

Valutazione del rischio d'erosione costiera nell'area archeologica di Nora (Sardegna SW)

Felice Di Gregorio (*), Marco Pusceddu (*), Elena Romoli (**),
Andrea Serreli (*), Tronchetti Carlo (**)

(*) Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Cagliari, Laboratorio di Geologia Ambientale
(**) Soprintendenza Beni Archeologici di Cagliari.

Riassunto

Il presente lavoro illustra i risultati di una ricerca per la valutazione del rischio d'erosione costiera nell'area archeologica di Nora (Sardegna Sud-occidentale), un sito, di grande valenza culturale, estremamente sensibile e vulnerabile. Il lavoro è stato sviluppato tramite la costruzione di un sistema informativo della costa e di un modello concettuale orientato all'acquisizione ed all'integrazione dei fattori geologico-ambientali e dei processi litorali che determinano l'evoluzione della fascia costiera e i fenomeni di pericolosità e rischio ambientale connessi.

Dopo aver acquisito le necessarie informazioni sul campo e attraverso riprese aeree ed ortofoto, a grande scala, per mezzo di procedure di validazione topologica della banca dati e di integrazione dei dati su base del modello concettuale adottato, si è proceduto alla valutazione del rischio d'erosione costiera mediante un modello matematico e l'uso di procedure di *overlay mapping* come prodotto della pericolosità per la vulnerabilità territoriale.

I risultati conseguiti hanno consentito di acquisire gli elementi essenziali per impostare un sistema strumentale di monitoraggio della costa e di definire priorità e metodi di intervento per la difesa e la conservazione delle preziose testimonianze archeologiche presenti nel sito.

Abstract

This paper presents the results of a study aimed at risk of coastal erosion assessment in the archaeological area of Nora (Sardinia South-West), a site of meaningful cultural value, highly sensitive and vulnerable. The work was developed through the construction of a coastal geographic information system and a conceptual model oriented to the acquisition and integration of geological and environmental factors and coastal processes that determine the evolution of coasts and the related phenomena of environmental hazard and environmental risk.

After acquiring the necessary information through direct survey, but also through aerial photographs and orthophotographs with large geographic scale, through topological validation procedures of the database and through procedures of data integration on the basis of the conceptual model adopted, using a mathematical model, based on the product among the geomorphological hazard and the territorial vulnerability, through overlay mapping procedures, it was proceeded to the assessment of coastal erosion risk. The results allowed to acquire the essential elements to set an instrumental monitoring system of the coasts and also allowed to define priority actions and the methods of intervention to defense and preservation of valuable archaeological remains present on the site.

Inquadramento geografico

L'area archeologica di Nora, uno dei più importanti scali fenici della Sardegna, poi centro punico, quindi fiorente città romana, è collocata su un promontorio ubicato sulla costa occidentale del Golfo di Cagliari, a breve distanza dal centro abitato di Pula. Il promontorio è di fatto una piccola penisola culminante verso il mare con un'alta rupe (32 m s.l.m.) in corrispondenza della Punta del



Figura 1 – Area oggetto di studio.

Coltellazzo, fronteggiata dall'isoletta omonima, e collegata all'entroterra attraverso uno stretto istmo. (Fig.1). Dal punto di vista geografico-fisico il promontorio ha avuto origine da un'antica isola vulcanica che, in tempi recenti, si è saldata alla terraferma tramite un istmo sabbioso (tombolo). Ad est e ad ovest di quest'ultimo si situano rispettivamente la Rada di S. Efisio e lo Stagno di Nora. L'area su cui sorge il sito archeologico può essere morfologicamente suddivisa in due settori: il corpo centrale, che si presenta abbastanza piatto, con ondulazioni appena accennate in corrispondenza di affioramenti del substrato andesitico, e l'estremità orientale che al contrario è abbastanza articolata e culmina con il rilievo della Torre di S. Efisio o del Coltellazzo. La penisola presenta uno sviluppo costiero di circa 2,8 Km ed ha una modesta estensione, per cui non vi esiste un reticolo idrografico e le forme superficiali che vi si rinvencono, poco pronunciate, sono riconducibili alle acque di ruscellamento ed ai processi eolici; meglio definite, invece, sono quelle legate ai processi litorali. La conformazione superficiale della penisola risulta alquanto modificata dagli scavi archeologici e dai depositi dei materiali di risulta. Infatti, proprio al suo centro si stende l'area archeologica di Nora, oggetto, negli ultimi decenni, di numerose campagne di scavo il cui materiale di riporto ha localmente modificato non poco i lineamenti del paesaggio. L'antica città è distribuita attorno ad una modesta culminazione che tocca gli 11 m s.l.m. e va debolmente degradando verso il mare in tutte le direzioni.

Pericolosità da erosione - modello concettuale

Lo studio per valutare la pericolosità da erosione si è basato sull'applicazione di un modello matematico elaborato con il metodo dell'*overlay* dei dati in formato *raster*. L'elaborazione del modello è stata articolata in più fasi operative, durante le quali è stato realizzato un database geografico, costruendo un modello concettuale di riferimento (Fig.2), con il quale si sono stabiliti, a partire dalle informazioni disponibili e/o reperite ed elaborate nelle fasi di analisi di base, i parametri geologici e morfologici, ritenuti effettivamente influenti nella valutazione del fenomeno di pericolosità e rischio da erosione costiera. Del modello concettuale fanno parte le informazioni geologiche, geomorfologiche e geologico tecniche, le informazioni morfometriche legate all'altimetria e la distribuzione di queste informazioni per fasce perimetrali differenziate in funzione della distanza dalla linea di costa verso l'interno (Fig.3)

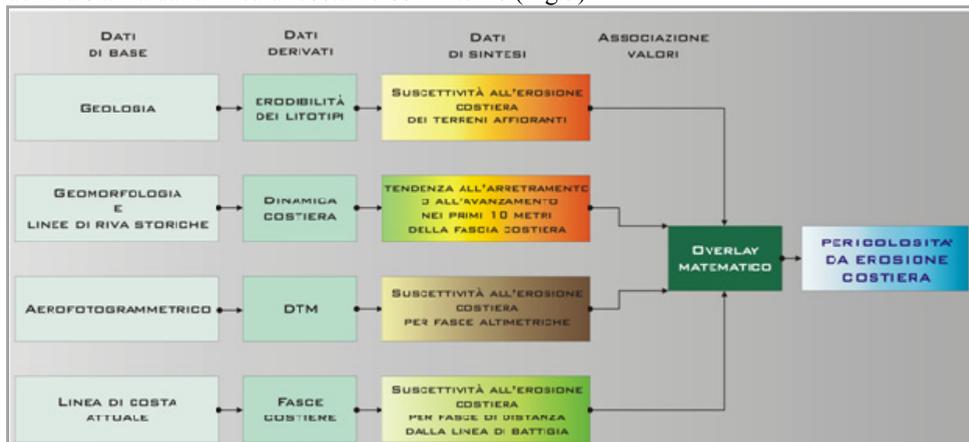


Figura 2 – Schema metodologico per la valutazione della pericolosità da erosione costiera.

In definitiva per ogni componente del modello concettuale è stata elaborata una Carta tematica nella quale sono valutati i vari gradi di suscettività del territorio all'erosione costiera in funzione dei parametri ambientali presi in considerazione ambientali considerati.

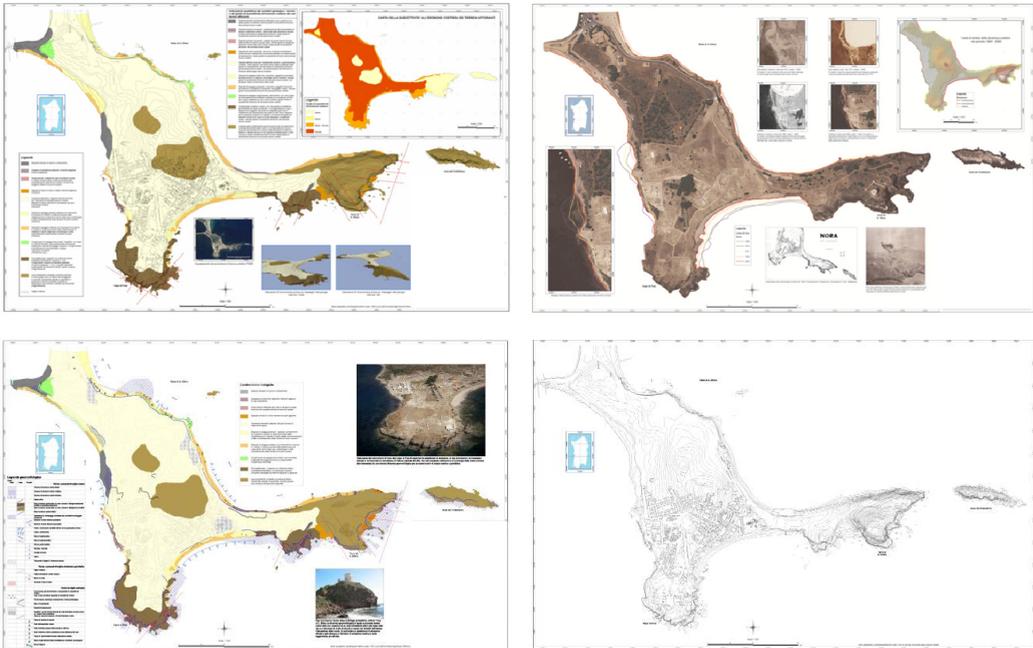


Figura 3 – Dati di base utilizzati per la valutazione della pericolosità da erosione costiera.

Il modello concettuale è stato adattato secondo un modello logico di dati numerici, con l'assegnazione di un valore ad ogni classe di suscettività di ciascuna componente del modello concettuale adottato. I valori assegnati alle classi di suscettività, hanno un campo di variabilità tra 1 a 4, tranne il dato relativo alla suscettività all'arretramento della fascia costiera a cui sono stati assegnati valori variano tra -1 e 2. In questo modo l'influenza relativa ad ogni parametro del modello concettuale viene espressa numericamente come grado di predisposizione del territorio ai processi erosivi che tiene conto dell' impedenza che esprime una singola componente ambientale.

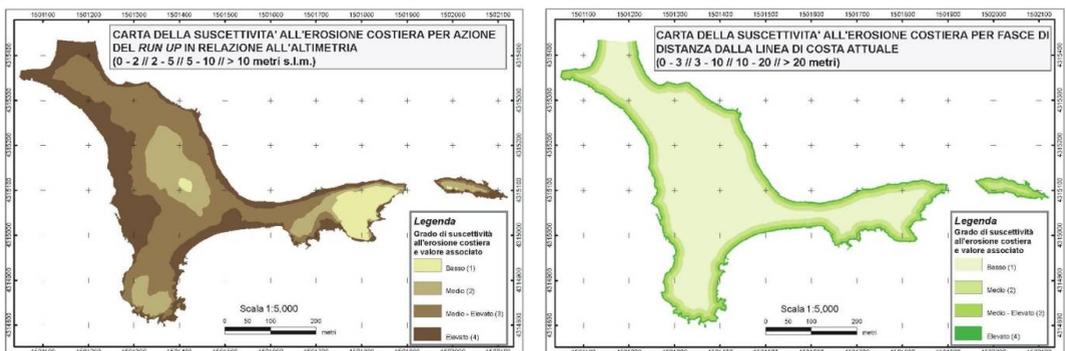


Figura 4 – Dati di sintesi rappresentanti la suscettività all'erosione costiera per azione del run up e per fasce di distanza dalla linea di costa attuale.

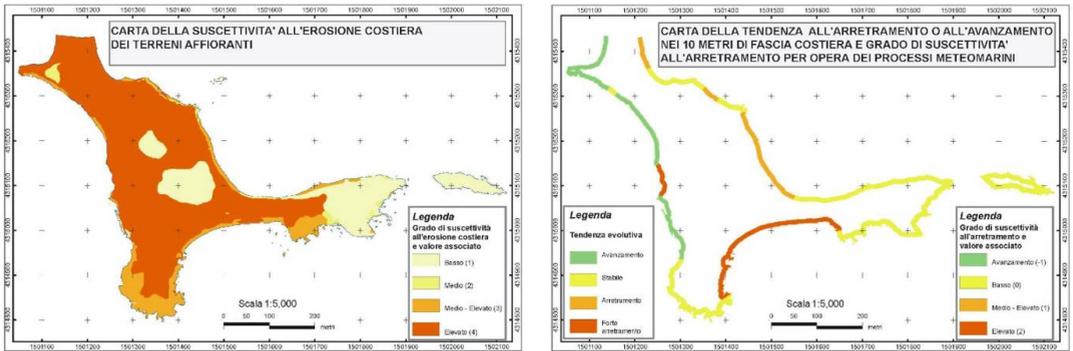


Figura 5 – Dati di sintesi rappresentanti il grado di suscettività all'erosione costiera dei terreni affioranti e all'arretramento per opera dei processi meteomarinari.

I dati di suscettività risultanti per ciascun parametro del modello concettuale sono stati convertiti in formato raster (Fig. 4; Fig 5) con attribuzione dei valori ad ogni classe, e quindi sommati secondo un metodo di map algebra. Il raster finale (Fig.6), risultato delle combinazioni dei valori delle classi di suscettività per ogni parametro del modello concettuale adottato, seguendo il criterio dell'addizione, è stato riclassificato al fine di poter rappresentare il grado di pericolosità geomorfologica secondo una scala qualitativa espressa nelle seguenti quattro classi: basso, medio, medio-elevato, elevato.

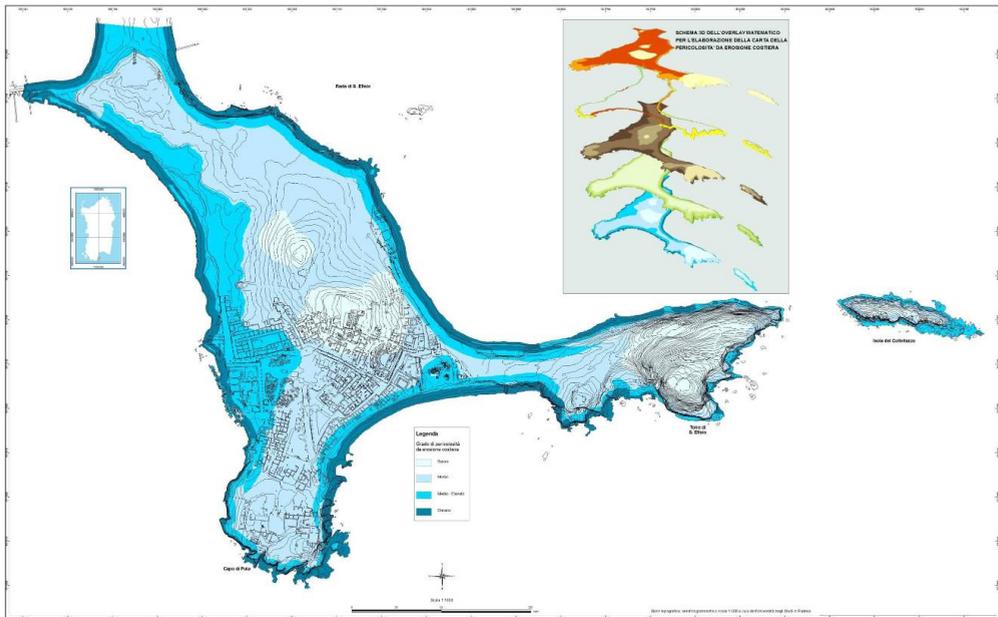


Figura 6 – Carta della pericolosità da erosione costiera.

Valutazione della vulnerabilità

La vulnerabilità è stata valutata a partire ad una ricognizione cartografica accurata della tipologia e della distribuzione e dall'importanza delle differenti testimonianze archeologiche. Ne è derivato un *dataset* nel quale vengono distinte diverse categorie di beni archeologici (Fig.8). In seguito si è proceduto ad una distinzione delle differenti categorie di beni per livello di interesse sulla base del loro valore intrinseco dal punto di vista degli elementi di pregio, quali ad esempio particolari soluzioni architettoniche, monumentalità, mosaici, ecc. oppure anche peculiarità o unicità del bene medesimo (Fig.7)

CATEGORIE DI BENI	TIPO DI BENE	CLASSE DI VULNERABILITA'
Edifici termali	Piccole terme	Elevato
	Terme a mare	
	Terme centrali	
	Terme orientali	
Grandi case	Casa dell'atrio tetrastilo	Elevato
	Casa lungo la via D-E	
Luoghi di culto	Santuario di Esculapio	Elevato
	Santuario di Esculapio	
	Tempio punico arcaico	
Quartieri di abitazione	Tempio romano	Medio-elevato
	Insula A	
	Quartiere a Ovest della strada E-F	
	Quartiere a sud del teatro	
	Quartiere meridionale	
	Quartiere nord-occidentale	
	Quartiere occidentale	
	Quartiere pendici ovest del colle di Tanit	
Quartiere pendici sud del colle di Tanit		
Spazi ed edifici pubblici	Teatro	Elevato
	Basilica	
	Foro	
Strade	Foro	Medio-elevato
	A-B	
	B-C	
	C-D	
	E-F	
	G-H	
	D-E	
Vicoli	E-G	Medio-elevato
Resto dell'insediamento archeologico		Medio
Resto del territorio		Basso

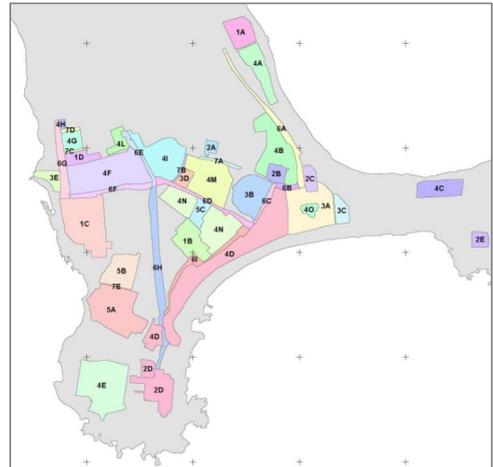


Figura 7 – Valutazione delle categorie dei beni archeologici

Figura 8 – Carta dei beni archeologici

Il dataset dei beni archeologici è stato convertito in formato raster con attribuzione delle seguenti classi di vulnerabilità a ciascun bene: basso (Fig 8), medio, medio-elevato, elevato.

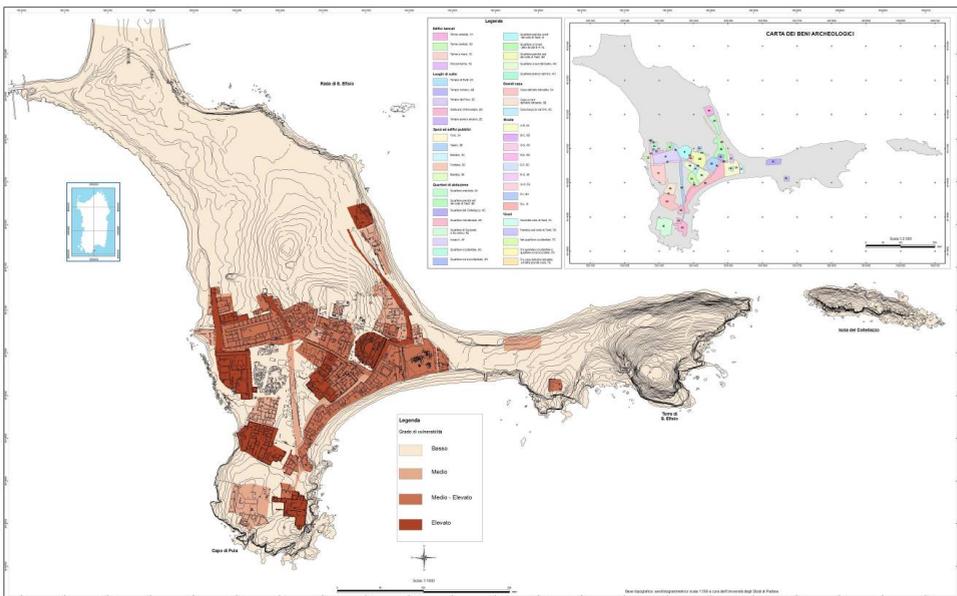


Figura 9 - Carta della vulnerabilità della penisola di Nora.

Valutazione del Rischio costiero

Il rischio viene espresso come prodotto della vulnerabilità per la pericolosità. Pertanto, a seguito delle operazioni di digitalizzazione, compilazione di tabelle di attributi e conversione dei formati

vector to raster, attraverso elaborazioni di *map algebra*, sono stati moltiplicati i dati raster di input della vulnerabilità e della pericolosità.

Il raster finale, risultato delle moltiplicazioni dei valori delle classi di vulnerabilità e della pericolosità, è stato riclassificato al fine di poter rappresentare il grado di rischio a cui sono soggetti i beni archeologici secondo una scala qualitativa espressa in quattro classi: basso, medio, medio-elevato, elevato (Fig. 10). Le diverse classi sono state definite sia attraverso la valutazione degli istogrammi della distribuzione dei valori sopra indicati sia attraverso criteri tesi a non frammentare l'unitarietà degli insediamenti archeologici o delle loro aggregazioni in complessi o in quartieri.

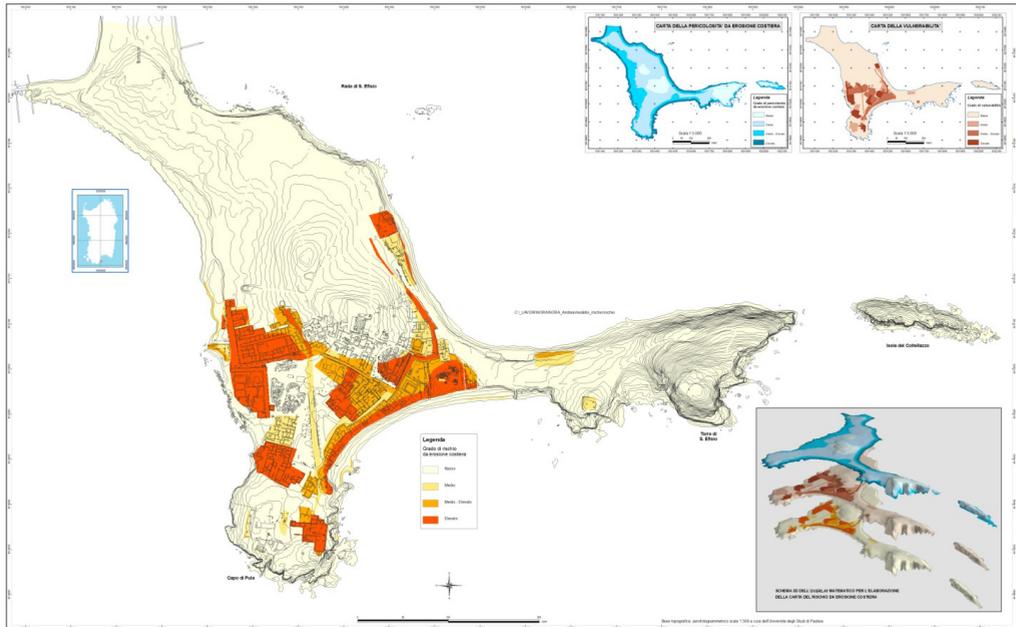


Figura – 10 Carta del rischio da erosione costiera.

Le indagini geologico-ambientali svolte hanno messo in luce una generale condizione di rischio da erosione in quasi tutto il perimetro del promontorio. Questo, localmente, risulta più accentuato in relazione alle caratteristiche geomorfologiche e geologico-tecniche dei terreni che costituiscono la costa emersa e sommersa, al grado di esposizione all'azione del moto ondoso ed alle condizioni di vulnerabilità delle testimonianze archeologiche presenti.

Dai risultati conseguiti emerge la necessità di un piano di interventi urgenti per evitare o contenere la progressiva erosione della costa e i conseguenti danni per gli insediamenti archeologici che nel volgere di qualche decennio potrebbero subire danni irreparabili.

Riferimenti bibliografici

Di Gregorio F., Floris C & Matta P., (2000) – *Lineamenti geologici e geomorfologici della penisola di Nora*. In: *Ricerche su Nora – I (anni 1990-1998)*. Ed. Grafiche Sainas, Cagliari, 9-17.

Di Gregorio F., Floris C., Matta P., Tronchetti C. (2007) - *Ricerche geoarcheologiche sui centri fenicio-punici e poi romani della Sardegna centro-meridionale*. Nora: Nota 1, in *Quaderni della Soprintendenza Archeologica per le provincie di Cagliari e Oristano*, 22-II, 2005-2006, pp. 47-85.

Di Gregorio F., Floris C., Matta P. & Roppa A. (2009) – *Nora: Il Foro romano. Cap. 2 - Il quadro ambientale*. In *Nora. Il Foro romano*, a cura di J. Bonetto, R Ghiotto & M Novello. Storia di un'area urbana dall'età fenicia alla tarda antichità, 1997-2006. Vol. I, pp 11-40 – Lo scavo. Italgraf-Noventa Padovana