

# U N SISTEMA DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO AMBIENTALE PER I SITI ARCHEOLOGICI LAGUNARI

**Claudio Carlon**

Consorzio Venezia Ricerche

**Luigi Fozzati**

NAUSICAA, Soprintendenza Archeologica del Veneto

**Antonio Marcomini**

Dipartimento di Scienze Ambientali – Università Ca' Foscari di Venezia

## 1. Introduzione

La laguna di Venezia costituisce la più grande area umida del mondo con diffuso interesse archeologico. I circa 250 siti archeologici sommersi e semisommersi finora individuati costituiscono un patrimonio di storia e di arte di inestimabile valore. La conservazione *in situ* di questo patrimonio, per lo più sommerso nel sedimento, dipende soprattutto dall'evoluzione morfologica della laguna ad opera di processi erosivi o di sedimentazione. Alcune attività antropiche in laguna, quali la pesca, il trasporto nautico o la messa in opera di infrastrutture, influiscono sulla morfologia lagunare ed allo stesso tempo possono avere un impatto diretto sui reperti archeologici. I reperti archeologici, inoltre, sono soggetti ad una cinetica di degradazione di origine chimica e biologica che dipende dalle condizioni ambientali locali.

In questo contesto, la salvaguardia dei beni archeologici deve necessariamente essere inserita tra gli elementi fondanti nella definizione di politiche di gestione e controllo dell'ambiente lagunare. Questo richiede uno sforzo eccezionale di integrazione di competenze, perché chi è chiamato a disegnare un piano del traffico, o della pesca, probabilmente ignora l'importanza e la vulnerabilità di alcune aree archeologiche lagunari. Chi ha la responsabilità di controllare, mitigare o invertire, i processi erosivi o sedimentativi in laguna, deve includere tra gli obiettivi da perseguire anche la protezione del patrimonio archeologico sommerso. Analogamente, il monitoraggio e le misure di controllo dell'inquinamento delle acque e dei sedimenti lagunari, così come quello della fauna e flora, devono poter supportare anche una valutazione e predizione degli effetti sulla conservazione di reperti archeologici in laguna. D'altra parte, gli archeologi lagunari rilevano sui

reperiti danni di origine chimica e biologica, senza poter dare una interpretazione del fenomeno di degrado tale da guidare azioni preventive. E che dire del cosiddetto vandalismo lagunare? La frequentazione ricreativa dell'ambiente lagunare deve essere gestita e controllata anche al fine di assicurare la conservazione dei suoi tesori archeologici, per non parlare della prevenzione di atti vandalici o di rapina. D'altra parte, così come la salvaguardia dei beni archeologici può costituire talvolta un limite per la fruizione dell'ambiente lagunare, più spesso può costituire ulteriore elemento di valorizzazione della stessa laguna sia nell'ambito della ricerca che del turismo. Per finire, riguardo la messa in opera di strutture, solo recentemente la valutazione ex ante dell'impatto archeologico si è aggiunta al consueto controllo in corso d'opera di quanto viene rinvenuto, e parzialmente o totalmente distrutto.

L'integrazione della salvaguardia dei beni archeologici tra i criteri di gestione dell'ambiente lagunare, quindi, richiede una capacità di comprensione di linguaggi specialistici diversi e l'approfondimento di alcuni temi di ricerca; inoltre, deve poter seguire i tempi di una gestione dinamica, offrendo una pronta disponibilità di informazione aggiornata.

## **2. Il progetto ArcheoRisk**

Il progetto ArcheoRisk, "Sistema di Valutazione del Rischio Ambientale per il Siti Archeologici Lagunari", è stato realizzato dal Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università Ca' Foscari di Venezia insieme al gruppo NAUSICAA della Soprintendenza Archeologica del Veneto, avvalendosi del supporto del Consorzio Venezia Ricerche (ente di ricerca che accomuna Università e Soprintendenza tra i suoi consorziati) e della collaborazione di Thetis SpA. Il progetto è stato co-finanziato dal Ministero della Ricerca Scientifica e Tecnologica (attuale MIUR) nell'ambito della legge 488/92, cluster 29 Beni Culturali. L'idea di ArcheoRisk è lo sviluppo di un Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS) per l'integrazione della Salvaguardia dei Beni Archeologici Sommersi nella gestione ambientale della laguna di Venezia. Tale sistema deve supportare la prioritizzazione e la scelta di interventi di salvaguardia di siti archeologici e, più in generale, la valutazione dell'impatto archeologico di scelte di gestione ambientale e la tipologia delle misure di mitigazione da adottare. Tale sistema, quindi, permette la definizione di un sistema coordinato di interventi preventivi e di messa in sicurezza che tenga conto sia dei processi naturali che della frequentazione antropica della laguna.

## **3. L'approccio metodologico**

L'approccio metodologico di ArcheoRisk si distingue per l'uso di sistemi informativi

geografici (GIS) e dell'analisi di rischio, intesa come strumento valutativo della possibilità che il bene in oggetto sia danneggiato. Inoltre, la realizzazione del Sistema di Supporto alle Decisioni ha compreso necessariamente un approfondimento sperimentale delle conoscenze relative al degrado di siti e reperti archeologici ed alle sorgenti di rischio.

Il progetto ha quindi comportato la promozione ed integrazione di quattro linee di ricerca: (1) lo sviluppo metodologico di una analisi di rischio per i siti archeologici lagunari, (2) l'indagine sullo stato di conservazione di quattro siti archeologici pilota, (3) lo studio sperimentale sul degrado di materiali archeologici in laguna, (4) la costruzione di un database GIS e di un sistema informatizzato DSS.

Ne consegue che il progetto non si è limitato alla realizzazione di un sistema informatizzato di supporto alle decisioni, ma ha anche fornito la definizione di una procedura per la valutazione del rischio per i beni archeologici, l'acquisizione di nuove conoscenze sul degrado di reperti lignei e ceramici in ambiente sommerso salmastro e, non ultimo, il rilievo archeologico di quattro siti archeologici pilota, tra cui il Sito di S. Marco di Boccalama.

#### **4. La struttura del Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS)**

La struttura del DSS è mostrata in fig. 1. È basata su due basi dati, una relativa ai siti archeologici, ed una all'ambiente lagunare, ed include tre moduli di valutazione, rispettivamente per l'analisi di rischio, la selezione degli interventi e l'analisi dei costi economici. L'informazione archeologica ed ambientale è integrata mediante la procedura di analisi di rischio, che permette di definire priorità ed elementi per la selezione degli interventi di salvaguardia-messa in sicurezza. La selezione degli interventi viene svolta con l'ausilio dei moduli successivi, che indicano le opzioni di intervento in relazione alle caratteristiche morfologiche lagunari e permettono una preliminare stima dei relativi costi.

#### **5. L'analisi di rischio ambientale per i siti archeologici lagunari**

È stato adattato ed applicato in modo originale lo schema procedurale dell'analisi di rischio per la salute umana [1] e per l'ecosistema [2] alla protezione dei siti archeologici lagunari. La condizione di rischio si costituisce con la compresenza del bene archeologico, della sorgente di rischio, e della reale esposizione e suscettibilità del prima al secondo. L'analisi di rischio, quindi, prevede la formalizzazione del problema secondo un modello concettuale in cui vengono individuate sorgenti di rischio, recettori (in questo caso i siti ed i reperti archeologici) e le relazioni di esposizione e di effetto delle prime sui secondi.

Una serie di incontri tra archeologi del gruppo NAUSICAA ed esperti dell'ambiente

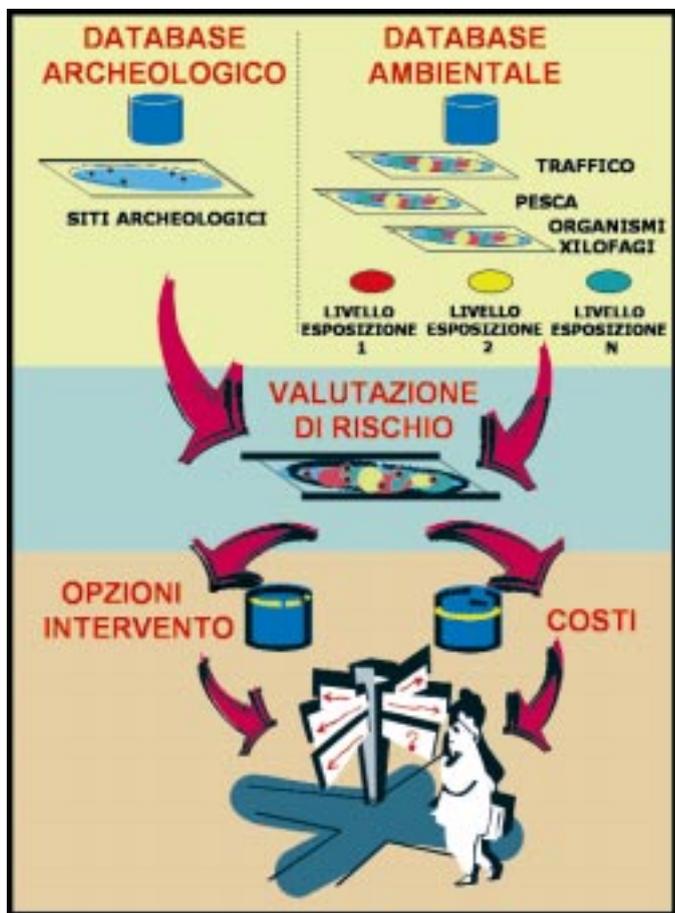


Figura 1. Struttura del Sistema di Supporto alle Decisioni.

lagunare ha portato alla definizione del modello concettuale. La salvaguardia si intende estesa sia ai siti archeologici sia ai singoli reperti che li compongono. Tra le sorgenti di rischio più rilevanti per i reperti archeologici sommersi in laguna sono state individuate le seguenti: l'erosione, il traffico natante, la pesca, il vandalismo, gli agenti chimici, e gli organismi marini xilofagi. I processi erosivi possono scoprire i reperti conservati nel sedimento esponendoli ad un degrado spesso rapido dovuto all'azione dell'acqua e di organismi marini. Il passaggio delle grandi navi provoca forti correnti ed erosione, contribuendo alla distruzione dei siti archeologici nelle vicinanze dei canali di navigazione. Le piccole imbarcazioni frequentano anche le zone di laguna poco profonde, spesso con un impatto diretto sul fondale e sui reperti ivi contenuti. La pesca, in particolare quella della

vongola, praticata con mezzi meccanici, determina un impatto sul sedimento e sui reperti archeologici presenti nel sedimento superficiale. Non meno importante risulta essere il prelievo illecito di reperti archeologici da parte dei frequentatori della laguna.

Per quanto riguarda il degrado ad opera di organismi marini, il maggior impatto è causato dagli organismi xilofagi nei riguardi del legno archeologico emergente dal sedimento. Alcuni bivalvi appartenenti alla famiglia delle Teredinidae, volgarmente detti “vermi del legno”, perforano internamente il legno creando lunghe gallerie. Diversamente, alcune specie di crostacei, quali *Chelura terebrans* e *Limnoria tripunctata*, danneggiano soprattutto la superficie scavando tane profonde pochi millimetri. Le caratteristiche chimiche del sedimento e dell'acqua condizionano l'occorrenza e la velocità di processi di degrado chimico-fisici e biologici dei reperti in laguna.

Sulla base di questo modello concettuale, è stata proposta una procedura di analisi articolata in tre livelli: *analisi di esposizione*, *analisi di rischio relativo* ed *analisi di rischio assoluto*.

L'*analisi dell'esposizione* consiste in un esercizio di sovrapposizione delle mappe delle sorgenti di rischio e della mappa di localizzazione dei siti archeologici. Tale analisi fornisce quindi una mappa dell'esposizione alle sorgenti di rischio e permette di fare considerazioni sulla pericolosità di alcune zone in scenari attuali, futuri o ipotetici.

L'*analisi di rischio relativa* si basa su un algoritmo che combina il fattore di esposizione con il “valore del sito”. Tale “valore del sito” è un indice basato sullo stato di conservazione del sito archeologico utile per distinguere operativamente siti di interesse diverso. Vengono realizzate mappe del rischio relativo dei diversi siti, mediante le quali è possibile fare considerazioni sull'urgenza di intervento su alcuni siti, e sulle sorgenti prioritarie da considerare caso per caso. Vengono anche fornite liste ordinate di siti, in funzione della intensità o della tipologia di rischio al quale sono sottoposti.

L'*analisi di rischio assoluta* è una procedura a punteggio che richiede all'utente la compilazione di un questionario sul tipo di sorgenti di rischio, sull'esposizione e sulla vulnerabilità dei reperti presenti in un sito selezionato. Il questionario è strutturato in modo da definire il rischio secondo quattro aspetti: (1) il tipo di sorgenti agenti sul sito, (2) il tipo di reperti presenti, (3) l'esposizione dei reperti alla sorgente, (4) la vulnerabilità dei reperti. Rispetto all'analisi di rischio relativa, quindi, l'analisi di rischio assoluta considera la tipologia funzionale e di materiale dei reperti di cui si compone un sito. Inoltre, si focalizza su di un sito specifico, guidando l'utente in una analisi sistematica ed interattiva al fine di evidenziare elementi critici per la conservazione dei reperti così come fattori discriminanti per la selezione di interventi di salvaguardia o messa in sicurezza.

## 6. La costruzione delle basi dati

Come già detto, sono state costruite due basi dati, una archeologica ed una ambientale. Il database archeologico si basa in larga parte su quello fornito dal Consorzio Venezia Nuova. Per ciascun sito, oltre alle coordinate geografiche, è riportata una descrizione qualitativa dei reperti rinvenuti ed altre informazioni, quali l'autore e la cronologia della scoperta. Una rielaborazione delle informazioni riportate ha portato alla definizione di una serie di attributi codificati, per cui ora è possibile ottenere rappresentazioni cartografiche dei reperti per categorie topologiche, epoche, materiali, ed incrociare le stesse con informazioni georeferenziate di natura diversa, quali le sorgenti di rischio.

Riguardo il database ambientale, include mappe delle linee di terra e dei canali, dati e mappe tematiche relative alle sorgenti di rischio: processi erosivi, la pressione dell'attività di pesca (sia legale che abusiva), l'impatto del traffico natante, le aree più interessate dal vandalismo, la presenza di specifiche condizioni chimico-fisiche e la distribuzione di organismi marini xilofagi (degradatori del legno). Tali mappe sono state realizzate sulla base di dati sperimentali, o laddove dati istituzionali erano lacunosi o completamente assenti, con l'inclusione di giudizi esperti. L'intensità delle sorgenti di rischio sono state definite secondo una scala di quattro classi.

## 7. Le indagini sperimentali in laguna

La comprensione dell'importanza relativa e delle modalità di azione delle diverse sorgenti di rischio ha richiesto indagini sperimentali in laguna su quattro siti archeologici, caratterizzati da diverse condizioni ambientali e diverse tipologie di reperti: due siti nella laguna nord, costituiti da un'arginatura e resti murari d'epoca romanica, e due siti localizzati nella laguna centrale, costituiti da resti di fondamenta di un molo d'epoca romana e da relitti navali del XVI secolo. I quattro siti sono stati caratterizzati dal punto di vista archeologico mediante geo-referenziazioni plano-altimetriche, scavi stratigrafici, rilievi tridimensionali di dettaglio in scala 1:20 e restituzioni 3D in CAD, documentazioni video e fotografiche e prelievi di campioni per analisi (fig. 2). Di particolare rilevanza è risultato l'intervento nel sito di S. Marco in Boccalama, che ha portato alla luce una galea datata ai primi anni del XIV secolo ottimamente conservata.

È stato definito un protocollo secondo il quale sono stati rilevati qualitativamente i segni di danno al sito e relazionati alle sorgenti di rischio individuate. È stato condotto uno studio del degrado a livello di reperti, focalizzato a quelli di natura lignea e ceramica, sia per la loro relativa abbondanza rispetto alle altre tipologie di materiali (vetro, metallo,

ecc.) che per l'influenza delle condizioni ambientali sulla loro conservazione.

I fenomeni di degrado dei reperti lignei sono risultati essere l'idrolisi della cellulosa, il degrado strutturale dovuto all'azione meccanica dell'acqua e principalmente l'attacco ad opera di organismi marini xilofagi. Tutte queste forme di degrado avvengono in ambiente aerobico,



Figura 2. Foto di reperti ceramici rinvenuti sul fondale lagunare.

mentre sono fortemente rallentate all'interno del sedimento, in ambiente anaerobico. Al fine di identificare i migliori indicatori del degrado, sono stati campionati pali archeologici di *Quercus robur* e sottoposti ad una serie di analisi comprendenti radiodatazione, estrazioni chimiche, misure del contenuto d'acqua, del contenuto di cellulosa e lignina, delle ceneri e del degrado ad opera di organismi xilofagi. La cinetica del degrado ad opera di organismi marini xilofagi e la sua suscettibilità a diverse condizioni ambientali presenti in laguna sono state valutate mediante un monitoraggio annuale del degrado di provini di legno archeologico e recente posizionati in otto stazioni lagunari.

Per quanto riguarda lo studio del degrado dei reperti ceramici in laguna, è stato rilevato come questi possano subire processi di sulfurazione, migrazione di sali solubili, formazione d'incrostazioni calcaree, iridescenza dei rivestimenti vetrosi e fratturazione. Dai quattro siti archeologici oggetto di studio sono stati prelevati alcuni frammenti ceramici di scarso valore archeologico al fine di poter svolgere alcune indagini utili alla caratterizzazione del degrado, tra cui analisi di porosità, microscopia ottica e microscopia elettronica a scansione (SEM) corredata da microsonda elettronica (EDS).

## 8. Lo sviluppo e l'applicazione del software

ArcheoRisk nasce come applicativo di un comune software GIS, ArcView versione 3.2 ed è accompagnato da manuali d'uso. Una descrizione più dettagliata del prototipo software è stata pubblicata negli atti estesi della Conferenza IEMs 2002 [3]. L'interfaccia è semplice ed anche un operatore inesperto e poco familiare con sistemi GIS può acquisire dimestichezza con il sistema in brevissimo tempo. Un esempio di schermata di

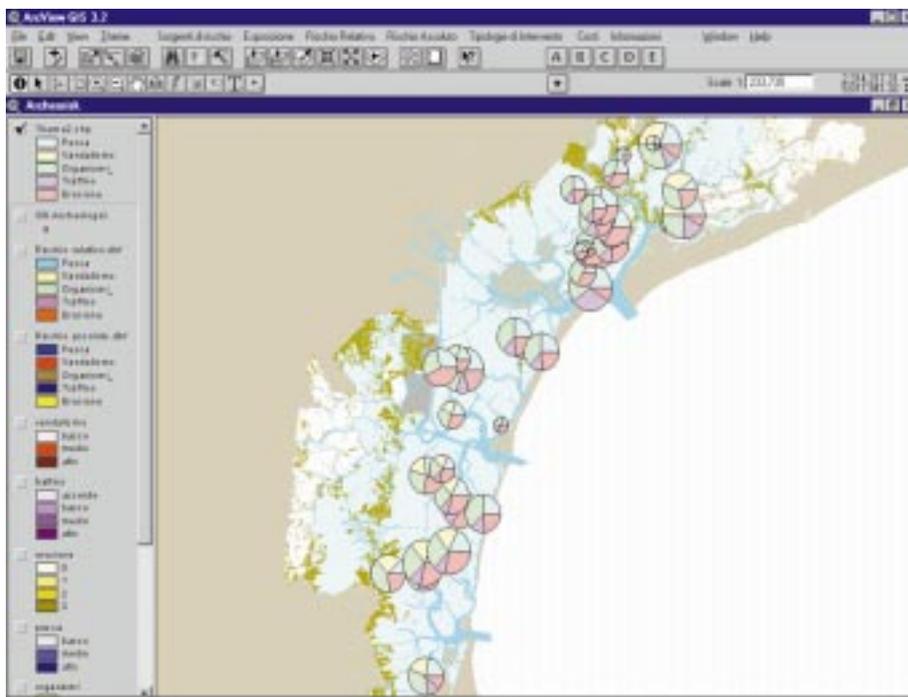


Figura 3. Esempio di mappa del rischio relativo rappresentato mediante "torte".

ArcheoRisk è riportata in fig. 3, dove in particolare è visualizzata una mappa del rischio relativo rappresentato graficamente mediante "torte". Ogni torta si riferisce ad un sito archeologico. La dimensione della torta è proporzionale all'intensità del rischio relativo per quel sito, e le dimensioni delle fette corrispondono al contributo percentuale delle diverse tipologie di sorgenti di rischio.

La facilità d'uso, la funzionalità e la significatività dei risultati sono stati testati insieme al gruppo NAUSICAA della Soprintendenza dei Beni Archeologici del Veneto. Questa attività di verifica ha visto ArcheoRisk utilizzato per l'individuazione dei siti archeologici più esposti ad una scomparsa per erosione, per la definizione di una lista di priorità di intervento tra i siti, ed infine per la valutazione ex ante dell'impatto della pesca di molluschi in laguna in seguito all'applicazione del nuovo piano di regolamentazione della pesca. Il risultato della verifica ha portato a valutazioni molto positive, sia per quanto concerne l'applicabilità del software nella sua versione odierna, sia per le potenzialità di ulteriori implementazioni.

## 9. Le prospettive del progetto

L'integrazione delle competenze e delle finalità gestionali dei beni archeologici ed ambientali nella laguna di Venezia ha avuto nel progetto ArcheoRisk un catalizzatore molto efficace, sia perché ha favorito la collaborazione di esperti dei due settori e la ricerca di un linguaggio comune, e sia perché ha fornito uno strumento, il DSS ArcheoRisk, capace di supportare nel prossimo futuro un dialogo continuo e scelte condivise.

Gli studi sul degrado dei reperti archeologici sommersi sono solo all'inizio, eppure il tema è così interessante e largamente inesplorato che i primi risultati ottenuti già costituiscono riferimenti importanti, anche a livello internazionale. Nell'occasione dell'intervento di pulizia dal sedimento e rilievo dei due ritrovamenti navali di San Marco in Boccalama, una galea ed una nave fluviale degli inizi del XIV secolo in eccezionale stato di conservazione, i risultati ottenuti sul degrado del legno in laguna hanno costituito una guida per le scelte di tempi e modalità di esposizione dei reperti all'acqua e per la loro messa in sicurezza. Specularmente, gli stessi risultati risultano preziosi per il problema ambientale del degrado di strutture e manufatti lignei in laguna, la cui importanza anche economica si può immaginare a partire dal numero di pali utilizzati per segnare i canali lagunari, le cosiddette "bricole", più di settemila.

È sempre nell'ambito dello stesso progetto ArcheoRisk che sono state eseguite le operazioni di rilievo subacqueo dei relitti navali di San Marco in Boccalama, importanti non solo per le informazioni sul rischio a cui erano esposti, ma anche perché propedeutiche alle successive attività di pulizia e rilievo a secco.

Riguardo il software ArcheoRisk, è importante considerare la necessità di aggiornamento e ulteriore sviluppo delle informazioni in esso raccolte ed elaborate. In questo senso, il sistema di supporto alle decisioni non deve costituire un elemento aggiunto ed estraneo alla normale raccolta ed archiviazione dell'informazione archeologica ed ambientale. Al contrario, l'informatizzazione dei dati archeologici lagunari è una attività iniziata già da qualche anno presso il Consorzio Venezia Nuova ed oggi in corso di ulteriore implementazione. ArcheoRisk si affianca a questa attività aggiungendo al data base dei campi utili alla valutazione del rischio archeologico e fornendo un protocollo da osservare durante i rilievi archeologici per la raccolta dei dati necessari per la compilazione dei suddetti campi. Verrà definita una attività di raccolta finalizzata e continua di nuova informazione. È ragionevole ritenere che in qualche anno l'incremento della base dati potrà anche indicare relazioni più chiare tra fattori ambientali e potenzialità di conservazione dei beni archeologici sommersi.

Il DSS, già nella sua forma prototipale, è a disposizione della Soprintendenza ai Beni Archeologici del Veneto-NAUSICAA al fine di valutare insieme alle autorità competenti diverse scelte di gestione ambientale della laguna, individuare i siti archeologici già ora minacciati e fornire elementi utili alla definizione della tipologia di intervento di salvaguardia da adottare.

La naturale evoluzione del DSS è una implementazione strutturale in due direzioni: l'inclusione di una quantità sempre maggiore di informazione archeologica, mediante la definizione di format per i nuovi dati e la digitalizzazione anche di documenti pregressi, e l'allargamento delle funzionalità del DSS per la modellizzazione di altri temi trasversali per la gestione ambientale della laguna di Venezia. Dal punto di vista informatico la nuova architettura del sistema potrà prevedere una rete client/server per permettere una multiutenza della base dati con diversi livelli di accesso.

Inoltre, il sistema ArcheoRisk può essere applicato ad altri ambienti sommersi o facilmente adeguato a scenari diversi, quale quello dei beni archeologici in ambienti terrestri o più generalmente dei beni culturali e monumentali di una città.

In definitiva, i risultati ottenuti in questo progetto promettono lo sviluppo di un approccio innovativo alla salvaguardia del patrimonio archeologico e culturale in genere, basato sull'applicazione di metodi valutativi avanzati, come l'analisi di rischio, e strumenti informatici, come i Sistemi di Informazione Geografica.

### **Bibliografia**

- [1] U.S. EPA. 1989, *Risk assessment guidance for Superfund, Human Health Evaluation Manual*. EPA/540/1-89/02, Washington DC, Office of Emergency and Remedial Response.
- [2] U.S. EPA. 1998, *Guidelines for Ecological Risk Assessment*. Washington DC. *Risk Assessment Forum*. EPA/630/R-95/02F.
- [3] CARLON C, MARCOMINI A., FOZZATI L., SCANFERLA P., BASSA S., ZANOVELLO F., MUNARETTO G., FORAMITI S., CHIARLO R., PENZO F. 2002, *Desyre: Decision Support system for Rehabilitation of contaminated sites: integration of multi-criteria Decision Analysis tools*, IEMSs International Conference of Environmental Modelling and Software (Lugano, June 2002).

### **Riassunto**

Viene presentato il progetto Archeorisk, finalizzato allo sviluppo di un sistema di supporto alle decisioni (DSS) per la salvaguardia e gestione del patrimonio archeologico sommerso in Laguna di Venezia. Il DSS è stato completato nella forma di un prototipo software funzionante come estensione di un sistema informativo geografico. Il DSS permette di valutare l'entità, la tipologia e la distribuzione del rischio di degrado a cui sono sottoposti i siti archeologici lagunari. Il suo sviluppo ha richiesto l'acquisizione di dati sperimentali sul degrado dei reperti e sulle sue principali cause. In par-

ticolare, è stato studiato il degrado di reperti lignei e ceramici. Il sistema, che può essere adattato a contesti ambientali ed archeologici diversi, è destinato agli uffici delle Soprintendenze Archeologiche e permette di integrare la salvaguardia dei beni culturali con quella dell'ambiente naturale.

### **Abstract**

The project Archeorisk is presented. The objective is to develop a Decision Support System (DSS) for the safeguard and the management of the underwater archaeological patrimony in the Lagoon of Venice. The DSS has been completed in the form of a software prototype working as an extension of a geographic informative system. The DSS allows to evaluate the entity, the type and the distribution of the decay risk to which the lagoon archaeological sites are subjected. Its development has requested the acquisition of experimental data on the decay of the findings and about the main causes. In particular, the decay of ceramic and wooden objects has been studied. The system, that can be adapted to different environmental and archaeological contexts, is destined to the Archaeological Superintendence and permits to integrate the safeguard of the cultural heritage with that of the natural environment.

### **Résumé**

Le projet Archeorisk, finalisé au développement d'un système de support aux décisions (DSS) pour la sauvegarde et gestion du patrimoine archéologique submergé dans la Lagune de Venise, est présenté ici. Le DSS a été complété sous forme d'un prototype de logiciel fonctionnant comme extension d'un système informatif géographique. Le DSS permet d'évaluer l'ampleur, la typologie et la distribution du risque de dégradation auxquels sont soumis les sites archéologiques lagunaires. Son développement a requis l'acquisition de données expérimentales sur la dégradation des pièces et sur ses principales causes. En particulier, la dégradation de pièces en bois et céramiques a été étudiée. Le système, qui peut être adapté à des contextes ambiants et archéologiques différents, est destiné aux bureaux des Directions Générales Archéologiques et permet d'intégrer la sauvegarde des biens culturels avec celle du milieu naturel.

### **Zusammenfassung**

Das Projekt Archeorisk wird vorgestellt, es handelt sich um ein Projekt für die Entwicklung eines Trägersystems für Entscheidungen (DSS) für den Schutz und die Verwaltung der untergetauchten archäologischen Schätze in der Lagune von Venedig. Das DSS wurde in seiner Form durch einen Software-Prototyp ergänzt, der als Erweiterung eines geographischen Informationssystems funktioniert. Das DSS ermöglicht es, das Niveau, den Typ und die Verteilung der Beschädigungsgefahren der Ausgrabungsstätten in der Lagune zu beurteilen. Als sich DSS weiterentwickelte, war es notwendig, experimentelle Daten über den Verfall der Fundstücke und über die Gründe für den Verfall zu sammeln. Insbesondere wurde der Verfall von Fundstücken aus Holz und Keramik analysiert. Das System kann unterschiedlichen Stellen oder unterschiedlichen archäologischen Werken angepasst werden, es ist für die Abteilungen der Archäologischen Oberintendanten bestimmt und ermöglicht es, sowohl kulturelle Schätze als auch die Natur zu schützen.

### **Resumen**

Se presenta el proyecto Archeorisk, cuya finalidad es el desarrollo de un sistema de soporte a las decisiones (DSS) para la salvaguarda y la gestión del patrimonio arqueológico sumergido en la Laguna de Venecia. El DSS ha sido completado en la forma de un software prototípico que funciona como extensión de un sistema informativo geográfico. El DSS permite evaluar la entidad, la tipología y la distribución del riesgo de deterioro al que van sometidos los sitios arqueológicos lagunares. Su desarrollo ha requerido la adquisición de datos experimentales acerca el deterioro de los restos y sus causas principales. En detalle, ha sido estudiado el deterioro de restos lignarios y cerá-

nicos. El sistema, que puede adaptarse a contextos ambientales y arqueológicos diferentes, tiene como destino las oficinas de las Superintendencias Arqueológicas y permite integrar la salvaguarda de bienes culturales con la salvaguarda del ambiente natural.

#### резюме

Представлен проект Археориск, направленный на развитие системы поддержки решений (СПР) для защиты археологического наследия, затопленного в Венецианской лагуне и управления им. СПР была составлена в форме прототипа ышаецфку, действующего как расширение географической информационной системы. СПР позволяет оценить сущность, типологию и распространение риска разрушения, которому подвергаются археологические точки лагуны. Её развитие потребовало приобретения экспериментальных данных о разрушении находок и о его главных причинах. В особенности, было изучено разрушение деревянных и керамических предметов. Система, которая может быть использована в различных археологических и природных контекстах, предназначена для офисов управлений археологией и позволяет соединить охрану культурного достояния с защитой природной среды.