche del valore, e insieme alla chimica inorganica di base e ai polimeri fornisce i beni primari che vengono poi trasformati e utilizzati dalla stessa industria chimica o da altre industrie.
La petrolchimica utilizza petrolio, gas, carbone e biomassa non solo come fonti di energia, ma anche come principale materia prima per la produzione. Essendo l'energia oggi uno dei temi importanti a livello globale, per la stretta relazione con i cambiamenti climatici, le decisioni di investimento nel settore della petrolchimica possono essere influenzate in modo rilevante da decisioni politiche a livello globale.
L'industria chimica deve oggi confrontarsi con la questione della sostenibilità, quindi se da un lato deve continuare a introdurre innovazioni che rispondano a esigenze pratiche di competitività del settore, dall'altro deve ricercare l'ottimizzazione dell'uso delle risorse, la minimizzazione del consumo di energia e di produzione di rifiuti, inquinamento, emissioni in atmosfera e in acqua, la sicurezza dei prodotti e della loro applicazione.

Lo spazio economico a Porto Marghera: l' indagine 'Fare impresa a Porto Marghera'

L'area industriale di Porto Marghera costituisce uno dei più grandi - e maggiormente inquinati - siti contaminati presenti nella lista dei siti di in-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 103 12/02/2013 10:46:17



6. Flussi di materia a Porto Marghera nel 1998

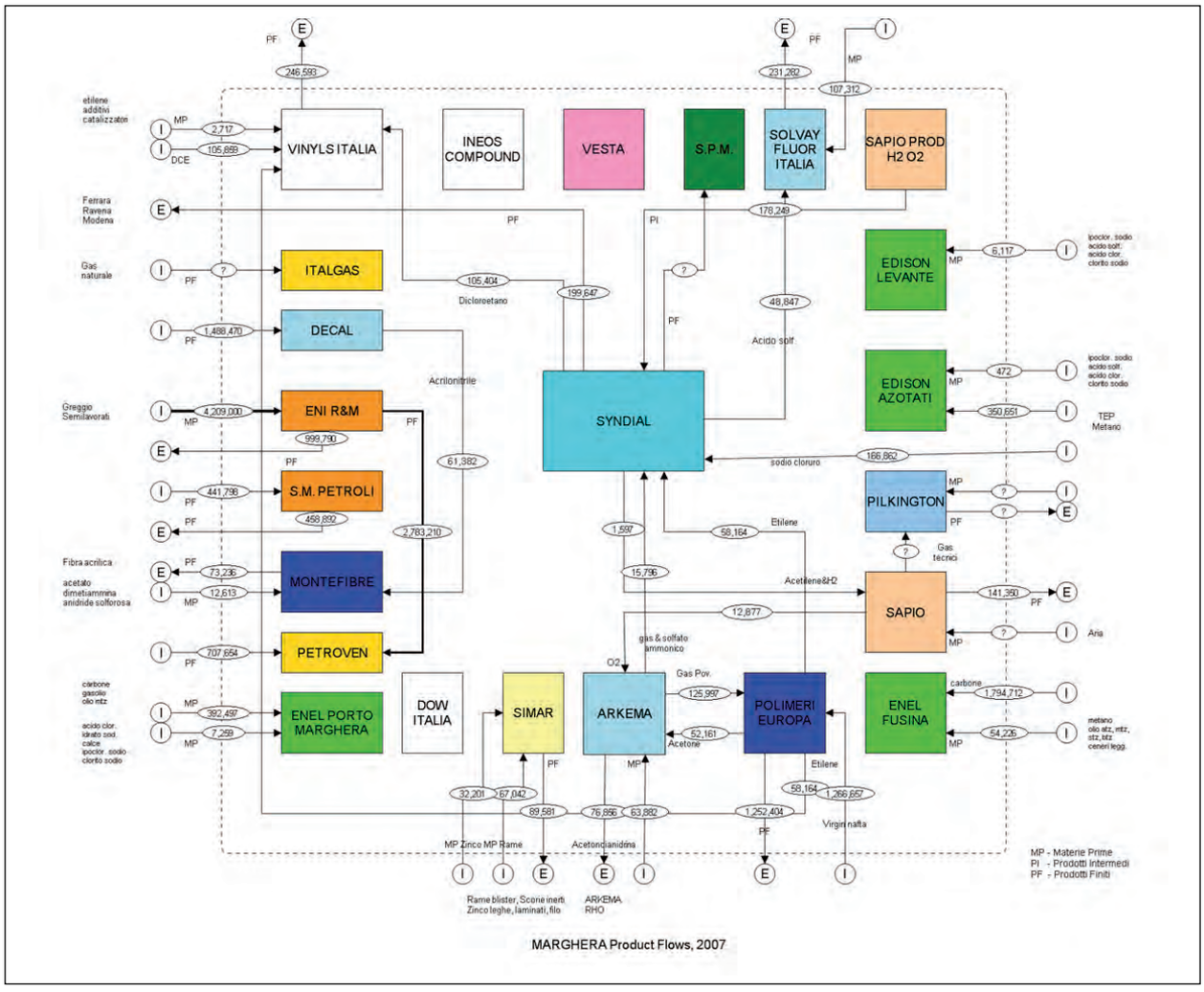
teresse nazionale (SIN). L'area oggi, dopo aver ospitato nel passato importanti complessi industriali in settori di base, è attraversata da profonde trasformazioni, con rilevanti effetti sulla struttura occupazionale e sull'utilizzo delle aree.

L'indagine conoscitiva "Fare impresa a Porto Marghera", condotta congiuntamente dall'Università IUAV di Venezia e dall'Ente della Zona industriale di Porto Marghera nel 2010-2011, è stata progettata per esplorare e comprendere l'attuale realtà produttiva, dando voce direttamente agli attori che vivono e operano nell'area. L'obiettivo dell'indagine è stato duplice: fornire un quadro delle attività produttive che si svolgono nell'area e identificare la domanda di servizi e di beni pubblici che le imprese esprimono e le possibili forme della loro erogazione e produzione.

Si è restituita una descrizione delle imprese, i vincoli e le opportunità derivanti dalla loro collocazione nell'area di Porto Marghera, i connotati delle loro attività produttive, la loro presenza nei mercati locali, nazionali e sopranazionali. Sono state messe in evidenza le complesse relazioni con le normative ambientali generali e specifiche dell'area e le opinioni riguardo possibili forme di intervento pubblico nell'area, così come delineare alcuni tratti della domanda di beni e servizi pubblici espressa dalle imprese.

Gli intervistati evidenziano un quadro

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 104 12/02/2013 10:46:18



7. Flussi di materia a Porto Marghera nel 2007

caratterizzato da una elevata consapevolezza della natura complessa della rete produttiva di Porto Marghera e dell'elevata interdipendenza, tra imprese e tra queste e il sistema infrastrutturale e il sistema normativo.

Tra i fattori strategici su cui operare per lo sviluppo futuro delle imprese e dell'area stessa, condivisi da larga parte delle imprese, c'è la richiesta di interventi sul sistema fiscale, a causa dei relativi adempimenti che pesano sulla competitività; la regolazione ambientale e quella sulla sicurezza sono sì considerate onerose ma costituiscono anche occasioni e opportunità di crescita, soprattutto per quanto riguarda le bonifiche e le attività di protezione dell'ambiente e il riciclaggio. Tra i fattori che possono imprimere una direzione positiva allo sviluppo, sia delle imprese che dell'area nella sua interezza, vi è condivisione sul ruolo giocato dalle comunicazioni – internet e reti e dei trasporti – come interconnessione e intermodalità.

Tra tutti, uno dei problemi più sentiti e condivisi è senz'altro quello legato alle reti, ovvero alle possibilità di un concreto interscambio che possa sostenere la capacità di garantire e mantenere una facile e veloce connessione col contesto esterno.

La domanda di reti si concretizza in una domanda "fisica" di infrastrutture di trasporto (a scala territoriale, come il Passante di Mestre o la Nuova Romea commerciale), capaci di garan-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 105 12/02/2013 10:46:18

tire una maggiore apertura di Porto Marghera verso l'esterno e di generare nuove opportunità localizzative.
Fra gli interventi infrastruturali sul settore trasporti l'intervento sulla Romea è considerato importante, come mostra anche il dato relativo alla disponibilità a pagare per questa infrastruttura.
Le imprese non manifestano una propensione marcata alla richiesta di aiuti diretti da parte della Pubblica Amministrazione, anche se si ribadisce il ruolo della fiscalità pubblica nazionale a sostegno dei costi delle infrastrutture; viene sottolineata la richiesta di intervento sul sistema fiscale e vi è una certa attitudine favorevole nei confronti di investimenti privati, anche nelle infrastrutture, in modo diretto o attraverso forme di "public & private partnerships" nella produzione di beni pubblici come le infrastrutture.

Conclusioni

L'analisi effettuata mette bene in luce la drammaticità della situazione attuale di Porto Marghera, che vede in crisi non solo le aziende chimiche, ma anche alcune delle grandi aziende di altri settori.
Ma quali sono le cause di questa situazione? Diversi sono i fattori che entrano in gioco, alcuni si ritrovano a scala globale, altri a scala europea, ma ci sono anche fattori caratteristici dell'Italia o del sito stesso.
Partendo dalla scala globale, la fotografia delle industrie chimiche presenti a Marghera è emblematica di quella che è stata la dinamica del cambiamento dell'industria chimica mondiale in questi ultimi anni. Da industrie che producevano diversi prodotti, si è passati ad aziende specializzate, dove solo quelle che sono leader mondiali o almeno europee sopravvivono. Queste aziende per rimanere competitive hanno bisogno di nuovi investimenti per migliorare la qualità e diminuire i costi della produzione attuale e di avere dimensioni tali da realizzare economie di scala. Quello della scala degli impianti è un problema che si riscontra in tutta Europa, caratterizzata da diversi poli di piccole dimensioni, quando invece una maggiore concentrazione sarebbe necessaria. Questo problema è ancora più grave in Italia, dove per esempio l'impianto di cracking di Marghera con una produzione di 370 mila tonnellate è il secondo in Italia, quando nel resto d'Europa ci sono già siti in cui si realizza una produzione di etilene superiore al milione di tonnellate.
È evidente quindi la necessità di concentrare gli impianti non solo all'interno dello stesso Paese, ma su scala europea; emerge però altrettanto chiaramente che le aziende chimiche, sempre più a carattere multinazionale, non stanno scegliendo l'Italia per concentrare i propri impianti. Un esempio è quello della Dow, che poco dopo aver chiuso quello a Porto Marghera, ha annunciato la realizzazione in Europa di un nuovo impianto tre volte più grande; e ancora di Ineos Vinyls, che mentre abbandonava l'Italia, dove aveva in mano gran parte del mercato del PVC del Paese, acquistava in Norvegia una linea completa di produzione di PVC a partire dalla materie prime.
Cos'è che, oltre alla scala ridotta, rende l'Italia poco attrattiva per gli investimenti industriali nella chimica? Primo tra tutti l'alto costo dell'energia, che colpisce tutti i settori industriali, ma in particolare quelli particolarmente energivori, quali quello chimico, ma anche, uscendo dalla chimica, il settore dei materiali non ferrosi, come dimostrano le recenti vicende dell'Alcoa.
Rimanendo sempre nell'ambito dell'economicità della produzione, anche i costi dei trasporti risultano elevati. Un altro fattore è poi quello delle lungaggini burocratiche; un caso em-

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 106 12/02/2013 10:46:18

blematico è quello dell'Ineos che per avere risposta riguardo la realizzazione del progetto di bilanciamento degli impianti di produzione di PVC e del suo monomero, ossia la richiesta di aumentare la produzione del cloruro di vinile monomero (CVM) e del relativo polimero (PVC), e contemporaneamente di investire in miglioramenti ambientali di tutta la produzione ha dovuto attendere 3 anni, quando in Inghilterra la risposta per lo stesso tipo di autorizzazione richiede meno di tre mesi ed in Germania due mesi.
Oltre a questi fattori che rendono poco conveniente produrre non solo a Porto Marghera, ma in Italia in generale, se ne è inserito un altro specifico per l'area, legato al referendum sulla chimica bandito a Venezia nel 2005.
Questo referendum è stato promosso da un movimento ambientalista e politico nel Veneto, per chiedere la chiusura delle attività che coinvolgevano il cloro. Il referendum, del 2006, ha riscontrato il favore dell'80% della cittadinanza intervistata alla chiusura del ciclo del cloro. Tale iniziativa sembra aver influenzato notevolmente le dinamiche degli ultimi anni a Porto Marghera. A conferma di ciò il fatto che solo un mese dopo la conclusione del referendum la Dow chiuse l'impianto di toluen diisocianato, giustificando tale chiusura con l'eccesso di produzione in Europa, anche se poco dopo annunciò, come già menzionato, la realizzazione di un nuovo e più grande impianto in Norvegia.
La scelta di lasciare così velocemente Marghera, quando il governo italiano, proprio in quei giorni, stava spingendo la Dow a rimanere ancora per alcuni anni è stata dettata almeno in parte dalla contrarietà della popolazione riguardo all'insediamento ritenuto potenzialmente pericoloso per la sicurezza.
A questi fattori si aggiunge l'effetto della crisi economica che ha colpito anche aziende di altri settori, in salute e che avevano piani di investimento a Porto Marghera, quali la Pilkington e la Fincantieri.
Così Porto Marghera, da polo chimico che fino a pochi anni fa presentava caratteristiche favorevoli per un suo nuovo sviluppo come parco eco-industriale e quindi in chiave più sostenibile, si ritrova oggi in una situazione quanto mai incerta.
L'incertezza rende poi azzardato investire per la realizzazione di iniziative che mirino ad un uso circolare delle risorse, tanto più che, non essendoci stabilità, avviare in questo momento scambi di sottoprodotti oltre che attualmente impossibile per la mancanza delle materie necessarie, anche nel caso in cui alcune delle maggiori produzioni riprendessero, risulterebbe pericoloso in quanto la controparte potrebbe venire a mancare improvvisamente e l'area non presenta allo stato attuale la capacità di attrarre sostituti.
L'ENI, probabilmente l'unica azienda italiana che avrebbe potuto trainare la ripresa nel settore in Italia, ha inoltre scelto di uscire dalla chimica. Questa decisione, ha giocato sicuramente un ruolo importante per Porto Marghera e per un possibile sviluppo del polo chimico come parco eco-industriale, perché si è tradotta in una grande instabilità, anche alla luce del fatto che, viste le caratteristiche per lo più sfavorevoli della produzione in Italia e di Porto Marghera stessa, come già menzionato, è difficile che aziende straniere multinazionali decidano di investire nell'area.
La situazione attuale lascia quindi poco spazio all'ottimismo sui possibili scenari futuri per l'industria chimica. La chimica di base in Italia, in generale, e a Marghera in particolare, avrebbe bisogno di investimenti di notevole portata, di alleanze con altri produttori, di ristrutturazioni dei siti produttivi, che però sembrano al momento molto lontani.

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 107 12/02/2013 10:46:18

MAV_progetto_Tema_v4a.indd 108 12/02/2013 10:46:18

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

MAV_Bibliografia_2.indd 3 06/02/2013 12:26:32

MAV_Bibliografia_2.indd 4 06/02/2013 12:26:32

Analisi delle componenti a scala locale del relative sea level rise alla luce degli scenari globali di sviluppo futuro considerati dall'IPCC. Indagine nel sottosuolo olocenico

Baradello, L., Carcione, J.M., 2008. Optimal seismic data acquisition in very shallow water. Surveys in the Venice Lagoon. Geophysics, 73(6), Q59-63.

Brancolini, G., Tosi, L., Baradello, L., Donda, F., Zecchin, M., 2007. The subsoil architecture of the Lagoon and Gulf of Venice (Italy) by very high resolution seismic surveys in shallows, in Campostrini P. (Ed.), Scientific Research and Safeguarding of Venice. Corila, research programme 2004-2006 - 2006 results, 6, 517-561.

Rizzetto, F., Tosi, L., Zecchin, M., Brancolini, G., 2010. Modern geological mapping and subsurface lithostratigraphic setting of the Venice Lagoon (Italy). Rendiconti Fis. Accademia dei Lincei, 21 (Suppl. 1), 239-252.

Rizzetto, F., Tosi, L., Zecchin, M., Brancolini, G., Baradello, L. and Tang, C., 2009. Ancient geomorphological features in shallows of the Venice Lagoon (Italy). Journal of Coastal Research, SI 56, 752- 756.

Teatini, P., Tosi, L., Viezzoli, A., Baradello, L., Zecchin, M., Silvestri, S., 2011. Understanding the hydrogeology of the Venice Lagoon subsurface with airborne electromagnetics. Journal of Hydrology, 411, 342-354.

Tosi, L., Baradello, L., Teatini, P., Zecchin, M., Bonardi, M., Shi, P., Tang, C., Li, F., Brancolini, G., Chen, Q., Chiozzotto, B., Frankenfield, J., Giada, M., Liu, D., Nieto, D., Rizzetto, F., Sheng, Y., Xiao, Y., Zhou, D., 2011. Combined continuous electrical tomography and very high resolution seismic surveys to assess continental and marine groundwater mixing. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, 52, 585-594.

Tosi, L., Rizzetto, F., Zecchin, M., Brancolini, G., Baradello, L., 2009. Morphostratigraphic framework of the Venice Lagoon (Italy) by very shallow water VHRS surveys: Evidence of radical changes triggered by human-induced river diversion, Geophysical Research Letters, 36, L09406.

Zecchin, M., Baradello, L., Brancolini, G., Donda, F., Pizzetto, F., Tosi, L., 2008. Sequence stratigraphy based on high-resolution seismic profiles in the late Pleistocene and Holocene deposits of the Venice area. Marine Geology, 253, 185-198.

Zecchin, M., Brancolini, G., Tosi, L., Rizzetto, F., Caffau M., Baradello, L., 2009. Anatomy of the Holocene succession of the southern Venice Lagoon revealed by very high resolution seismic data. Continental Shelf Research, 29(10), 1343-1359.

Zecchin, M., Caffau, M., Tosi, L., 2011. Relationship between peat bed formation and climate changes during the last glacial in the Venice area. Sedimentary Geology, 238, 172-180.

Analisi delle componenti a scala locale del relative sea level rise alla luce degli scenari globali di sviluppo futuro considerati dall'IPCC. La mitigazione mediante sollevamento antropico

D. Baù, M. Ferronato, G. Gambolati and P. Teatini, Basin-scale compressibility of the Northern Adriatic by the radioactive marker technique, Geotechnique, 52(8), 605-616, 2002.

MAV_Bibliografia_2.indd 5 06/02/2013 12:26:32

L. Carbognin, P. Teatini, A. Tomasin and L .Tosi, Global change and relative sea level rise at Venice: what impact in term of flooding, Climate Dynamics, 35, 1039-1047, doi:10.1007/s00382-009-0617-5, 2010.

A. Comerlati, M. Ferronato, G. Gambolati, M. Putti and P. Teatini, Can CO2 help save Venice from the sea? EOS Trans. AGU, 84(49), 546-553, 2003.

A. Comerlati, M. Ferronato, G. Gambolati, M. Putti and P. Teatini, Saving Venice by seawater, J. Geophys. Res., 109(F3), doi: 10.1029/2004JF000119, 2004.

M. Ferronato, N. Castelletto, G. Gambolati, C. Janna, P. Teatini. II cycle compressibility estimate from satellite measurements. Geotechnique, DOI: 10.1680/geot.11.p.149, 2012.

G. Gambolati, P. Teatini, M. Ferronato, T. Strozzi, L. Tosi and M. Putti, On the uniformity of anthropogenic Venice uplift, Terra Nova, 21(6), 467-473, doi:10.1111/j.1365-3121.2009.00903.x, 2009.

T. Strozzi, P. Teatini and L .Tosi, TerraSAR-X reveals the impact of the mobile barrier works on Venice coastland stability, Remote Sensing of the Environment, 113(12), 2682-2688, doi:10.1016/j.rse.2009.08.001, 2009.

P. Teatini, M. Ferronato, G. Gambolati, D. Bau' and M. Putti, Anthropogenic Venice uplift by seawater pumping into a heterogeneous aquifer system, Water Resour. Res., 46, W11547, doi:10.1029/2010WR009161, 2010.

P. Teatini, N. Castelletto, M. Ferronato, G. Gambolati and L. Tosi, A new hydrogeologic model to predict anthropogenic uplift of Venice, Water Resour. Res., 47, W12507, doi:10.1029/2011WR010900, 2011.

Il trasporto solido dalla laguna al mare in differenti scenari di livelli marini e di uso dei mezzi di regolazione delle maree

Amos, C.L., Villatoro, M.M., Helsby, R., Thompson, C.E.L., Zaggia, L., Umgiesser, Venturini, V., Are, D., Shuterland, F., Mazzoldi, A., Rizzetto, F., 2010. The measurement of sand transport in two inlets of Venice lagoon, Italy. Estuarine, Coastal and Shelf Science 87 (2010) 225–236.

Arena, F., Costa, F., Defendi, V., De Pascalis, F., Ferrarin, C., Gacic, M., Kovacevic, V., Mancero-Mosquera, I., Mazzoldi, A., Simionato, F., Umgiesser, G., Zaggia, L., 2009. La Misura del Trasporto Solido Laguna-Mare. Relazione Finale. Corila, Venezia, p. 175.

Bagnold R.A., 1963. Mechanics of marine sedimentation. In: Hill M.N. (ed.), The Sea. The Earth Beneath the Sea, Wiley-Interscience Publ., New York, 507-582.

Brown C.B., 1950. Sediment transportation. In: Rouse H. (ed.), Engineering Hydraulics, Wiley Publ., New York, 769-857.

Cucco, A., Umgiesser,G., Ferrarin, C., Perilli, A. Melaku Canu, D. Solidoro, C. Eulerian and lagrangian transport time scales of a tidal active coastal basin, 2009. Ecological Modelling, 220, 913-922.

Defendi V., Kovačević V., Zaggia L., Mancero Mosquera I., Gačić M., Simionato F., Costa F., Arena F., Mazzoldi A. and Ferla M., 2007. Estimating suspended sediments concentrations from Acoustic Doppler Current Profiler data in the Venice Lagoon inlets, Italy. Proceedings of the 2007 Hydraulic Measurements & Experimental Methods Conference, September 10-12,

MAV_Bibliografia_2.indd 6 06/02/2013 12:26:32

2007, Lake Placid, New York, 362-367.

Ferrarin C., Umgiesser G., Cucco A., Hsu T.-W., Roland A and Amos C.L., 2008. Development and validation of a finite element morphological model for shallow water basins. Coastal Engineering, 55, 716-731.

Ferrarin C., Cucco A., Umgiesser G., Bellafiore D., Amos C. L., 2010. Modelling fluxes of water and sediment between Venice Lagoon and the sea, Continental Shelf Research, 30, 904-914.

Sarretta, A., Pillon, S., Molinaroli, E., Guerzoni, S., Fontolan, G., 2010. Sediment budget in the Lagoon of Venice, Italy. Continental Shelf Research, 30 (8), 934-949.

Villatoro, M.M., Amos, C.L., Umgiesser, G., Ferrarin, C., Zaggia, L., Thompson C.E.L., Are, D. , 2010. Sand transport measurements in Chioggia inlet, Venice lagoon: Theory versus observations. Continental Shelf Research, 30, 1000-1018.

Conservazione ed evoluzione degli habitat lagunari: effetti dei cambiamenti climatici e delle misure di adattamento

Franco A., Franzoi P., Malavasi S., Zucchetta M., Torricelli P. The value of Mediterranean lagoon marshes for the conservation of fish species of community interest. Sottomesso a Estuarine Coastal Shelf Science.

Gilman S.E., Urban M.C., Tewksbury J., Gilchrist G.W., Holt R.D., 2010. A framework for community interactions under climate change. Trends in Ecology and Evolution, 25: 325-331

IPCC, 2007. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Lassalle, G., Béguer, M., Beaulaton, L., Rochard, E., 2008. Diadromous fish conservation plans need to consider global warming issues: An approach using biogeographical models. Biological Conservation 141, 1105-1118.

Moore, P.J., Thompson, R.C. & Hawkins S.J., 2011. Phenological changes in intertidal con-specific gastropods in response to climate warming. Global change biology 17, 709-719.

Pranovi F., Caccin A. , Franzoi P., Malavasi S., Zucchetta M., Torricelli P. Vulnerability of artisanal fisheries to climate change in the Venice lagoon. Journal of Fish Biology, in press.

Ready, J., K. Kaschner, A.B. South, P.D. Eastwood, T. Rees, J. Rius, E. Agbayani, S. Kullander & R. Froese (2010). Predicting the distributions of marine organisms at the global scale. Ecological Modelling 221(3): 467-478

Thomas, C.D., Cameron A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., Ferreira de Siqueira, M., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., van Jaarsveld, A.S., Midgley, G.F., Miles L., Ortega-Huerta, M.A., Peterson, A.T., 2004. Extinction risk from climate change. Nature 427:145-147.

Zucchetta M., Cipolato G., Pranovi F., Antonetti P., Torricelli P., Franzoi P.,

MAV_Bibliografia_2.indd 7 06/02/2013 12:26:32

Malavasi S., 2012. The relationships between temperature changes and reproductive investment a brackish fish: insights for the assessment of climate change effects. Estuarine and Coastal Shelf Science, 101: 15-23.

Zurell, D., Jeltsch, F., Dormann, C.F. & Schröder, B., 2009. Static species distribution models in dynamically changing systems: how good can predictions really be? Ecography, 32, 733-744.

Biodisponibilità e biotossicità dei contaminanti lagunari ed evoluzione normativa

Black F. J., Conaway C. H., Flegal A. R. Stability of dimethylmercury in seawater and its conversion to monomethylmercury. Environ. Sci. Technol. 4056-4062 (2009).

F. Corami, C. Turetta, G. Capodaglio, S. Rabar, P. Cescon. "Benthic fluxes and speciation of cadmium and zinc in the Venice Lagoon, Italy". 4° Mediterranean Conference on Aquatic Chemistry 2004, Reggio di Calabria, Italia, Settembre 2004

Corami F., Cairns W. R., Rigo C., Vecchiato M, Piazza R., Cescon P. "Remediation and Bioremediation of Dredged Polluted Sediments of the Venice Lagoon, Italy: An Environmental-friendly approach". INTERNATIONAL CONGRESS "THE CENTENARY" 100th Anniversary of the Italian Chemical Society, Padova, August 31-September 4, 2009.

Ferrarello C., Fernandez de la Campa M., Carrasco J., Sanz-Mendel A. Speciation of metallothionein-like proteins f the mussel Mytilus edulis at basal levels by chromatographic separations coupled to quadrupole and double-focusing magnetic sector ICP-MS. Anal. Chem. 5874-5880 (2000).

MAGISTRATO ALLE ACQUE DI VENEZIA - Thetis, 2004. Attività di monitoraggio ambientale della laguna di Venezia, Esecutivo del 1° stralcio triennale (2000-2003) MELa1, Attività E. Rapporto finale interdisciplinare. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Nobi E.P., Dilipan E., Thangaradjou T., Sivakumar K., Kannan L. Geochemical and geostatistical assessment of heavy metal concentration in the sediments of different coastal ecosystems of Andaman islands, India. Estuarine, Coastal and Shelf Science 87: 253-264 (2010).

Paquin P.R., Santore R.C., Wu K.B., Kavvadas C.D. & Di Toro D.M. The biotic ligand model: a model of the acute toxicity of metals to aquatic life. Environmental Science & Policy 3, 175-182 (2000).

Praveena S. M., Radojevic M., Abdullah M. H. The assessment of mangrove sediment quality in Mengkabong Lagoon: and Index analysis approach. International Journal of Environmental and Science education 2 (3): 60-68 (2007).

Tessier A., Campbell P.G.C. & Bisson M. Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals. Analytical Chemistry 51, 844-851 (1979).

Wedepohl K. H. The composition of continental crust. Geochimica e Cosmochimica Acta, 59 (7): 1217-1232 (1995).

MAV_Bibliografia_2.indd 8 06/02/2013 12:26:32

Il paesaggio lagunare e la pianificazione degli usi antropici nel quadro dei cambiamenti e delle misure di adattamento e mitigazione. Pianificazione e recupero delle aree prospicienti le bocche di porto interessate agli interventi di regolazione delle maree

AA.VV. (2004), "Linee guida di gestione degli ambienti dunali del litorale veneto in funzione della conservazione e dell'incremento quantiqualitativo degli habitat di interesse comunitario", Progetto LIFE Natura 2003 "Azioni concertate per la salvaguardia del litorale veneto". Azienda Regionale Veneto Agricoltura e Regione del Veneto (Servizio Forestale Regionale di Padova e Rovigo, Servizio Forestale Regionale di Treviso e Venezia).

AA.VV. (2010), "I Paesaggi di Costa. Rapporto sul paesaggio costiero regione per regione". Italia Nostra, Campagna Nazionale 'paesaggi sensibili' 2010.

APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici , Dipartimento difesa del suolo, Dipartimento tutela delle acque interne e marine) (2008) " Atlante delle opere di sistemazione costiera. Manuali e linee guida ".

Bennett G. (2004) 'Guidelines on the application of existing international instruments in deeloping the Pan-European Ecological Network', Council of Europe, Nature and Environment Series, No. 124.

Commissione Europea-Eurosion (2007), 'Vivere con l'erosione costiera in Europa. Sedimenti e spazio per la sostenibilità'.

Di Felice V. (a cura di) Dossier n. 30/DN 26 maggio 2009 - Atto comunitario n. 34 'Libro bianco - L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo', COM (09) 147 def." Senato della Repubblica - Servizio affari internazionali, Ufficio per i rapporti con le istituzioni dell'Unione europea (XVI legislatura).

McInnes R., Centre for the Coastal Environment Isle of Wight Council, UK (2006), 'Affrontare i rischi derivanti dal cambiamento climatico nelle zone costiere. Una guida di buone pratiche'.

Nordenson, G., Seavitt, C., Yarinsky, A., (2010). 'On the water. Palisade bay', Princeton University school of architetcture, Hatje Cantz - MoMA , Berlino.

Regione Emilia Romagna, Fondazione CerviaAmbiente (2004), 'Progetto GIZC. Gestione integrata delle zone costiere'.

State of New South Wales (2010), 'Coastal Planning Guideline: Adapting to sea level rise'.

Il paesaggio lagunare e la pianificazione degli usi antropici nel quadro dei cambiamenti e delle misure di adattamento e mitigazione. Riqualificazione e riprogettazione di alcune aree di terraferma prospicienti la laguna di Venezia

AA.VV., I. Musu (a cura di), " Venezia sostenibile: suggestioni dal futuro", ed Il Mulino-Studi e Ricerche, Bologna 1992.

AA.VV., "La laguna di Venezia", Cierre Edizioni, Verona 1995.

AA.VV., L. Benevolo, R. D'Agostino, M. Toniolo, "Quale Venezia. Trasformazioni urbane 1995-2005", ed. Marsilio, Venezia 2007.

AA.VV., S. Guerzoni e D. Tagliapietre (a cura di), "Atlante della Laguna di Venezia. Venezia tra terra e mare", ed. Marsilio, Venezia 2006.

AA.VV., A. Groppello e P. Virgioli (a cura di), "Venezia sistema Mose. Studi di

MAV_Bibliografia_2.indd 9 06/02/2013 12:26:32

inserimento architettonico delle opere mobili alle bocche lagunari per la difesa dalle acque alte.", ed. Marsilio IUAV, Venezia 2009.

A.A.V.V., "Stato dell'ecosistema lagunare veneziano" Strumenti del Magistrato alle Acque di Venezia, Marsilio luglio 2010.

Davide Battistin, Paolo Canestrelli (a cura di), "1872-2004, la serie storica della maree a Venezia", Venezia 2006.

Luigi D'Alpaos, "Fatti e misfatti di idraulica lagunare. La laguna di Venezia dalla diversione dei fiumi alle nuove opere alle bocche di porto", Istituto Veneto di Scienze Lettere e Arti, Memorie n. 44, Venezia 2010.

Luigi D'Alpaos, "L'evoluzione morfologica della Laguna di Venezia attraverso la lettura di alcune mappe storiche e delle sue carte idrografiche", Comune di Venezia-Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree-Legge speciale per Venezia, Europrint srl Quinto di Treviso, marzo 2010.

Manfredo Tafuri, "Venezia e il Rinascimento", Einaudi, Torino 1985,

Il paesaggio lagunare e la pianificazione degli usi antropici nel quadro dei cambiamenti e delle misure di adattamento e mitigazione. Studio di fattibilità sul recupero e destinazione di Porto Marghera dal punto di vista economico-urbano considerando in modo approfondito anche i problemi ambientali

ARPAV (a cura di) (2009). Bilanci ambientali delle aziende di Porto Marghera 1998-2007. Allegato al Rapporto Ambientale d'Area di Porto Marghera.

Cefic (2009a). Enabler of a Sustainable Future: The European Chemical Industry A brief summary of the report from the High Level Group on the Competitiveness of the European Chemicals Industry.

Cefic (2009b). A short summary of Chemicals Trends Report (Nov-Dec. 2009).

Chertow M.R. (2000). Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy, Annual Review of Energy and the Environment, 25, pp. 313-337.

EC (2009). High Level Group on the Competitiveness of the European Chemicals Industry.

Ente Zona Industriale di Porto Marghera (2009). Relazione del Presidente all'Assemblea degli Associati – Anno 2008.

Favaro D., Ninka E., Turvani M., (2011) Human Capital, Technology Intensity and Growth in a Regional Context, in CO.RI.LA, Scientific Research and Safeguarding of Venice, Volume VII, 2007-2010 Results.

Turvani M., Favaro D., Mannino I. Ninka E. (2011) The Recovery and Rebirth of Porto Marghera: Short and Long Term Perspectives for Sustainable Development, in CO.RI.LA, Scientific Research and Safeguarding of Venice, Volume VII, 2007-2010 Results.

MAV_Bibliografia_2.indd 10 06/02/2013 12:26:32

SCHEDE DEI PROGETTI

MAV_progetto_Schede_v4a.indd 1 12/02/2013 11:06:06

MAV_progetto_Schede_v4a.indd 2 12/02/2013 11:06:06

Analisi delle componenti a scala locale del relative sea level rise alla luce degli scenari globali di sviluppo futuro considerati dall'IPCC

Indagine nel sottosuolo olocenico

Istituto di Scienze Marine, Consiglio Nazionale delle Ricerche - ISMAR-CNR

Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale - OGS

Il sottosuolo veneziano è caratterizzato da una elevata variabilità delle caratteristiche dei sedimenti, dovuta ai vari ambienti deposizionali che si sono susseguiti nel corso della formazione della laguna. In particolare, negli ultimi 10.000 anni si è passati da una pianura alluvionale emersa ad un ambiente di transizione e infine a quello lagunare attuale attraverso una complessa combinazione di processi oceanografici, sedimentari, eustatici e di subsidenza.

Studi precedenti hanno permesso di aggiornare ed arricchire le conoscenze sull'assetto e la composizione dei depositi recenti della laguna e della aree circostanti e quindi sull'evoluzione passata della laguna, dell'antistante litorale emerso e sommerso e del confinante bacino scolante.

I bassifondi costituiscono la maggior parte delle aree lagunari ed il loro sottosuolo è quello ad oggi meno esplorato. Colmare le lacune conoscitive dell'assetto geologico e geomorfologico dei bassifondi lagunari e delle strutture che vi si incontrano è un obbiettivo di particolare rilevanza scientifica in quanto strumento fondamentale per lo studio delle tendenze evolutive della morfologia lagunare e del ruolo che hanno giocato i cambiamenti naturali e indotti dall'uomo, conoscenza importante per i progetti riguardanti la salvaguardia della laguna.

Lo scopo del progetto è indagare sulle componenti a scala locale del "relative sea level rise". Nella laguna veneta sono presenti, infatti, processi che contribuiscono al "relative sea level rise" in modo altrettanto grave, se non anche più, del previsto eustatismo, quali la subsidenza nelle sue varie componenti, ed in particolare quella della compattazione olocenica. Approfondire l'analisi del fenomeno su scala locale è quindi un elemento imprescindibile per comprendere le conseguenze dei cambiamenti globali sulla laguna veneta.

Lo scopo è altresì quello di fornire le informazioni e i dati input indispensabili, senza i quali i modelli idraulici, morfologici, idrogeologici, non saranno in grado di sviluppare simulazioni e previsioni realistiche.

Gli obbiettivi del progetto sono stati: la determinazione dell'assetto dei depositi olocenici, fondamentale per poter valutare le variazioni dello spessore medio dei depositi olocenici a scala lagunare; la determinazione dell'architettura dei depositi olocenici, necessaria per comprendere correttamente i processi di compattazione differenziale e quindi per lo studio della subsidenza locale; la ricostruzione di alcuni esempi di evoluzione di canali a marea attuali, per aiutare a comprendere il peso delle componenti del sottosuolo sull'evoluzione lagunare olocenica.

Lo studio per la determinazione dell'assetto e dell'architettura dei depositi olocenici ha previsto l'esecuzione delle indagini sismiche sui bassi fondali lagunari della laguna sud e nella laguna centrale.

Gruppo di ricerca

Coordinatore del progetto e geologia Luigi Tosi, ISMAR-CNR

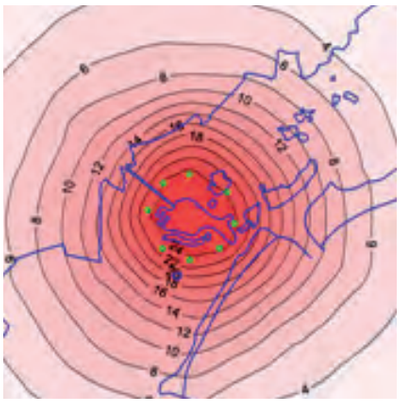
Processing dati geofisici Giuliano Brancolini, ISMAR-CNR

Acquisizione dati sismici VHR, responsabile del coordinamento tecnico e delle acquisizioni Luca Baradello, OGS

Analisi sismo-stratigrafica Massimo Zecchin, OGS

Analisi sedimentologiche Mauro Caffau, OGS

MAV_progetto_Schede_v4a.indd 3 12/02/2013 11:06:06



Analisi delle componenti a scala locale del relative sea level rise alla luce degli scenari globali di sviluppo futuro considerati dall'IPCC

La mitigazione mediante sollevamento antropico

Dipartimento di Metodi e Modelli Matematici per le Scienze Applicate, Università di Padova - DMMMSA-UNIPD

Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale - OGS

Istituto di Scienze Marine, Consiglio Nazionale delle Ricerche - ISMAR-CNR

Misurazioni di precisione condotte durante gli ultimi decenni mostrano che l'iniezione di fluidi nel sottosuolo può produrre un innalzamento del suolo fino ad alcune decine di centimetri in un intervallo temporale che può variare tra alcuni mesi e gli anni.
Tali evidenze hanno supportato l'idea di utilizzare questa metodologia per mitigare le conseguenze del "sea level rise" in quelle aree costiere ad elevato valore ambientale e/o culturale che sempre più frequentemente e con maggiore intensità sono interessate da inondazioni per il sovrapporsi di eustatismo e subsidenza.
Studi modellistici condotti recentemente suggeriscono che l'iniezione d'acqua salata in un acquifero profondo 600-800 m al di sotto della laguna di Venezia potrebbe sollevare uniformemente la città lagunare di 25-30 cm in un intervallo temporale di 10 anni.
In considerazione dell'innalzamento del livello relativo del medio mare quale effetto dei cambiamenti climatici globali, l'attuazione di un tale intervento di sollevamento potrebbe mantenere il livello relativo del medio mare ai valori attuali, prolungando in tal modo sostanzialmente la vita operativa del sistema delle barriere mobili. Infatti, un sollevamento del centro lagunare dell'ordine di 20-30 centimetri sarebbe sufficiente per fare operare il MOSE fino alla fine del secolo in condizioni pressoché equivalenti a quelle attuali, anche nel caso del verificarsi dello scenario eustatico più pessimistico tra quelli previsti.
Il primo obiettivo della ricerca è l'aggiornamento, sulla base dei dati acquisti in precedenti progetti, dei modelli fluidodinamici e geomeccanici utilizzati negli ultimi anni per prevedere il possibile innalzamento di Venezia attraverso l'iniezione di acqua salata in acquiferi profondi.
Il secondo obiettivo è l'utilizzazione dei modelli aggiornati per sviluppare nuovi e più affidabili scenari di iniezione d'acqua nel sottosuolo lagunare per sollevare la città uniformemente, efficacemente ed in sicurezza.
Il terzo obiettivo è valutare l'effetto del sollevamento previsto con i modelli sull'attuale batimetria lagunare, prendendo in considerazione le diverse forme morfologiche (barene, bassifondi, canali) presenti nell'area.
La batimetria lagunare così aggiornata potrà essere utilizzata per la simulazione dell'idrodinamica di una laguna meno profonda.
La ricerca è organizzata in tre principali attività: costruzione di un nuovo modello statico agli elementi finiti per il sito oggetto di studio; esecuzione delle simulazioni dinamiche di iniezione d'acqua salata e del conseguente sollevamento del suolo; valutazione dell'effetto del sollevamento sull'attuale batimetria lagunare.

Gruppo di ricerca

Coordinatore del progetto e simulazioni Pietro Teatini, DMMMSA-UNIPD

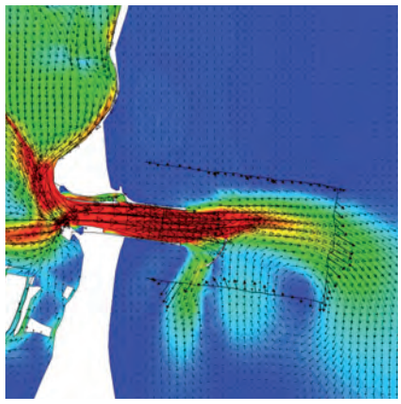
Simulazioni Nicola Castelletto, Massimiliano Ferronato, DMMMSA-UNIPD

Supervisione scientifica Giuseppe Gambolati, DMMMSA-UNIPD

Geologia Luigi Tosi, ISMAR-CNR

Processing dati geofisici Giuliano Brancolini, ISMAR-CNR, OGS

MAV_progetto_Schede_v4a.indd 4 12/02/2013 11:06:06



Il trasporto solido dalla laguna al mare in differenti scenari di livelli marini e di uso dei mezzi di regolazione delle maree

Istituto di Scienze Marine, Consiglio Nazionale delle Ricerche - ISMAR-CNR

Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale - OGS

Gli scambi d'acqua e sedimenti fra la laguna di Venezia e il Mare Adriatico costituiscono un tema di fondamentale interesse per la salvaguardia dell'ambiente lagunare e della città di Venezia. I loro effetti sulla morfologia sono molto importanti per la gestione della portualità, della pesca e più in generale per tutti gli usi antropici della laguna, anche in relazione agli effetti prodotti dalle nuove opere di difesa alle bocche di porto. La perdita altimetrica delle forme lagunari è dovuta sia a fenomeni globali (aumento del livello marino), sia a fattori locali (subsidenza, erosione da vento e da moto ondoso) ed è ulteriormente aggravata dagli scompensi fra gli apporti e le perdite di materiale sedimentario che caratterizzano il bacino lagunare.

La ricerca si articola su tre tematiche: trasporto di materiale solido in sospensione tra la laguna ed il mare; trasporto litoraneo; studio modellistico dei processi fisici che governano la risospensione ed il trasporto dei sedimenti per effetto della corrente, delle onde e del set-up prodotti dal vento nelle zone di basso fondale e lungo costa. L'obbiettivo della ricerca è stato quindi approfondire la dinamica dei sedimenti e il trasporto degli inquinanti nella laguna di Venezia e nella zona costiera adiacente, attraverso indagini sperimentali e l'applicazione di modelli matematici.

Il contributo maggiore alla perdita di materiali sembra dovuto alla bocca di porto di Lido: si tratta di un risultato non da tutti atteso, che ha reso necessarie ulteriori indagini. Si è riscontrato come gli eventi di bora di una certa intensità ($v > 10$ m/s) possano determinare una prevalenza del trasporto verso laguna. Tuttavia in particolari condizioni, i fenomeni di risospensione all'interno della laguna possono dar luogo ad una prevalenza dell'export verso mare con valori che possono rappresentare una frazione rilevante del bilancio annuo.

Studi batimetrici e sismici recenti hanno mostrato che l'entità della deposizione di materiali nell'ebb-tidal delta raggiunge valori notevolmente superiori al valore della perdita di sedimenti della laguna stimata dalle differenze della batimetria. Questi risultati mettono in risalto l'esistenza di una complessa interazione fra il trasporto legato al flusso mareale e il trasporto litoraneo davanti alle bocche di porto. Sembra esserci quindi una reciproca interazione fra queste due componenti del trasporto che avrebbe come effetto la deposizione di ingenti quantità di materiali nel delta tidale, materiali in parte di provenienza lagunare ma, in misura maggiore, derivanti dal moto di deriva verso sud che interessa il sedimento dei litorali in quest'area. Indagini sui sedimenti evidenziano poi una prevalenza di materiali limosi nel trasporto verso mare e una prevalente presenza di limi sabbiosi e sabbie limose nel trasporto verso laguna, con una componente sabbiosa variabile in funzione dell'intensità del moto ondoso sui litorali adiacenti.

Gruppo di ricerca

Coordinatore del progetto Luca Zaggia, ISMAR-CNR
Simulazione modellistica Christian Ferrarin, ISMAR-CNR
Campagne di misura Giuliano Lorenzetti, ISMAR-CNR, Franco Arena, OGS
Analisi di laboratorio Giorgia Manfè, ISMAR-CNR
Analisi dati Valentina Defendi, ISMAR-CNR
Interpretazione dati Miroslav Gacic, OGS

MAV_progetto_Schede_v4a.indd 5 12/02/2013 11:06:07

Conservazione ed evoluzione degli habitat lagunari: effetti dei cambiamenti climatici e delle misure di adattamento

Dipartimento di Scienze Ambientali, Dipartimento di Chimica Fisica, Università Ca' Foscari di Venezia - DSA-UNIVE, DCF-UNIVE

Tutte le modificazioni ambientali legate ai cambiamenti globali avranno notevoli ripercussioni, sia dirette che indirette, sulla struttura e il funzionamento degli ecosistemi terrestri e acquatici. È quindi di estrema importanza disporre di strumenti conoscitivi adatti per analizzare correttamente i possibili effetti dei cambiamenti climatici che interesseranno, nei prossimi decenni, anche la laguna di Venezia.
La ricerca ha previsto da un lato l'osservazione dei cambiamenti già in atto nell'ambito dell'ecosistema lagunare, mediante la raccolta di dati sul campo; dall'altro, la costruzione di scenari relativi alle possibili variazioni attese in laguna a seguito dei cambiamenti globali.
Con riferimento alla raccolta di dati biologici, l'attenzione si è focalizzata sul comparto nectonico in quanto, essendo caratterizzata da specie che, generalmente, si localizzano ai livelli trofici superiori, questa componente è in grado di integrare i processi che avvengono ai livelli più bassi della catena trofica. Inoltre, ci si aspetta che variazioni del regime termico producano modificazioni nel metabolismo degli organismi marini, influenzando i pattern di attività, la sopravvivenza, i tassi di crescita e di riproduzione, e provocano variazioni a livello di processi ecologici (flussi migratori). Infine molte specie di interesse alieutico ricadono in questo gruppo e quindi modifiche della struttura di questo comparto possono avere ripercussioni dirette sulle attività di sfruttamento a fini commerciali.
L'applicazione di un approccio modellistico ha previsto l'utilizzo dei dati di campo come input per l'analisi a diversi livelli di organizzazione gerarchica. Da un lato, si sono analizzati i possibili effetti della variazione del ciclo termico a livello di fenologia della singola specie (*Zosterisessor ophiocephalus*); dall'altro, mediante l'impiego di modelli di vocazionalità (modelli di propensione del territorio alla presenza di una data specie), si è analizzata la possibile modificazione della distribuzione di diverse specie (P*omatoschistus canestrinii* e *Platichthys flesus*) a seguito della prevista variazione dei parametri ambientali, verificando sia le variazioni in termini di areale, sia la funzionalità in termini di nursery dell'intera laguna; è infatti stato sviluppato un modello per analizzare l'eventuale slittamento dei picchi riproduttivi nel tempo in risposta alle fluttuazioni termiche inter-annuali.
Nel complesso, i risultati ottenuti non forniscono direttamente misure di intervento per contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici, ma possono servire a stabilire una scala di priorità nella progettazione degli interventi stessi. Volendo, infatti, salvaguardare il ruolo di nursery e la presenza di habitat idonei a specie di particolare interesse conservazionistico ed economico è necessario pensare a misure di intervento che possano attenuare la perdita delle caratteristiche tipicamente lagunari, contrastando la tendenza generale alla marinizzazione.

Gruppo di ricerca

Coordinatore del progetto, attività di modellazione Fabio Pranovi, DSA-UNIVE

Coordinamento attività di modellazione Piero Franzoi, Angelo Rubino, DSA-UNIVE; Roberto Pastres, DCF-UNIVE

Coordinamento attività sperimentali Patrizia Torricelli, Stefano Malavasi, DSA-UNIVE

Attività di modellazione Georgalas Vyron, Elisa Coraci, Matteo Zucchetta, DSA-UNIVE; Tomas Lovato, DCF-UNIVE

Attività sperimentali Anita Franco, Federico Riccato, Matteo Zucchetta, DSA-UNIVE

MAV_progetto_Schede_v4a.indd 6 12/02/2013 11:06:07

Biodisponibilità e biotossicità dei contaminanti lagunari ed evoluzione normativa

Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali, Consiglio Nazionale delle Ricerche - IDPA-CNR

I cicli biogeochimici sono i percorsi, caratteristici per ogni elemento chimico, che ne determinano la distribuzione ed il destino. Lo studio del ciclo biogeochimico permette di comprendere i percorsi dell'elemento all'interno dello stesso, ma anche capire in che modo tali percorsi possano essere più o meno alterati e se le modificazioni siano breve o a lungo termine, oppure reversibili o irreversibili. La speciazione è la differenziazione delle diverse forme chimiche assunte da un elemento in traccia nell'ambiente. Processi quali la biotossicità, le reazioni di adsorbimento e/o desorbimento, le reazioni di precipitazione e/o dissoluzione, possono essere influenzati dai cambiamenti della speciazione dell'elemento all' interno del ciclo biogeochimico. La speciazione di un elemento in traccia, ne determinano la bioaccessibilità e la biodisponibilità, influenzandone grandemente il destino, nonché gli effetti verso i vari recettori ambientali, compresi quelli umani.

Negli studi riguardanti la qualità ambientale è essenziale monitorare ogni sensibile cambiamento che possa comportare la scomparsa di una specie, oppure un mutamento nella densità e nella struttura della popolazione, o del ciclo e/o delle funzioni vitali della medesima.

La progettazione di scenari di recupero dell'ambiente e l'utilizzo di tecnologie emergenti per il monitoraggio ambientale sono obbiettivi fondamentali per una corretta gestione di ambienti peculiari, come la laguna di Venezia.

L'obbiettivo del progetto è l'applicazione di strumenti di monitoraggio duttili, efficaci e soprattutto sinergici, che possano permettere una integrazione degli aspetti ecotossicologici e degli aspetti chimici e fisico-chimici, così da poter proporre ai decision makers un adeguamento legislativo della normativa ambientale veneziana ed italiana, che risponda ai dettami dei più recenti frameworks internazionali in materia di valutazione del rischio e ambienti acquatici.

Il progetto ha previsto il monitoraggio di biomarkers di stress in organismi sentinella, quali *Mytilus galloprovincialis* e *Tapes philippinarum*, campionati in siti lagunari. Parallelamente è stata studiata la speciazione del mercurio (Hg) nelle acque lagunari, data la tossicità dell'elemento, in relazione alle sue forme presenti nell'ambiente nei confronti dei biota.

Scopo del progetto è l'inserimento dello studio della speciazione e della geospeciazione nel quadro del monitoraggio ambientale e della valutazione del rischio ambientale, in ambito scientifico, tecnico e legislativo. Si è proposta inoltre l'applicazione di una valutazione del rischio per inquinanti organici persistenti, che integri in maniera efficace e duttile le informazioni sulla tossicità e la concentrazione di contaminante accessibile all'organismo.

Gruppo di ricerca

Coordinatore del progetto, analisi acque e sedimenti, speciazione Warren Cairns, IDPA-CNR

Validazione dati sperimentali Roberta Zangrando IDPA-CNR

Coordinamento, campionamento matrici, analisi acque e sedimenti, speciazione Fabiana Corami, IDPA-CNR

Campionamento matrici, analisi acque e sedimenti, speciazione Chiara Rigo, IDPA-CNR

Logistica di campionamento Italo Ongaro

Il paesaggio lagunare e la pianificazione degli usi antropici nel quadro dei cambiamenti e delle misure di adattamento e mitigazione

Pianificazione e recupero delle aree prospicienti le bocche di porto interessate agli interventi di regolazione delle maree

Università IUAV di Venezia, Facoltà di Pianificazione - IUAV-FP
Università Politecnica Marche, Facoltà di Ingegneria - UNIPM-FI
Università di Valencia, Facoltà di Pianificazione - UNIVAL-FP

La complessità del sistema lagunare impone approcci, procedure operative e d'indagine necessariamente multidisciplinari. Se la condizione di dinamismo garantisce la sopravvivenza del sistema, la sua salvaguardia non può che attuarsi in operazioni trasformazione flessibile che registrano il variare delle condizioni antropiche, così come naturali, nel loro imprescindibile intreccio.
La qualità dell'azione trasformativa, volta ad assicurare la conservazione del bene comune, si pone in relazione diretta con la possibilità di governare la conoscenza dei fenomeni e dominarne la complessità.
In tal senso gli interventi di regolazione delle maree alle bocche di porto dei litorali, impongono nuove riflessioni per comprendere le trasformazioni del paesaggio lagunare, del sistema ambientale, delle dinamiche antropiche.
La ricerca propone procedure e metodologie operative che affrontano il tema della trasformazione, e il suo monitoraggio, come condizione operativa imprescindibile nel breve e lungo termine.
Le realizzazioni delle dighe mobili stanno attualmente riconfigurando l'assetto di tutti gli accessi portuali lagunari. Le necessarie operazioni di riassetto urbanistico, architettonico e paesaggistico degli spazi d'acqua e di terra, adiacenti agli ambiti di realizzazione delle opere fisse del Sistema MOSE possono diventare campo di sperimentazione di una progettazione attenta a coglierne la durata e la condizione dinamica.
La ricerca ha proposto quindi di sviluppare scenari di trasformazione di tali aree, e procedure progettuali che non si limitino alla redazione di un palinsesto formale, ma sappiano accogliere variabili trasformative determinate dal tempo lungo di realizzazione delle opere, e dalla complessità degli attori, livelli amministrativi e di controllo che operano all'interno dello scenario lagunare.
La ricerca si è articolata secondo un duplice obbiettivo.
Definire un quadro conoscitivo che faccia convergere nell'articolato panorama degli strumenti di pianificazione e salvaguardia esistenti i molteplici studi, indagini, e progetti, già prodotti ed attualmente in corso, al fine di registrarne congruenze e discontinuità.
Elaborare ipotesi di riqualificazione dei contesti territoriali interessati dalla realizzazione degli interventi di regolazione delle maree, in grado di prefigurare scenari a breve e lungo termine.
La valutazione della scala locale, che definisce le esigenze di riequilibrio e opportunità di valorizzazione dei siti direttamente interessati dalle trasformazioni, non potrà essere disgiunta dalla scala lagunare, quale scenario proprio delle modificazioni che l'esercizio delle barriere mobili può prefigurare dal punto di vista dell'incidenza sull'equilibrio ambientale, sulle trasformazioni morfologiche, sugli assetti urbanistici.

Gruppo di ricerca

Responsabile scientifico Domenico Patassini, IUAV-FP

Coordinatore del progetto Laura Zampieri IUAV-FP

Aspetti infrastrutturali e paesaggio Paolo Ceccon, IUAV-FP

Attività di ricerca Elena Gissi, UNIPM-FI; Laura Mosca, Endri Orlandin, IUAV-FP

Elaborazioni grafiche Giulia Sperandio, IUAV-FP; Raquel Diaz, UNIVAL-FP

Il paesaggio lagunare e la pianificazione degli usi antropici nel quadro dei cambiamenti e delle misure di adattamento e mitigazione

Riqualificazione e riprogettazione di alcune aree di terraferma prospicienti la laguna di Venezia

Università IUAV di Venezia, Facoltà di Architettura - IUAV-FA

L'area industriale veneziana, accanto a programmi di consolidamento di attività storiche e collegate economicamente, quali quella portuale e industriale-manifatturiera, è coinvolta da programmi di riconversione funzionale, alcuni in parte già attuati, che possono vantaggiosamente collocarsi lungo il limite costiero e determinare un nuovo affaccio sulla laguna.
Tra le attività previste, importanti appaiono quelle legate allo sviluppo del Polo Scientifico e Tecnologico, già presente con il VEGA e alle funzioni cantieristiche, sia quelle legate alla progettazione e realizzazione delle grandi navi da crociera, sia quelle orientate alla costruzione di imbarcazioni da diporto.
È da considerare positivamente l'incremento delle attività legate alla cantieristica piccola e media per la costruzione e la manutenzione di imbarcazioni da diporto, a questo possono collegarsi la realizzazione di attrezzature nautiche per il ricovero e l'ormeggio delle imbarcazioni, ma anche la costituzione di strutture specializzate nel charter e nel servizio crociere di costa e interne alla laguna.
Accanto a queste ipotesi, esistono anche programmi di riutilizzo delle vaste aree bonificate inutilizzate, per l'insediamento strategico di industrie ecologico-ambientali, che potrebbero assumere delle competenze specifiche sviluppate sul campo, e promuovere delle attività permanenti di alto contenuto di ricerca.
Le condizioni attuali dell'area oggetto di studio e l'elevata trasformabilità fisica e funzionale appaiono delle formidabili occasioni per ripensare funzionalmente, oltre che sotto il profilo fisico e morfologico, parti del territorio che si affacciano sulla Laguna.
L'obbiettivo generale è la riformulazione complessiva delle relazioni, oggi quasi inesistenti, dei due bordi della gronda lagunare ai lati del ponte translagunare, tra di loro e attraverso di loro tra la terraferma e la laguna, ricostituendo in termini aggiornati, all'interno di un progetto complessivo, il sistema insediativo lagunare.
In questo quadro si è pensato di costruire una tassonomia, una descrizione sistematica dei luoghi, delle loro microstorie e delle loro distinte identità, dei temi, dei problemi e dei progetti in corso o previsti, approfondendo le caratteristiche specifiche delle aree prese in esame nelle diverse situazioni territoriali.
La ricerca si è organizzata in due fasi.
La prima si è concentrata sulla localizzazione e sulla conoscenza dei temi e dei casi di progetto e sulla individuazione di soluzioni progettuali confrontabili. In questa fase sono stati elaborati alcuni scenari generali anche tra loro alternativi.
La seconda fase si è occupata della soluzione architettonica di alcuni punti e temi significativi emersi nella fase precedente.

Gruppo di ricerca

Responsabile scientifico Domenico Patassini, IUAV-FA

Coordinatore del progetto Stefano Rocchetto, IUAV-FA

Attività di ricerca Monica Bosio, Tommaso Fornasiero, Valentina Gambelli, IUAV-FA

Il paesaggio lagunare e la pianificazione degli usi antropici nel quadro dei cambiamenti e delle misure di adattamento e mitigazione

Studio di fattibilità sul recupero e destinazione di Porto Marghera economico-urbano considerando i problemi ambientali

Università IUAV di Venezia, Facoltà di Pianificazione - IUAV-FP
Dipartimento Scienze Economiche, Università di Padova - DSE-UNIPD
Venice International University

Porto Marghera ha visto in questi anni ampi processi di dismissione e riqualificazione che hanno prodotto nuove dinamiche economiche nei settori produttivi, nell'occupazione, nelle dinamiche del mercato immobiliare, nella domanda di servizi.
Le modalità con cui avverrà il recupero e la nuova destinazione di Porto Marghera costituirà una delle driving forces operanti sullo stato e sull'evoluzione della laguna, sulla sua qualità ambientale e sulla qualità della vita per le diverse popolazioni (residenti, turisti, lavoratori).
La ricerca si è posta l'obbiettivo di indagare il ruolo dell'offerta di beni pubblici in un contesto in trasformazione, per individuare quali modalità di offerta (pubbliche e private) possano garantire una riqualificazione ed uno sviluppo economico e urbano sostenibile.
L'offerta di beni pubblici appare di grande rilievo soprattutto perché nel contesto della laguna di Venezia la trasformazione e il nuovo spazio economico sono indissolubilmente connessi al ripristino ambientale e alla manutenzione dell'ecosistema.
La ricerca ha affrontato e cercato di dare risposta a tre principali domande: quale è il ruolo dell'offerta di beni pubblici nelle dinamiche di trasformazione e di crescita del nuovo spazio economico generato dalla dismissione e dalla riconversione; come si esprime ai diversi livelli, locale, regionale, statale, la domanda di beni pubblici connessa alle dinamiche di trasformazione e di crescita del nuovo spazio economico generato dalla dismissione e dalla riconversione; quali spazi e quali modalità istituzionali sono necessarie per la gestione ed il finanziamento dell'offerta di beni pubblici utili allo sviluppo del nuovo spazio economico.
Obbiettivi della ricerca sono stati quindi: definire l'offerta di beni pubblici in un contesto di riconversione e sviluppo di un'area articolata come quella di Porto Marghera; definire le modalità di offerta con cui essi possono essere resi disponibili.
È considerato centrale il concetto di industrial ecology: l'industria e le sue filiere sono studiate e progettate come un sistema complesso ma chiuso in opposizione ad una più tradizionale prospettiva che vede i processi industriali come processi individuali connessi in modo lineare. Ne discende una radicale revisione del concetto di catena del valore e lo sviluppo eco-industriale porta ad una 'minimizzazione' degli impatti ambientali ovvero alla fornitura di beni pubblici a partire da una logica industriale e di mercato.
La ricerca vuole comporre e proporre scenari con caratteristiche che possano essere di riferimento ai decisori pubblici a partire da un'analisi di industrial ecology di alcuni progetti specifici già in corso o previsti nei recenti accordi di programma fornendo un importante aiuto alla decisione e un contributo operativo alla fattibilità economica e sociale di un nuovo spazio economico.

Gruppo di ricerca

Responsabile scientifico Domenico Patassini, IUAV-FP
Coordinatore del progetto Margherita Turvani, IUAV-FP
WP1. Sostenibilità della realtà produttiva di Porto Marghera Ilda Mannino, VIU
WP2. Condizioni strutturali per la crescita economica Donata Favaro, DSE-UNIPD
Coordinamento WP1 e WP2 Eniel Ninka, IUAV-FP
Indagini ed elaborazione dati Matteo Basso, IUAV-FP

MAV_progetto_Schede_v4a.indd 10 12/02/2013 11:06:08

MAV_progetto_Schede_v4a.indd 11 12/02/2013 11:06:08

MAV_progetto_Schede_v4a.indd 12 12/02/2013 11:06:08