

SUSCETTIBILITA' E RISCHIO ALL'EROSIONE COSTIERA NEL TRATTO DI ANALISI DI DETTAGLIO (CAMPOMARINO - MARINA DI FANTINA).

Come sopra già indicato in questo tratto di litorale oltre al confronto tra cartografie di epoche diverse (1954 e 1999) sono stati effettuati rilievi in situ nel Maggio 2003 con DGPS.

Nel dettaglio (Fig 9) si nota come il tratto indicato in rosso sia in erosione e come l'erosione si estenda, con i rilievi DGPS ancora più a sud di quanto non fosse nel rilievo precedente (A).

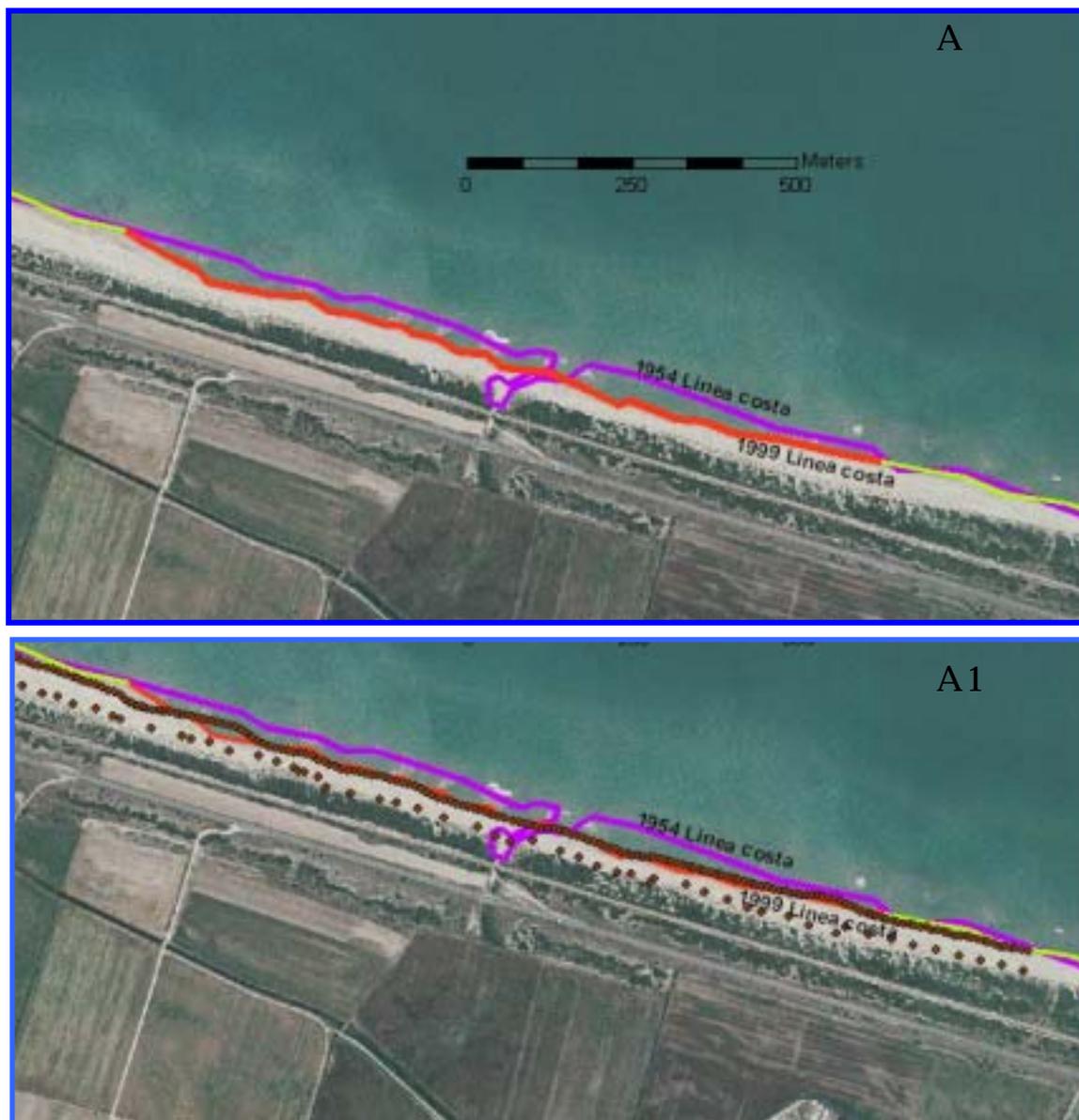


Fig. 9- Confronto tra le posizioni della linea di costa nel 1954 (elaborazione da IGM, 1:25.000) e nel 1999 (elaborazione da fotogrammi aerei ortorettificati, 1:10.000) in cui si evidenzia, un evidente arretramento della costa in questo tratto. Nel quadro A1 compare inoltre la traccia (puntinato), nello stesso tratto di litorale, dei rilievi DGPS effettuati da ENEA, maggio 2003.

I dati ricavati sono stati inseriti in una banca dati entro GIS (Fig.10) e, su questa base, sono state effettuate le necessarie successive elaborazioni spaziali per valutare la

suscettibilità all'erosione del litorale e le condizioni di possibile rischio dell'attuale linea ferroviaria o di qualsivoglia struttura fissa ubicata in quella posizione.

FID	Shape*	Id	AMPIEZZA	AMPIEZZA2	TREND54	ARRE_54	GPSTREN	SUSCET	SUSCET2	DIST_FS	RISK
0	Polyline	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
1	Polyline	0	1	0	1	0	0	0	0	0.0	0.0
2	Polyline	0	1	0	1	0	0	0	0	0.0	0.0
3	Polyline	0	2	0	1	0	0	0	0	0.0	0.0

Fig.10 Particolare della banca dati relativa all'area di dettaglio di indagine

La linea di costa è stata inizialmente classificata in base al suo trend di arretramento, stabilità o avanzamento (CAMPO: TREND54, codici 0-1-2) sia in base ai dati cartografici sia in base al rilievo DGPS (CAMPO: GPSTREN). (Fig. 10-11)



Fig.11- Classificazione del litorale nella zona di studio di dettaglio in base alla sua mobilità nell'intervallo 1954-1999 (in rosso i tratti in arretramento, in giallo i tratti in avanzamento e in verde i tratti in cui non è possibile evidenziare la presenza di variazioni).

Si può notare come i tratti in arretramento siano proprio nella zona in cui la distanza con la attuale linea ferroviaria è più esigua. Inoltre si rileva come complessivamente i tratti di litorale interessati da arretramento siano rispettivamente (da Nord) di lunghezza pari a 1300, 1200 e 1400 metri.

FID	Shape*	Id	AMPIEZZA	AMPIEZZA2	TREND54	ARRE_54	GPSTREN	SUSCET	SUSCET2	D
17	Polyline	0	3	4	2	2	2	5	0	
21	Polyline	0	2	1	2	2	2	4	6	
22	Polyline	0	2	2	2	2	0	4	0	
23	Polyline	0	2	2	2	2	0	4	0	
24	Polyline	0	2	0	2	1	0	1	0	
25	Polyline	0	3	0	2	1	0	2	0	
26	Polyline	0	2	3	2	1	1	1	0	
46	Polyline	0	4	4	2	1	2	3	0	
47	Polyline	0	4	4	2	1	2	3	0	
48	Polyline	0	3	3	2	1	2	2	0	
49	Polyline	0	3	3	2	1	2	2	0	
50	Polyline	0	4	3	2	1	2	3	0	
56	Polyline	0	4	3	2	1	2	3	0	
57	Polyline	0	3	3	2	1	2	2	0	
58	Polyline	0	3	3	2	2	2	5	0	
61	Polyline	0	2	2	2	1	0	1	0	
62	Polyline	0	2	2	2	2	0	4	0	
63	Polyline	0	2	2	2	1	0	1	0	
64	Polyline	0	2	0	2	1	0	1	0	

Fig 12 - Particolare della banca dati relativa ai tratti in arretramento (TREND54 -codice "2")

Si nota come l'entità dell'arretramento sia variabile tra entità 15-30 metri (codice 1) e 30-50 metri (codice 2).

In Figura 13 se ne può vedere la relativa rappresentazione cartografica.



Fig 13 - Classificazione della costa in base all'entità di arretramento tra il 1954 ed il 1999: in rosso la classe 15-30 metri , in giallo la classe 30-50 metri.

L'ampiezza della spiaggia (dalla battigia al piede delle dune costiere) è quindi stata valutata, sia in base all'analisi delle immagini, sia in base ai rilievi in situ ed inserita in banca dati (CAMPI: AMPIEZZA e AMPIEZZA1 rispettivamente) (cfr. Fig. 12-13).

Allo scopo di poter valutare il livello di suscettibilità all'erosione costiera cioè la probabilità che l'evento (erosione della costa) accada producendo la **TOTALE perdita dell'elemento fisico (in questo caso la spiaggia)** i valori di arretramento (espressi come velocità) e di ampiezza della attuale spiaggia sono stati confrontati in una matrice spaziale (Fig. 14) da cui è stata desunta la classificazione del grado di suscettibilità all'erosione di questo tratto di costa (Fig.16).

<i>CODICE</i>	<i>GRADO</i>	<i>Ampiezza spiaggia (metri)</i>	<i>VEL arretramento (cm/anno)</i>	<i>T min. Perdita (anni)</i>	<i>T max perdita (anni)</i>
1	HS	10-20	.27-.54	18-37	37-74
2	MS	20-40	.27-.54	37-74	74-148
3	LS	40-60	.27-.54	74-111	148-222
4	HHS	10-20	.54-.90	11-22	18-36
5	HS	20-40	.54-.90	22-44	40-80
6	VHHS	5-10	.54-.90	5-11	9-18

Fig.14 - Valutazione del grado di suscettibilità all'erosione del litorale



Fig. 15 - Classificazione dei tratti di litorale in arretramento in funzione della suscettibilità all'erosione della fascia costiera calcolata in base alla relazione tra entità arretramento nel tempo (1954-1999 oppure 1954-2003) ed ampiezza della spiaggia rispettivamente al 1999 e ad oggi.

Si può notare come il massimo grado di suscettibilità (VHHS) non sia presente nella rappresentazione di Fig. 15. Questo grado, implica una valutazione di tempo necessario alla completa erosione della spiaggia attuale di circa 5 anni (immaginando la situazione procedere in modo continuo nel tempo).

Esso viene però raggiunto inserendo nella matrice gli ultimi dati rilevati ed interessa un tratto di litorale a Sud della foce armata del Torrente Saccione, di lunghezza pari a 250 metri, indicato in fig. 15 con l'asterisco bianco.

In realtà inserendo nell'analisi i dati recentemente rilevati (ENEA, 2003) molte classificazioni della costa variano. Nella Figura 16 viene presentato un dettaglio della banca dati in cui al valore 0 del campo TREND54 (indicante condizioni di stabilità della costa tra il '54 ed il 1999) si sostituisce il valore 1 (avanzamento) o 2 (arretramento) nella valutazione fatta in base ai rilievi con DGP (CAMPO: GPSTREN).

Attributes of SUSCETTI_WGS								
Shape*	Id	AMPIEZZA	AMPIEZZA2	TREND54	ARRE_54	GPSTREN	SUSCET	SUSCET2
Polyline	0	100	100	0	0	0	0	0
Polyline	0	100	100	0	0	0	0	0
Polyline	0	100	100	0	0	0	0	0
Polyline	0	100	100	0	0	0	0	0
Polyline	0	2	0	0	0	0	0	0
Polyline	0	2	0	0	0	0	0	0
Polyline	0	2	0	0	0	0	0	0
Polyline	0	2	0	0	0	0	0	0
Polyline	0	2	0	0	0	0	0	0
Polyline	0	3	0	0	0	0	0	0
Polyline	0	2	0	0	0	0	0	0
Polyline	0	4	3	0	0	2	0	0
Polyline	0	3	3	0	0	0	0	0
Polyline	0	3	3	0	0	1	0	0
Polyline	0	3	3	0	0	2	0	0
Polyline	0	4	3	0	0	1	0	0
Polyline	0	3	0	0	0	0	0	0
Polyline	0	3	0	0	1	0	2	0
Polyline	0	2	0	0	1	0	1	0

Fig. 16 - Particolare della banca dati . evidenziati gli elementi del litorale classificati come stabili dal '54 al '99.

Visibile nella figura 17, evidenziati in turchese, i due tratti di litorale che sono interessati dal cambiamento, in negativo, di tendenza: hanno rispettivamente lunghezze di 360 (A) e circa 500 metri (B) e, in funzione di tale variazione, la valutazione della **suscettibilità all'erosione del tratto di litorale corrispondente varia** (come possibile valutare confrontando le fig 15 e 16) comprendendo anche tratti inizialmente con grado nullo di suscettibilità all'erosione (in fig. 15 tracciati in nero) che assumono nella nuova classificazione, gradi di suscettibilità **LS** ed **MS** (rispettivamente i tratti indicati con A e B in fig.17).



Fig.17- Riclassificazione del grado di suscettibilità all'erosione costiera inserendo i dati rilevati con DGPS.

Varia anche , come già indicato, (Cfr. Fig.15) il grado di suscettibilità all'erosione costiera del tratto di litorale immediatamente a Sud della foce del torrente Saccione. In questo caso di 0.9 cm/anno a 2,5 metri anno.



Fig7 Particolare del tratto (di circa 200 metri di lunghezza) a sud della foce armata del Torrente Saccione in arretramento sin dal 1954 (in viola la posizione della costa al 1954); i puntini indicano i rilievi con DGPS al maggio 2003.

Sulla base di tutto ciò, è stata fatta una valutazione della possibilità, in termini temporali, che la sede attuale della ferrovia venga raggiunta dal mare. E' evidentemente una valutazione teorica, dato che è altamente presumibile che prima che ciò avvenga verrebbero attuate opere di difesa della struttura, ma serve per supportare le considerazioni generali conclusive e valutare la locale condizione di rischio di erosione di questa infrastruttura.



Fig. 18 - Valutazione del tempo in cui l'attuale massicciata ferroviaria verrà interessata dall'azione diretta dell'erosione del mare sulla base di estrapolazione dell'evoluzione della linea di costa dal 1954 ad oggi.

Nel tratto indicato con il simbolo la valutazione temporale di cui sopra passa a un valore di circa 40 anni tenendo conto degli ultimi dati rilevati.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE



Fig19- Villaggio Happy Family circa un chilometro a Sud di Campomarino Lido.

L'area costiera indagata presenta, nel suo complesso, una grande instabilità ed, in particolare, ciò avviene nel tratto di litorale in cui la sede ferroviaria è più prossima alla costa.

La mancanza di apporti dai corsi d'acqua ha, indiscutibilmente contribuito in modo sostanziale a produrre questa condizione: oggi la zona costiera non riceve praticamente più apporti "nuovi" ma prevalentemente riusa e ridistribuisce i sedimenti ivi già presenti. Le zone in crisi erosiva

attingono in modo pesante dalle dune retrostanti che diventano, in questo sistema, serbatoi di materiale sabbioso per limitare la perdita di spiaggia, talora questo scambio viene forzato dall'intervento dell'uomo che spiana la prima fascia di dune, retrostanti la spiaggia pianeggiante, allo scopo di guadagnare metri da sfruttare, attrezzandoli, per la balneazione (Figure 19-20).



Fig 20- Stabilimenti balneari a Marina di Chieuti

Spesso in situazioni di crisi regressiva come nell'area indagata, lo scambio avviene anche in modo naturale e produce il progressivo, smantellamento delle dune retrostanti che si aprono in varchi sempre più larghi e profondi, in cui la vegetazione dei cordoni più interni (spesso anche costituita da pineta o comunque da cespugli e arbusti) viene aggredita dalla sabbia e dalla salsedine con l'avanzare del mare.



Nella zona investigata già rilevante è la presenza di forme di erosione diretta del mare sulle dune stabilizzate che risultano, molto spesso, incise da scarpate al piede e, il materiale che le costituisce, appare ripreso a formare la spiaggia antistante il cui profilo, verso terra, risulta più accentuato (Fig.24).

Fig. 22- Zona a Sud di Campomarino: la duna stabilizzata è ormai a diretto contatto con la spiaggia

Fig.24 della spiaggia viene spesso conservata a scapito dei cordoni dunari interni: la pendenza della spiaggia e il contatto diretto tra duna stabilizzata (vegetata) e spiaggia evidenziano il fatto che le dune stiano arretrando, anche in assenza in questo caso di forme di erosione sulle dune. (Nord della foce del t. Saccione).



Fig. 24 Le forme di erosione nelle dune sono diffuse e rilevanti (Nord di Chieuti Marina)



Molto spesso le forme più accentuate di erosione e di arretramento sono imputabili agli effetti indotti da opere di difesa a mare. E' particolarmente evidente il caso a Chieuti Marina dove blocchi di risulta dalla costruzione di tre pennelli (effettuata negli anni '90-91) e posizionati a simulare un quarto pennello non radicato ha prodotto una erosione accelerata che sta facendo scomparire la spiaggia (Fig. 25).

Tutte le opere sinora realizzate in questo litorale hanno prodotto erosione accelerata consistente nei tratti immediatamente a Sud in funzione del fatto che il trasporto sottocosta dominante proviene da N e che, pertanto, le opere bloccano il flusso dei sedimenti disponibili.

Sembra evidente che non vi è stata una corretta gestione integrata delle risorse e che la realizzazione di opere di difesa non abbia tenuto conto in modo adeguato delle condizioni

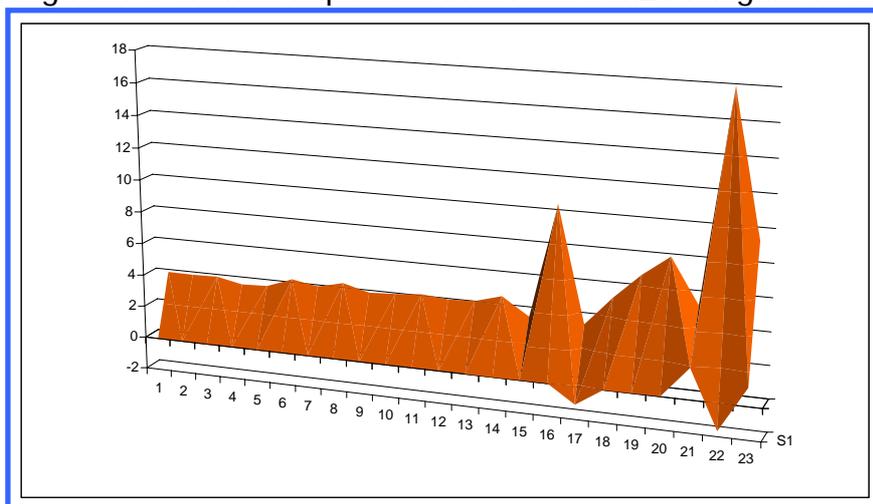


locali e dei possibili effetti negativi delle stesse.

Il litorale, nella sua interezza, appare in crisi e il fatto che il tratto in maggiore arretramento corrisponda proprio al tratto in cui si ha la maggiore vicinanza alla costa della attuale linea ferroviaria sembra proprio evidenziare come il sistema di spiaggia abbia risentito di questa scelta localizzativa.

Fig. 25- Erosione indotta da blocchi posizionati agli inizi degli anni '90 a simulare un pennello trasversale (Nord Chieuti Marina)

Un risentimento che oggi sta arrivando al limite di resilienza e che non è in grado di adeguarsi a ulteriori impattanti interventi senza mitigare la condizione di rischio in modo adeguato.



Ricordiamo che la attuale sede ferroviaria si trova esattamente in prossimità delle massime quote delle dune interne stabilizzate; queste sono però come ricordato ormai solcate da ampi varchi e aggredite dalle sabbie.

Fig. 26- Profilo schematico effettuato, tramite rilievo DGPS, nel tratto di costa a 3500 metri a Nord della foce del T. Saccione, dalla battigia (N) alla linea ferroviaria (S) dove la distanza tra la costa e la linea ferroviaria attuale è di circa 80 metri. La traccia del profilo è visibile in Fig.27

La rilevanza della conservazione delle dune costiere non è legata a valutazioni naturalistiche ed ecologiche bensì, in questo caso specifico, è principalmente relativa al

fatto che senza questa barriera naturale, che ancora oggi raggiunge come massima quota delle creste 10-12 metri slm, la regressione delle spiagge sarebbe ancora più netta (e lo sarà se non verranno fatti idonei interventi di mitigazione del rischio), gli allagamenti da mareggiate saranno sempre più frequenti (già ora ne sono state segnalate) e la morfologia fortemente incisa dei cordoni dunari, intervallati da ampie aree interdunali occupate da canneti e piante palustri e sviluppate a quota inferiore a quelle della spiaggia attuale ne da testimonianza (Fig. 26).

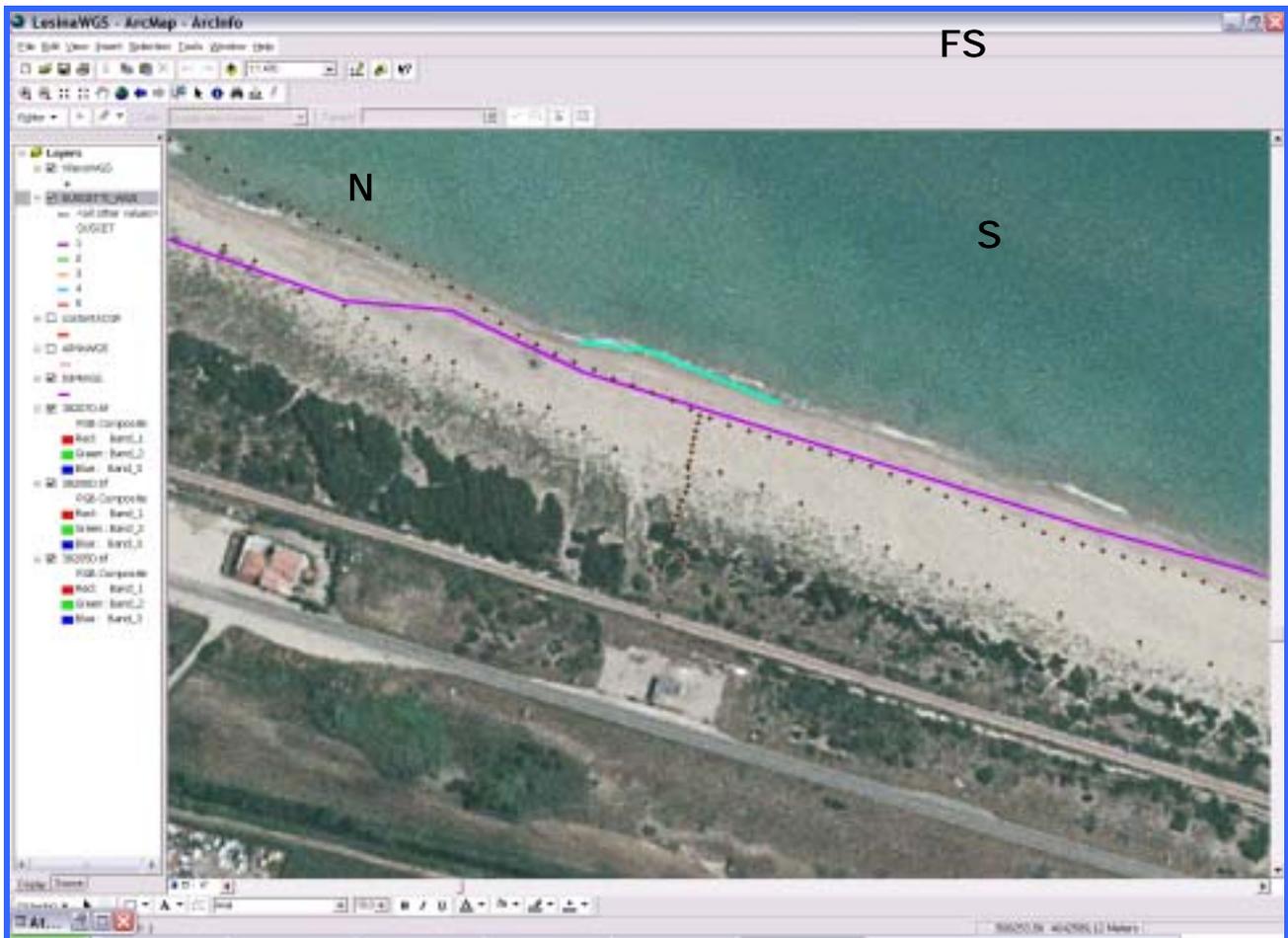


Fig.27- Ubicazione del profilo battigia-FS individuato dal tratto puntinato ad andamento N-S. In turchese viene inoltre evidenziato il tratto di costa in cui la variazione della posizione della linea di costa, evidenziata dal rilievo DGPS, rispetto alla posizione raggiunta nel 1954, è la stessa ma questa è inferiore di circa 18-20 metri a quella raggiunta nel 1999. Ciò indicherebbe una velocità di arretramento tra il 1999 ed il 2003 molto elevata, pari ad alcuni metri all'anno (3-5m/anno). Questo farebbe valutare il tempo minimo necessario perché l'attuale struttura ferroviaria venga raggiunta dal mare in 35 anni (Corrispondente al grado di rischio di erosione HHS).

Oltre al rischio di erosione da parte del mare è, per queste valutazioni, da considerare attentamente anche il rischio da mareggiata in quanto, riducendosi sempre più la distanza tra la struttura ferroviaria ed il mare, tenderà inesorabilmente ad aumentare e ad essere meno attutito dalla presenza delle dune.

Concludendo: l'analisi in situ ha evidenziato una diffusa situazione di erosione in atto del litorale anche dove i limiti di risoluzione dei rilievi e dei metodi applicati non sono in grado di registrare il fenomeno in termini di arretramento consistente oppure dove, per esigenze

della tempistica di elaborazione, i rilievi diretti non hanno potuto contemplare, per tutta l'area di indagine, la stessa completezza e metodologia.

Ovunque la duna costiera risulta in crisi regressiva seppure con gradualità diverse.

Questa situazione non è assolutamente in condizione di stabilizzarsi o risolversi naturalmente, sembrerebbero invece esserci i presupposti per una accelerazione, non localizzata, del fenomeno dell'arretramento nei prossimi anni: mancano gli apporti, i sedimenti vengono bloccati dalle strutture di difesa a mare, le dune si erodono e scompaiono e non supportano più le spiagge in erosione con il loro contributo di sedimenti, i varchi nelle dune si allargano, il rimodellamento produce un abbassamento delle quote di cresta delle dune ed il mare riesce ad entrare nelle ampie aree depresse interdunali che sono altimetricamente ubicate a quote inferiori a quelle della spiaggia antistante.

In questo panorama già le infrastrutture presenti (ferrovia, ponti, strutture turistiche) sono oggi in una situazione di alta vulnerabilità da erosione e mareggiata, qualsiasi ulteriore intervento in questo tratto di litorale deve essere fatto in una visione di insieme: economia ma anche ambiente perché i danni alle infrastrutture prodotti dagli eventi naturali possono essere molto seri in questo contesto. Soprattutto si richiede una visione non settoriale e non localizzata e puntuale. Già i danni di questo approccio, in assenza di politiche regionali sia da parte della Puglia sia del Molise, hanno prodotto una situazione in cui i singoli comuni intervengono pesantemente e in assenza di qualsiasi forma di pianificazione sovracomunale.



La duna raggiunge sino a circa 10-12 metri di quota slm e, sulle cime più rilevate, è sita la attuale ferrovia. La costruzione di un secondo tratto ferroviario, a spese della fascia dunare interna (quella ubicata a monte della la ferrovia attuale) produrrebbe la definitiva degradazione del territorio e indurrebbe una situazione di altissimo rischio di erosione e mareggiata per le infrastrutture retrostanti. I tempi di ingressione del mare calcolati nel presente rapporto tengono conto della presenza dell'apparato dunare, senza il quale bisognerebbe pensare ad una accelerazione del processo attualmente non quantificabile. Inoltre nei tratti in cui la tendenza regressiva risulta maggiore e la perdita di spiaggia appare già tanto rilevante da aver ormai disponibili sono alcuni metri tra la battigia e il piede delle dune, si può ritenere che le valutazioni fatte di tempi necessari alla completa erosione della spiaggia possano essere decisamente più breve di quelli calcolati. Infatti la velocità di arretramento calcolata e su cui si basano le valutazioni di suscettibilità e di rischio all'erosione nel presente rapporto, sono delle medie e non tengono conto del fatto che gli eventi erosionali non avvengono con continuità nel tempo ma sono piuttosto di tipo



parossistico e quindi si realizzano con eventi puntuali di tipo catastrofico. Ciò significa che qualche metro di spiaggia si può perdere in un solo evento di mareggiata invernale.

Anche l'abbandono del territorio nelle condizioni attuali senza adeguati interventi di mitigazione del rischio avrebbe quindi come effetto un rapido arretramento del limite terra mare, con velocità di circa un metro l'anno sino a raggiungere le infrastrutture già presenti.

Questo significa che, con una valutazione matematica i tempi di impatto diretto del mare sulla attuale sede ferroviaria risultano di circa 40 anni, ma si può ragionevolmente ritenere



che tale valutazione sia ottimistica dato che l'entità della scomparsa dell'area di spiaggia in questo litorale è stata talmente elevata da averne ormai ridotto l'ampiezza ben al di sotto della soglia minima di resilienza del sistema di spiaggia. Quindi i tempi di arretramento della linea di spiaggia aumenteranno probabilmente di intensità

Si impone quindi, per quest'area, una seria valutazione, basata su approfonditi e completi studi,

per optare, nei tratti di priorità, su interventi di mitigazione delle attuali condizioni di rischio quanto più possibile a basso impatto che consentano di mediare le esigenze economico-industriali con i principi di sostenibilità ambientale e sociale.

L'innovazione tecnologica, sposando i principi di sostenibilità ambientale, consente, oggi, di utilizzare tecniche e metodi che possono rendere perseguibile questa mediazione che un tempo si realizzava spesso a spese dell'ambiente.

Bibliografia

Baboci K., Mastronuzzi G. e Sansò P. - La grande superficie sommatatale del Promontorio del Gargano. Prime considerazioni sulla genesi e l'evoluzione., p. 53-56. Bonifica - Rivista Trimestrale Scientifica Tecnica Culturale - n°3 luglio-settembre 1993, Bastogi Editrice Italiana

Caldera M., Centenaro E., Mastronuzzi G., Sansò P. and Sergio A. -Features and Present Evolution of Apulian Coast (Southern Italy).. Journal of Coastal Research, SI (26) (ICS '98 Proceedings), 55-64. Fort Lauderdale (Florida), ISSN 0749-0208.

Feroli G. Geologia del Gargano Meridionale.Tesi di Laurea Relatore: Prof. R.Dal Cin, Anno Accademico 1986-'87.

Gianfreda F., Mastronuzzi G., and Sansò P. -Impact of historical tsunamis on a sandy coastal barrier: an example from the northern Gargano coast, southern Italy.. Natural Hazard and Earth System Sciences (2001) 1: 213-219. European Geophysical Society 2001.

Grauso S. 1986, Schema geolitologico dell'area pugliese adriatica e ionica e contributo detritico dei corsi d'acqua. ENEA, in: Indagine ambientale del sistema marino costiero della regione Puglia, Roma, Luglio 1986.

Mancuso C. La baia del Gargano evoluzione delle spiagge e dinamica sedimentaria dei fondali. Tesi di Laurea Relatore: Prof R.Dal Cin, Anno Accademico 1986-'87.

Mastronuzzi G. e Sansò P. -Caratteri ed evoluzione attuale del litorale fra le foci del fiume Fortore e del fiume Ofanto., p. 83-90. Bonifica - Rivista Trimestrale Scientifica Tecnica Culturale - n°3 luglio-settembre 1993, Bastogi Editrice Italiana

Simeoni U., Calderoni G., Tessari U., and. Mazzini E.-A New application of System Theory to Foredunes, Intervention Strategies. Journal of Coastal Research, 15 (2), 457-470. Royal Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208.

Simeoni U., e. Mazzini E., Tessari U., e Ciavola P. Valutazione integrata, ai fini gestionali, delle dune costiere: metodologia e caso di studio.. Studi costieri. Dinamica e difesa dei litorali. - Gestione integrata della fascia costiera. - 1999 - 1: 85-102, Lito Terrazzi, Firenze.

Tessari U. Le dune costiere in ambiente microtidale a bassa energia tra Lesina e Varano (Basso Adriatico): Dinamica, Geomorfologia e Piano Gestionale. Tesi di laurea , Relatore: Prof. U. Simeoni, Anno Accademico 1994-'95.

Tessari U., Immordino F., Mastronuzzi G., Sansò P., Simeoni U..-Management of wetlands, coastal dunes, estuaries, deltas and lagoons, watershed management. Applicability Verification of "Sistem Theory" in Foredunes Comparative Instability Index assessment.

Valpreda E., Simeoni U. Coastal Erosion susceptibility assessment: Journal of Coastal Conservation, 2003, in press.

Viel M e Zurlino G., (a cura di) -Indagine ambientale del sistema marino costiero della regione Puglia. Elementi per la definizione del piano delle coste. ENEA Roma Luglio 1986.