

# Il monitoraggio dei danni da mareggiata

Luisa Perini, Paolo Luciani, Lorenzo Calabrese



## gli impatti

morfologici: erosione della  
duna e della spiaggia



erosione della spiaggia e  
danneggiamento delle  
strutture antropiche



## gli impatti

allagamenti delle  
strutture antropiche



## Come affrontare queste criticità?

Attraverso una **conoscenza** approfondita della **risposta del territorio** e mediante interventi mirati

**Previsione e allerta:** tema del convegno finale di Micore (7 giugno 2011) e dell'attività con ARPA-SIMC e Protezione Civile



**Monitoraggio** dell'evento e dei danni conseguenti

osservatorio delle dinamiche territoriali





# Un database delle mareggiate: oltre 50 eventi a partire dal 1936

Ravenna 15 marzo 2011 Monitoraggio del sistema costiero in Emilia-Romagna

La registrazione degli eventi: danni e interventi sono tra gli elementi chiave per una buona gestione dei rischi costieri

da MICORE

Con il contributo dei colleghi degli STB costieri

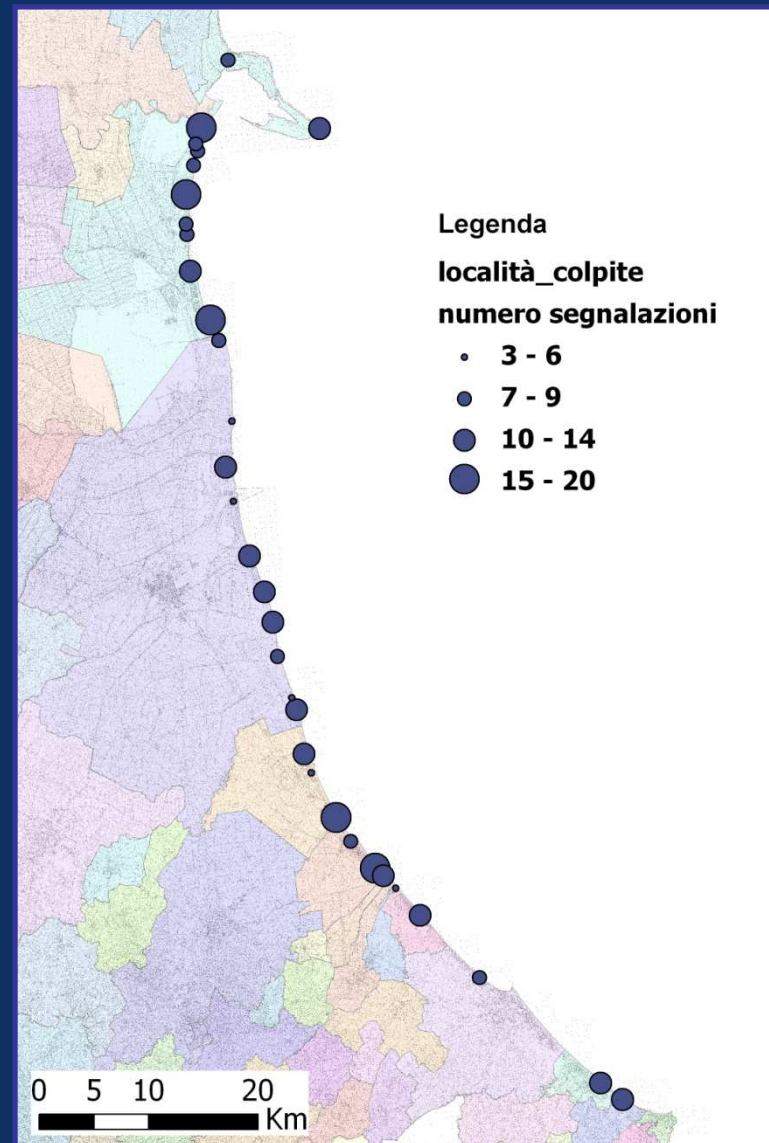
Data evento	Regioni Adriatiche interessate	Località colpite in Emilia-Romagna	Fonte delle Informazioni	Tipologia delle Informazioni raccolte	Principali caratteristiche dell'evento	Danni riportati	Allerte ed interventi attuati
8 giugno 1964	Friuli Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche	Litorale ferrarese (Porto Garibaldi), interi litorali ravennate, forlì-cesena e riminese	Ufficio Genio Civile Forlì; atti parlamentari; archivi storici di quotidiani	Articoli di giornali	<b>Acqua alta:</b> <b>Mareggiata:</b> mare forza 11 (Ancona) <b>Venti:</b> Bora con raffiche di oltre 100 km/h	Erosione, ingressione, ingenti danni a strutture turistiche, imbarcazioni, edifici, strade, aree agricole e ai porti. Allagamenti di intere aree urbane e agricole	Interventi immediati di vigili del fuoco, carabinieri
4-5 Novembre 1966	Friuli Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna	Litorale ferrarese (Savio, c. avi)	Archivi RER; archivi della Protezione Civile; Comune di Venezia; siti internet; archivi storici di quotidiani; catalogo Avi	Rapporti tecnici; descrizioni dell'evento; cartografia; aree alluvionate lungo la costa ferrarese; dati meteo e meteo-marini da archivi di siti tematici (ufficio idrografico di Venezia)	<b>Acqua alta:</b> quota record storica di 1.94 m (massima altezza registrata a Venezia) <b>Mareggiata:</b> forte vento di Scirocco <b>Associato a piena fluviale</b>	Erosione, ingressione, esondazione di canali, allagamenti di aree urbane e terreni. Danni a opere di difesa e strutture.	Interventi da vigili del fuoco, forze dell'ordine e dalla popolazione; costruzione argine protettivo in Provincia di Ferrara (Strada Acciaioli)
22 Dicembre 1979	Friuli Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna e Marche	Intera costa regionale (area costiera tra Goro e Cervia Nord)	Archivi RER, siti internet	Piano Progettuale per la difesa della Costa emiliano romagnola Vol. III 1982; rapporti Idroser; dati meteo e meteo-marini da archivi di siti tematici; pagine web	<b>Acqua alta:</b> massima 1.66 m a Venezia (2° record storico) e 1.16m a Porto Garibaldi <b>Mareggiata:</b> valori di altezza d'onda a costa variabili da 5 a 2,5 <b>venti:</b> di Scirocco e	Erosione, ingressione ed esondazioni di canali	Difesa della costa
31 Gennaio 1-4 Febbraio 1986	Veneto, Emilia-Romagna, Marche e Puglia	Litorali ferrarese (Goro, Codigoro e Comacchio), ravennate e riminese	Archivi RER; archivi storici di quotidiani; siti internet	Rapporto danni; relazioni STB Po di Volano e della Costa; rapporti tecnici; dati meteo e meteo-marini da archivi di siti tematici (mareografo di Venezia)	<b>Acqua alta:</b> a Venezia 1.58 m (3° record storico) oltre 1.60 Porto Corsini <b>Mareggiata:</b> vento di Scirocco e piogge abbondanti <b>Venti:</b> di Scirocco e di Bora	Erosione, ingressione, danni a strutture e opere di difesa, esondazioni di canali e allagamenti	Proclamazione dello stato di calamità nelle aree costiere

## La mappa delle località colpite

Esempio località colpite  
durante l'evento del 1-16  
dicembre 2008



Su 32 località segnalate;  
le maggiormente colpite (>15) sono:  
Lido di Volano  
Lido delle Nazioni  
Lido di Spina sud  
Cesenatico Nord  
Valverde



# Strumenti di monitoraggio degli impatti

## Rilievi di terreno e misure GPS



## Rilievi LIDAR

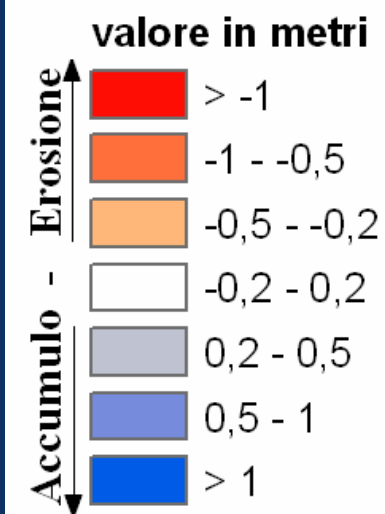
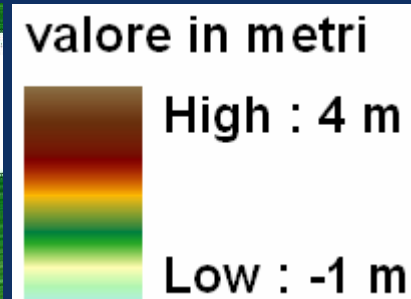
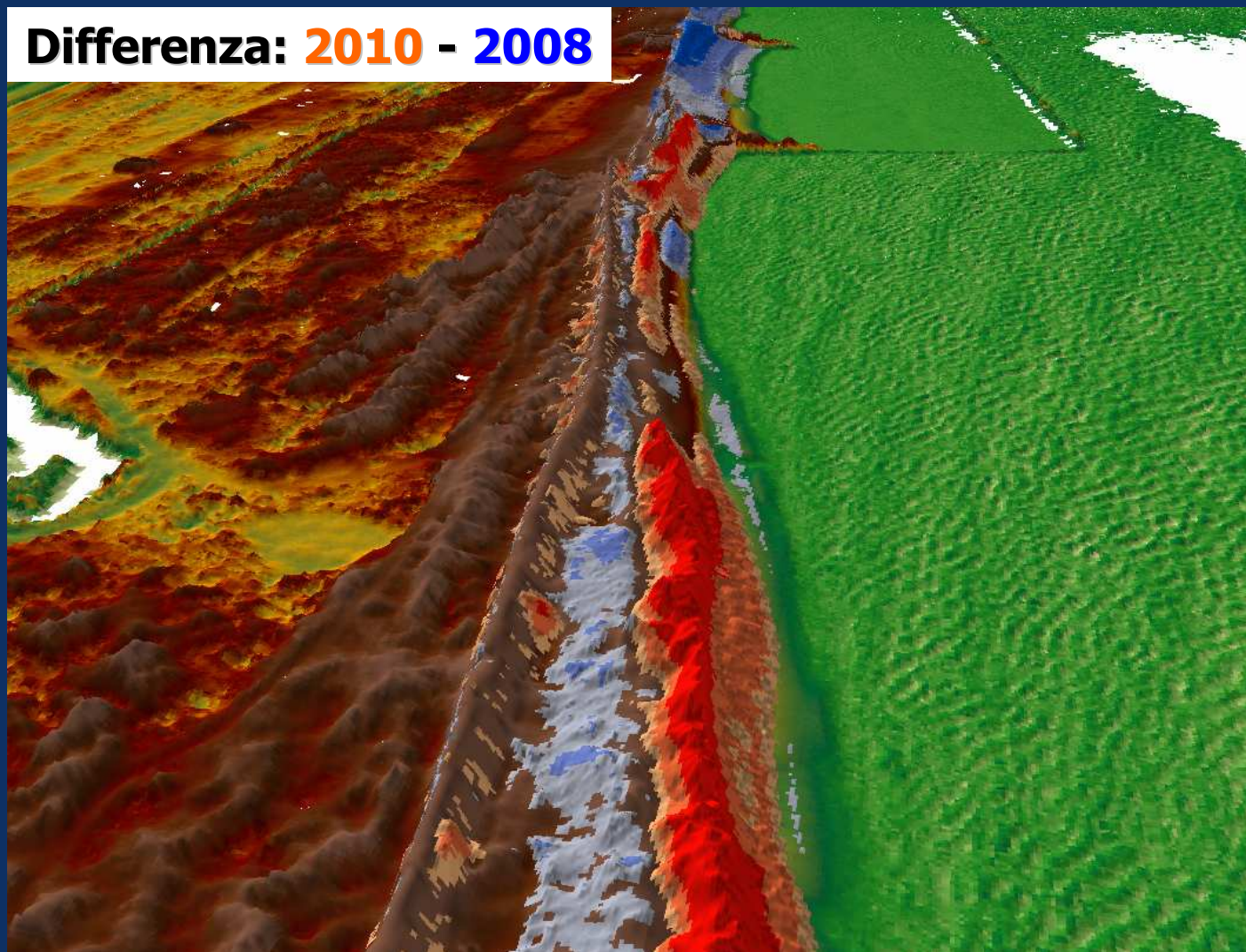
- 2004 (RER)
- 2006 (ENI)
- 2008 (PNT)
- 2009 (MICORE)
- 2010 (RER-Prot. Civ.)





## Elaborazioni con i dati Lidar

Differenza: 2010 - 2008



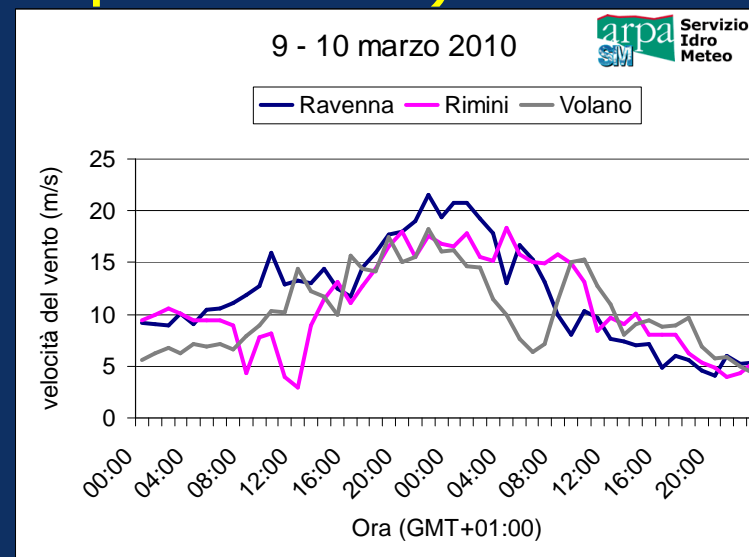
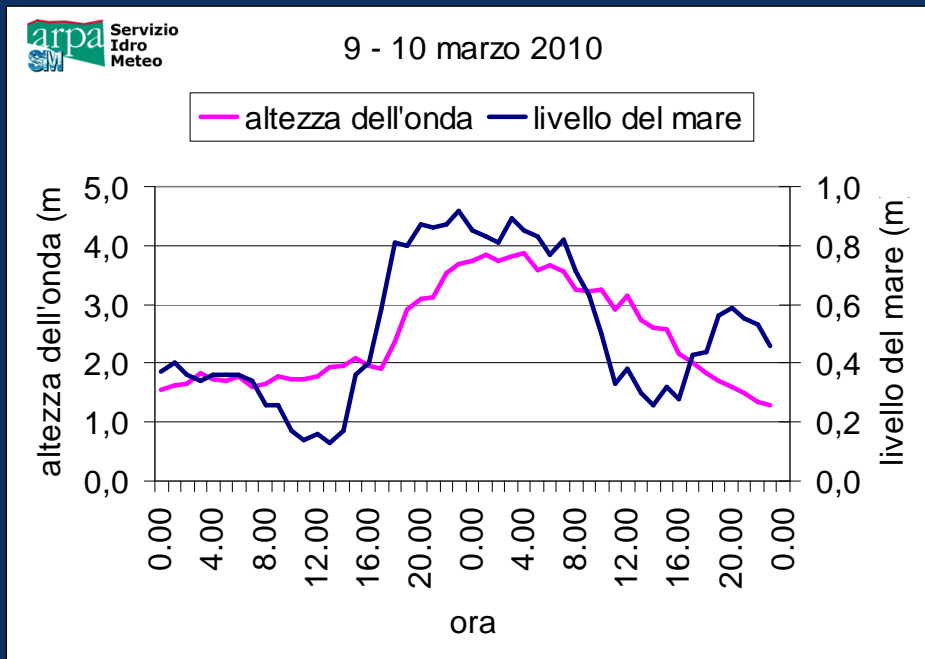


# Il monitoraggio dell'evento meteo-marino del 9 e 10 Marzo 2010

## Registrazione dell'evento (dati Arpa – SIMC)

pomeriggio del 9 marzo: forti venti da est/nord-est con velocità massime fino a 42 nodi.

Velocità massima oraria del vento rilevata tra il pomeriggio del 9 e la mattinata del 10 marzo a Ravenna →



9 ore consecutive di moto ondoso con altezza d'onda superiore ai 3.5 metri (max 3.91 m) e concomitanza di un picco di marea nella nottata tra il 9 e 10 marzo, stimabile attorno a 0.9 metri

← Altezza dell'onda misurata dalla Boa ondometrica di Cesenatico tra il 9 e 10 marzo 2010



## Gli impatti

Come riportato dai quotidiani del 10 Marzo 2010, numerose località della costa sono state colpite da allagamenti che hanno interessato le spiagge ed i centri abitati



## Classificazione dell'evento

Onde con periodo  
di ritorno di 1, 10 e 100 anni  
per ciascuna direzione  
di provenienza  
(clima ricostruito dal 1971 – 1983;  
*IDROSER, 1996*)

	<i>T1</i>		<i>T10</i>		<i>T100</i>	
<i>Direzione</i>	<i>H<sub>s</sub></i> ( <i>m</i> )	<i>T</i> ( <i>sec</i> )	<i>H<sub>s</sub></i> ( <i>m</i> )	<i>T</i> ( <i>sec</i> )	<i>H<sub>s</sub></i> ( <i>m</i> )	<i>T</i> ( <i>sec</i> )
30°	3.3	7.2	4.7	8.2	5.8	9.0
60°	3.6	7.4	4.9	8.3	6.2	9.2
90°	3.5	8.4	4.9	9.6	6.2	10.7
120°	2.8	7.8	4.2	9.4	5.5	10.8

<i>Valori medi</i>	3.3	7.7	4.7	8.9	5.9	9.9
--------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Per i valori corrisponde ad un evento

**T1-T10 (onda)** e **>T1 (surge)**

Aggravato dalla concomitanza di  
mareggiata e surge

	<i>T1</i>	<i>T10</i>	<i>T100</i>
<i>Surge</i> ( <i>m</i> )	0.85	1.039	1.28



**Il rilievo è stato condotto dall'Istituto di Oceanografia e Geofisica (OGS) di Trieste**

9 rotte trasversali (di  
calibrazione) lunghe 1.5 -  
2.5 km



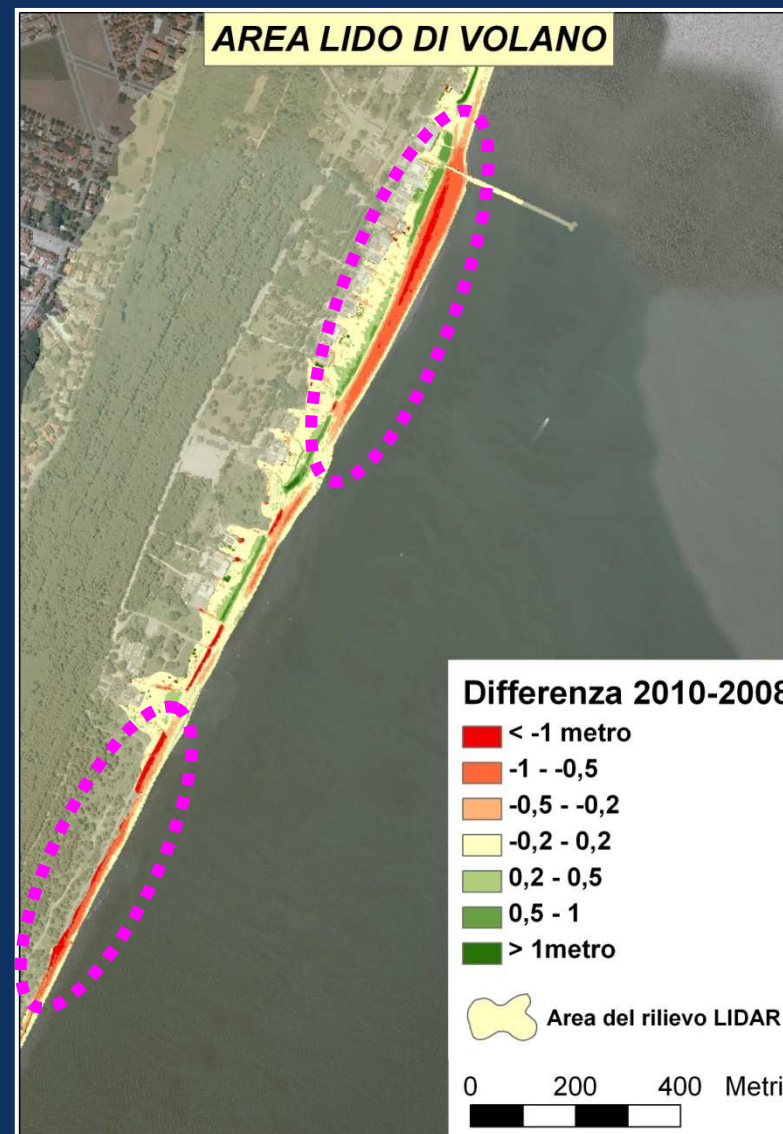
## Elaborazioni ed analisi effettuate

- Individuazione delle aree di perdita e di guadagno
- Calcolo delle perdite di sedimento dal 2008 ad aprile 2010
- Estrazione dei profili e classificazione del grado di criticità
- Analisi delle variazioni a partire dal 2004
- Fotointerpretazione delle morfologie da impatto
- Rilievi GPS di controllo - settembre 2010 e gennaio 2011

## Individuazione delle aree in perdita e guadagno

Ottenuto dalla  
differenza tra i DSM  
Lidar del 2008 (PNT) e  
del 2010 (PC)

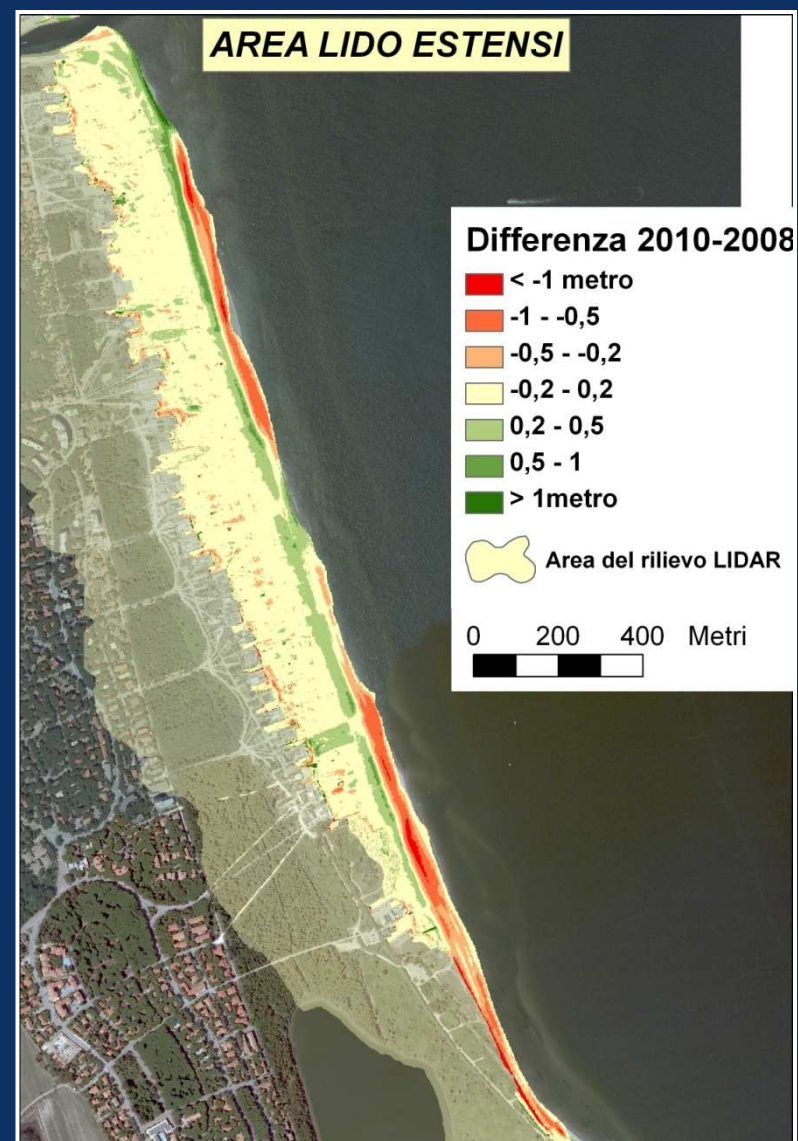
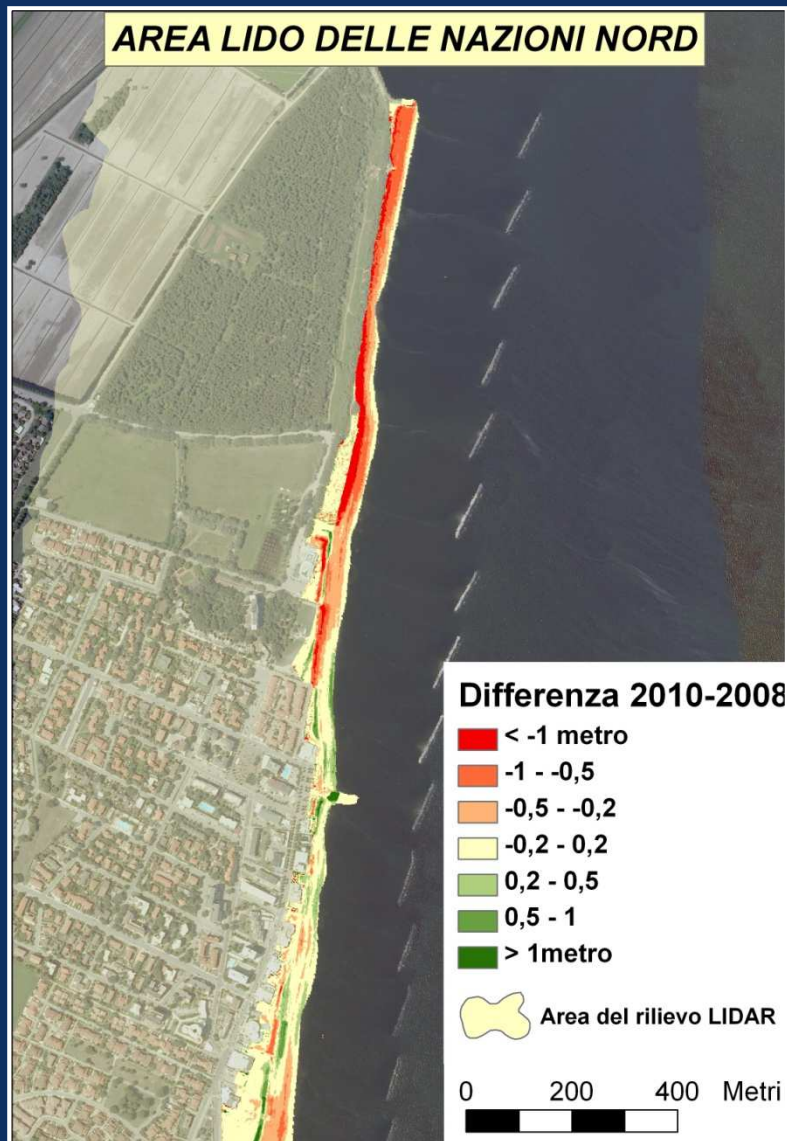
Identificazione delle zone  
maggiormente colpite e  
sulle quali approfondire  
le indagini





## Individuazione delle aree in perdita e guadagno

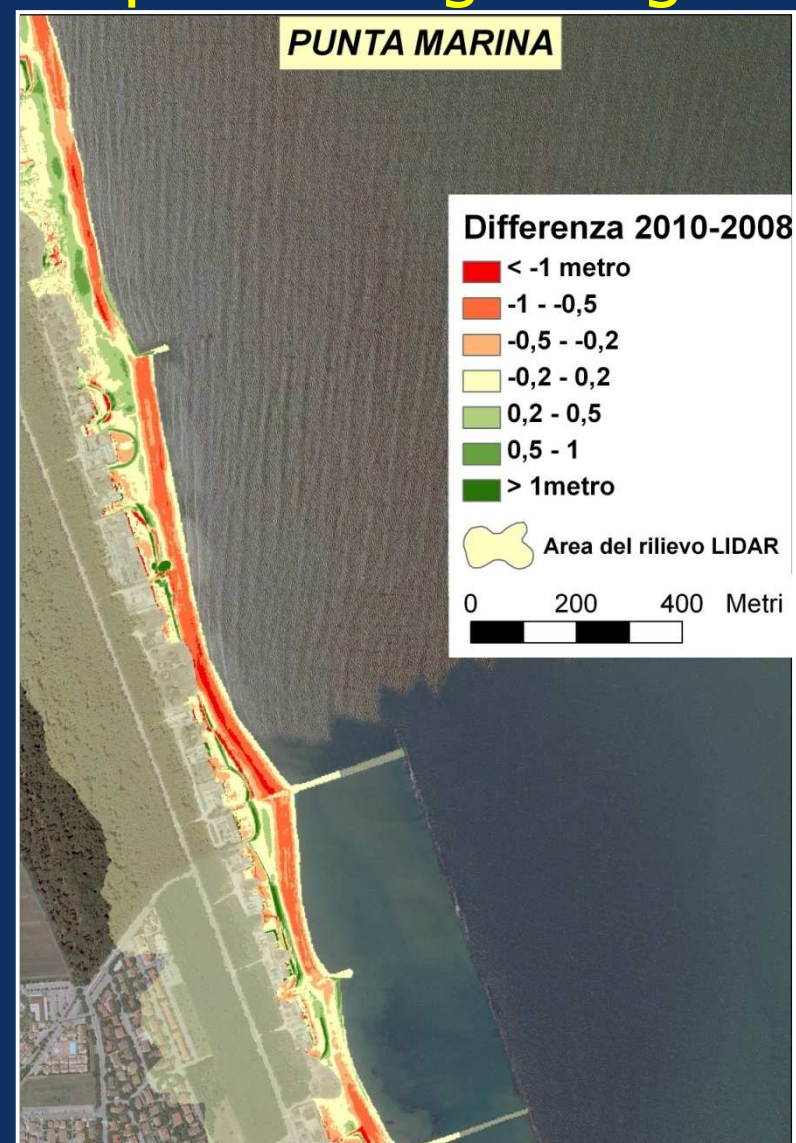
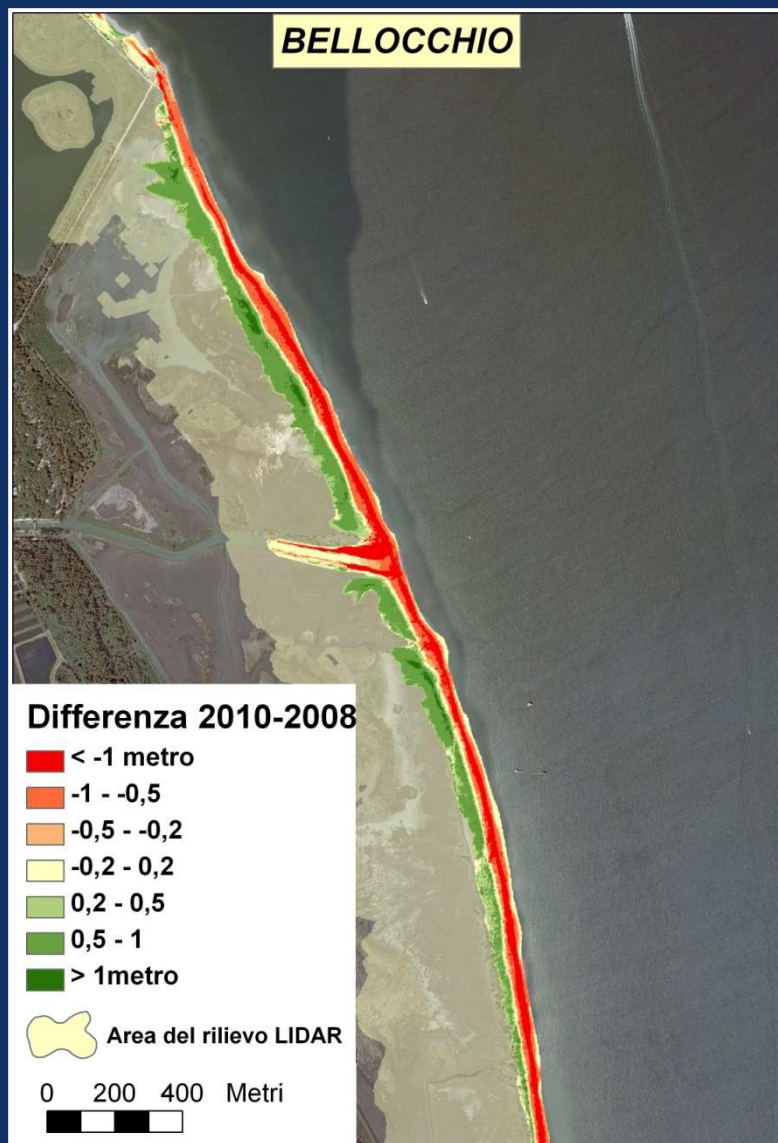
Ravenna 15 marzo 2011 Monitoraggio del sistema costiero in Emilia-Romagna





## Individuazione delle aree in perdita e guadagno

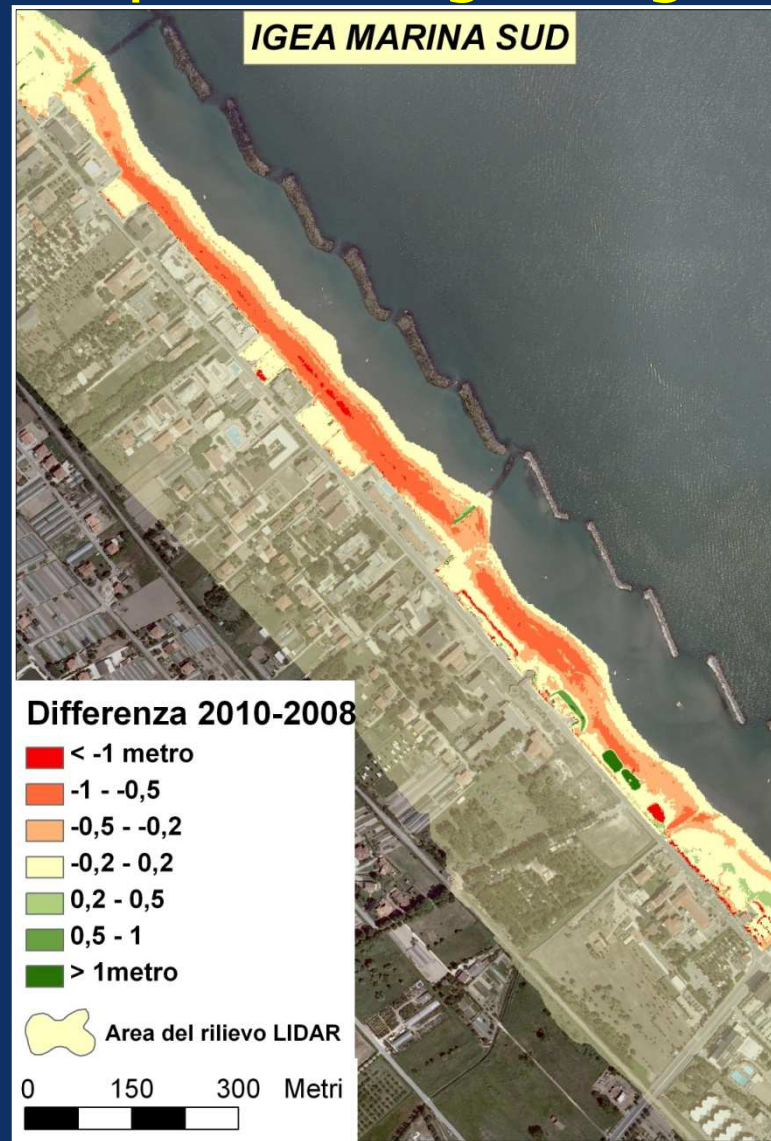
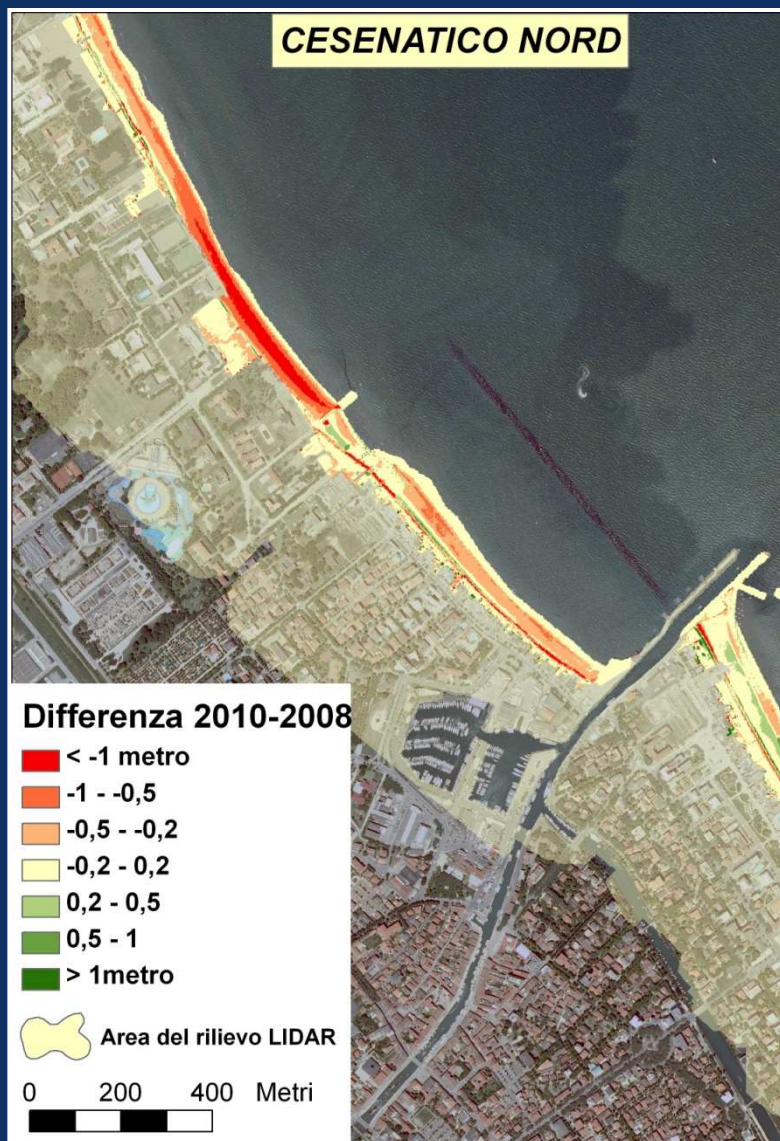
Ravenna 15 marzo 2011 Monitoraggio del sistema costiero in Emilia-Romagna





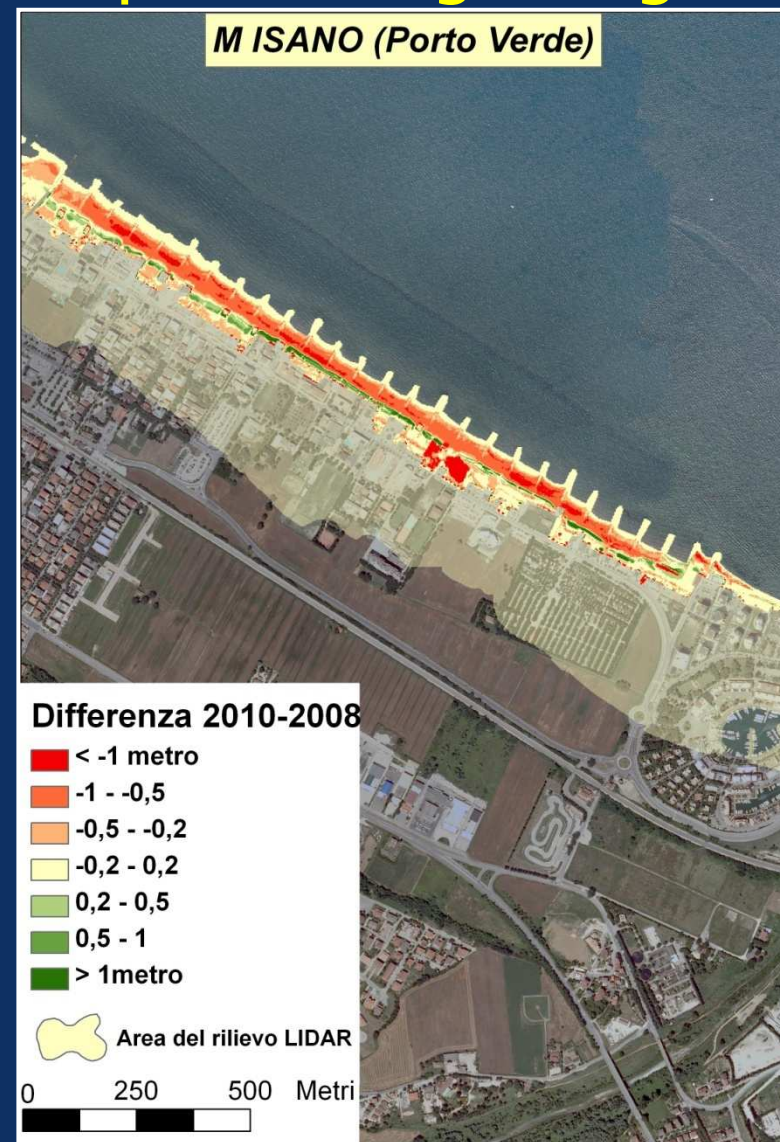
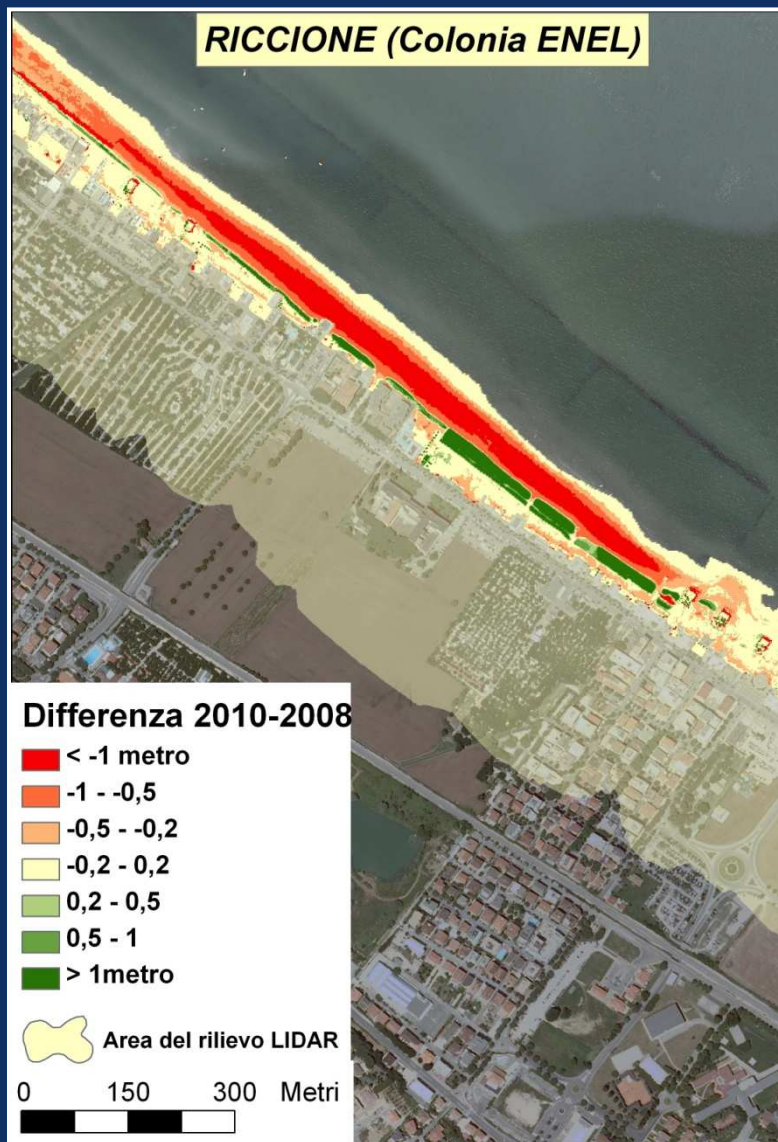
## Individuazione delle aree in perdita e guadagno

Ravenna 15 marzo 2011 Monitoraggio del sistema costiero in Emilia-Romagna

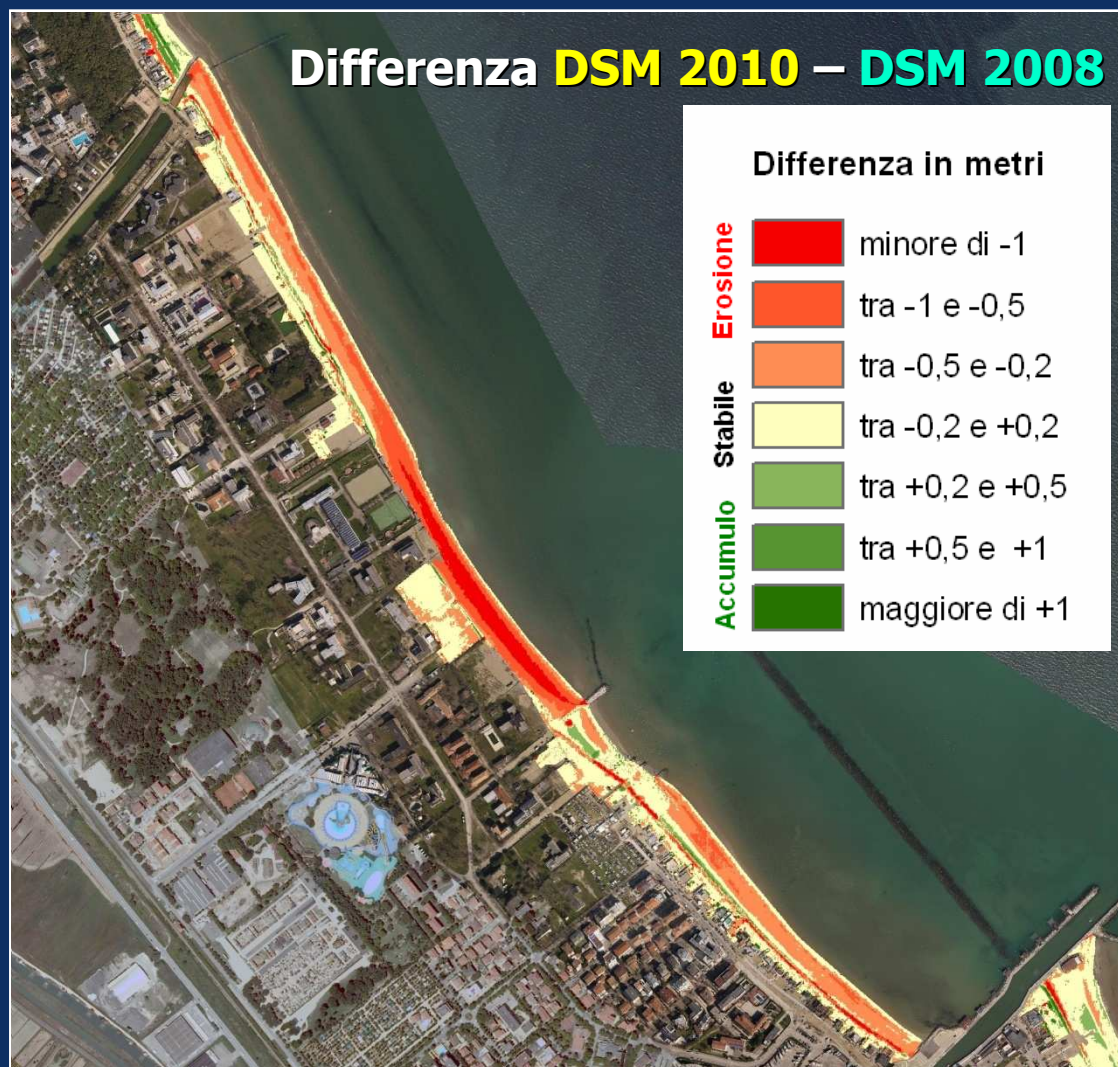




## Individuazione delle aree in perdita e guadagno



## Calcolo delle perdite di sedimento dal 2008 ad aprile 2010



1- Estrazione DSM 2008  
della spiaggia emersa

2- Estrazione DSM 2010  
della spiaggia emersa

3- Differenza (sottrazione)  
**DSM 2010 – DSM 2008**



## Calcolo dei volumi persi e/o guadagnati dal 2008 al 2010

	superficie totale	superficie erosione	Superficie accumulò	Volume erosione	Volume accumulò	Perdita superfici	Superfici (ha)	Pedita Volumi m3	PROVINCE
1-Cattolica	184892	139354	45538	-26852,984	6742,203	-9,4	-20111		RIMINI
2-Porto Verde	26360	23358	3002	-8819,176	1029,447	-2,0	-7790		
3-Misano	136464	112405	24059	-64865,211	12670,720	-8,8	-52194		
4-Riccione	380443	322101	58342	-134391,170	31083,750	-26,4	-103307		
5-Riccione Alba	188227	164045	24182	-55906,127	10078,338	-14,0	-45828		
6-Rimini Sud	1143377	908311	235066	-211787,138	46099,777	-67,3	-165687		
7-Rimini Nord	33571	18047	15524	-4501,636	4497,062	-0,3	-5		
8-Igea	268647	216795	51852	-71535,830	16662,210	-16,5	-54874		
9-Torre Pedrera	562671	330597	232074	-75549,485	52168,343	-9,9	-23381		
10-Bellaria	231645	176867	54778	-60496,590	17893,377	-12,2	-42603		
11-Cesenatico Sud	398986	276292	122694	-89294,511	41781,494	-15,4	-47513		CESENATICO
12-Cesenatico Nord	156197	135241	20956	-55172,999	5303,081	-11,4	-49870		
13-Cervia	585341	416142	169199	-111012,553	46831,857	-24,7	-64181		RAVENNA
14-Milano Marittima Sud	129403	84477	44926	-25487,565	9106,751	-4,0	-16381		
15-Milano Marittima Nord	153711	112679	41032	-41125,993	14212,888	-7,2	-26913		
16-Savio	122094	78490	43604	-19196,177	10681,865	-3,5	-8514		
17-Lido di Classe	197117	147887	49230	-38753,961	9607,742	-9,9	-29146		
18-Bevano Sud	254907	201071	53836	-58896,273	12869,576	-14,7	-46027		
19-Bevano Nord	163825	121266	42559	-56237,899	11953,917	-7,9	-44284		
20-Lido di Dante	38999	30042	8957	-12703,153	3707,036	-2,1	-8996		
21-Lido di Dante Nord	43115	22543	20572	-12544,662	7301,822	-0,2	-5243		
22-Fiumi Uniti	17485	11524	5961	-4384,717	1448,194	-0,6	-2937		
23-Lido Adriano	265961	147105	118856	-45255,782	32773,840	-2,8	-12482		FERRARA
24-Punta Marina	895025	354367	340658	-114634,671	86329,451	-1,4	-28305		
25-Porto Corsini	378226	224783	153443	-66882,006	40918,640	-7,1	-25963		
26-Casal Borsetti	165276	112451	52825	-34019,921	9730,763	-6,0	-24289		
27-Foce Reno	41318	34023	7295	-27363,079	2229,950	-2,7	-25133		
28-Bellocchio	431913	228836	203077	-184126,754	108937,311	-2,6	-75189		
29-Spina Sud	515805	261608	254197	-61678,903	50379,030	-0,7	-11300		
30-Spina Nord	423538	160063	263475	-22945,328	49090,376	10,3	26145		
31-Porto Garibaldi	680379	347745	332634	-105372,544	87256,051	-1,5	-48115		
32-Lido di Volano	382481	223784	158697	-76504,045	38338,821	-6,5	-28155		
<b>TOTALE</b>	<b>9397399</b>	<b>6144299</b>	<b>3253100</b>	<b>-1978299</b>	<b>879716</b>	<b>-289,1</b>	<b>- 1 098 583</b>		

**PROVINCIA**

**VOLUME PERSO**

**RIMINI**

**- 504 966 m³**

**CESENATICO**

**- 106 605 m³**

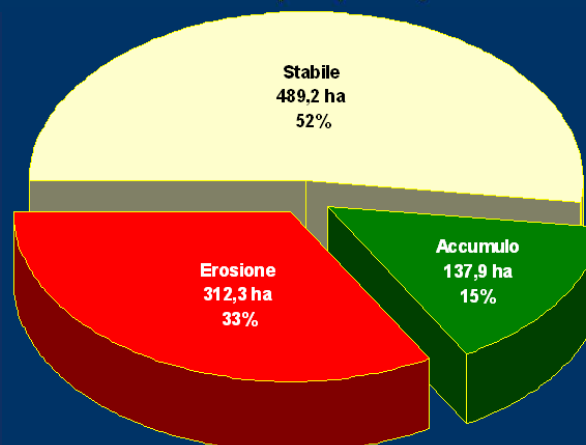
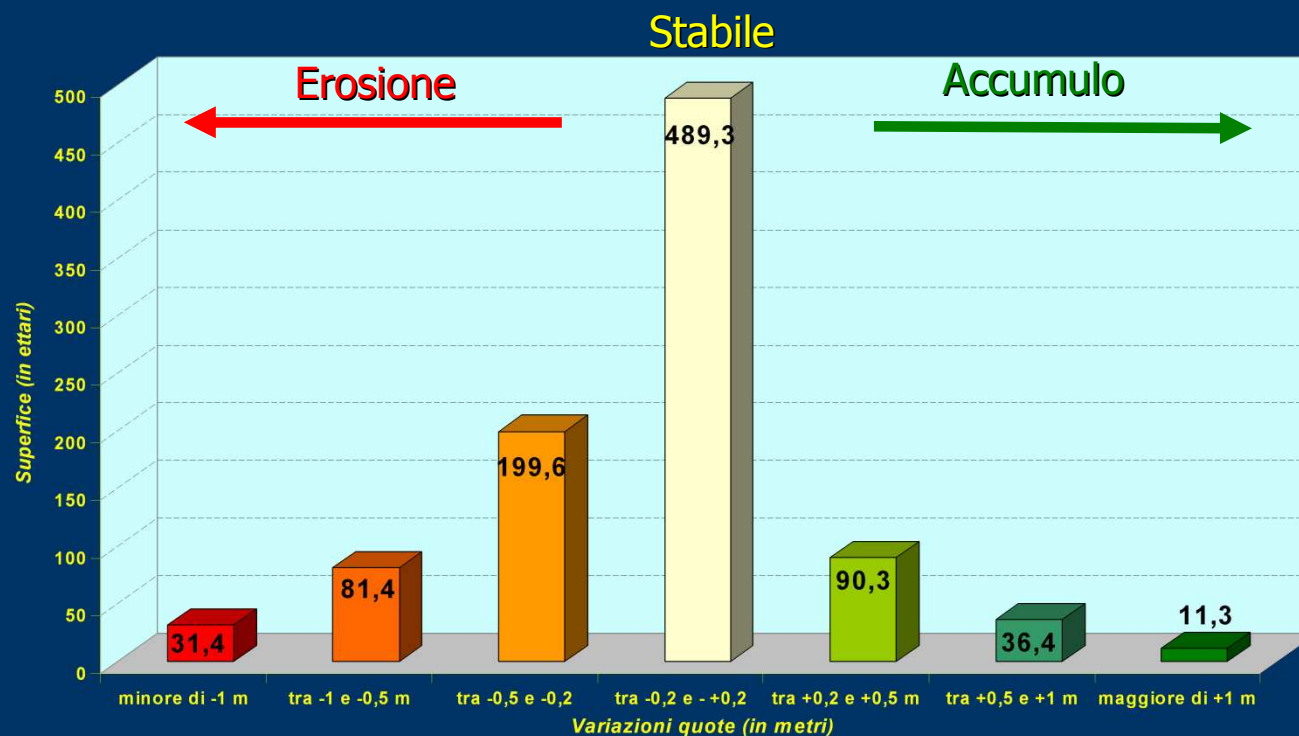
**RAVENNA**

**- 345 253 m³**

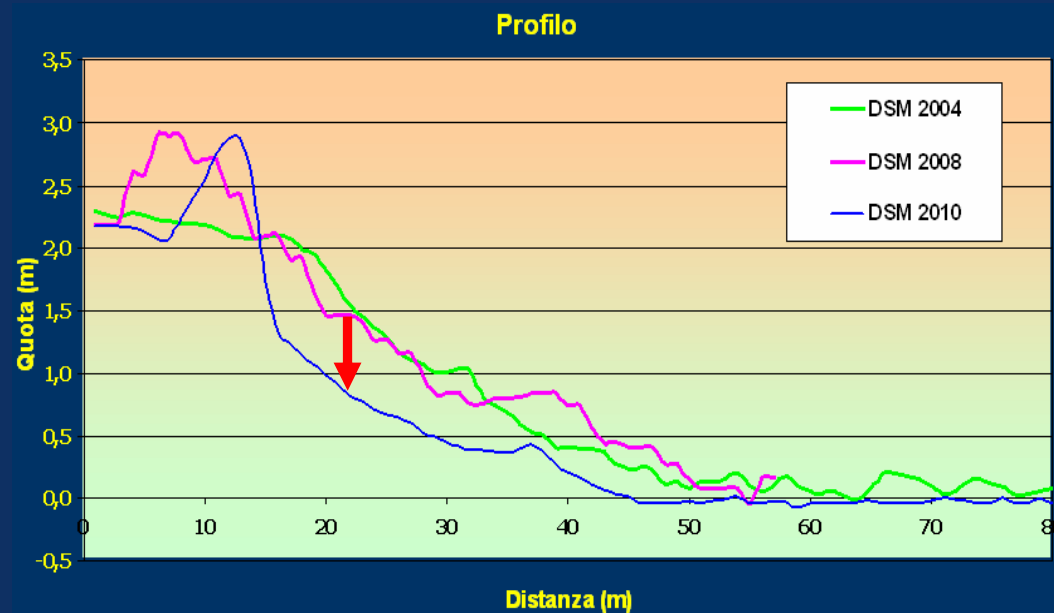
**FERRARA**

**- 141 759 m³**

## Calcolo delle superfici perse e/o guadagnate dal 2008 al 2010



# Estrazione profili e classificazione dei tratti critici



## RISULTATI

Su 105 km analizzati

Criticità bassa	48,4 km	verde
Criticità media	30,2 km	arancio
Criticità alta	26,4 km	rosso



## Zone a maggior impatto

Ravenna 15 marzo 2011 Monitoraggio del sistema costiero in Emilia-Romagna

Le zone più critiche in termini di erosione:

- Ferrara: Lido di Volano, Lido delle Nazioni e Lido di Spina sud
- Ravenna: Foce Reno, Punta Marina, Lido Adriano, Foce Bevano nord
- Cesenatico nord
- Riccione
- Misano

### Catalogo impatti mareggiate

#### Legenda

Erosione di spiaggia e duna  
numero di segnalazioni

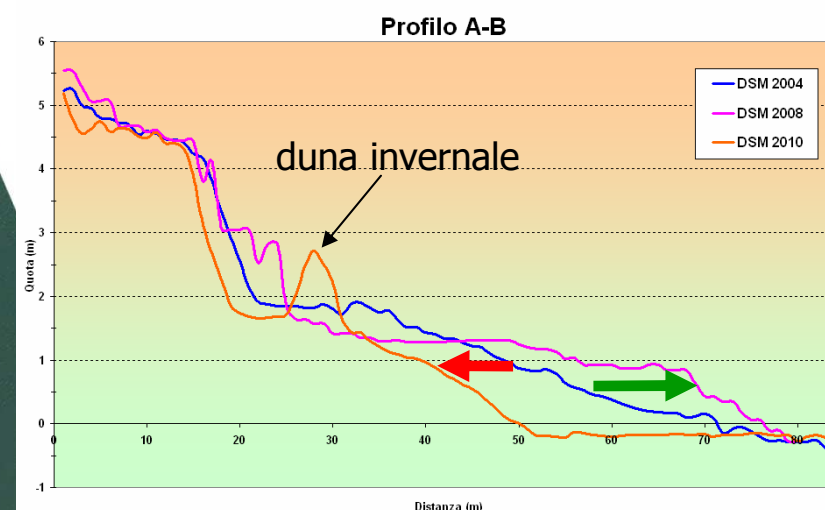
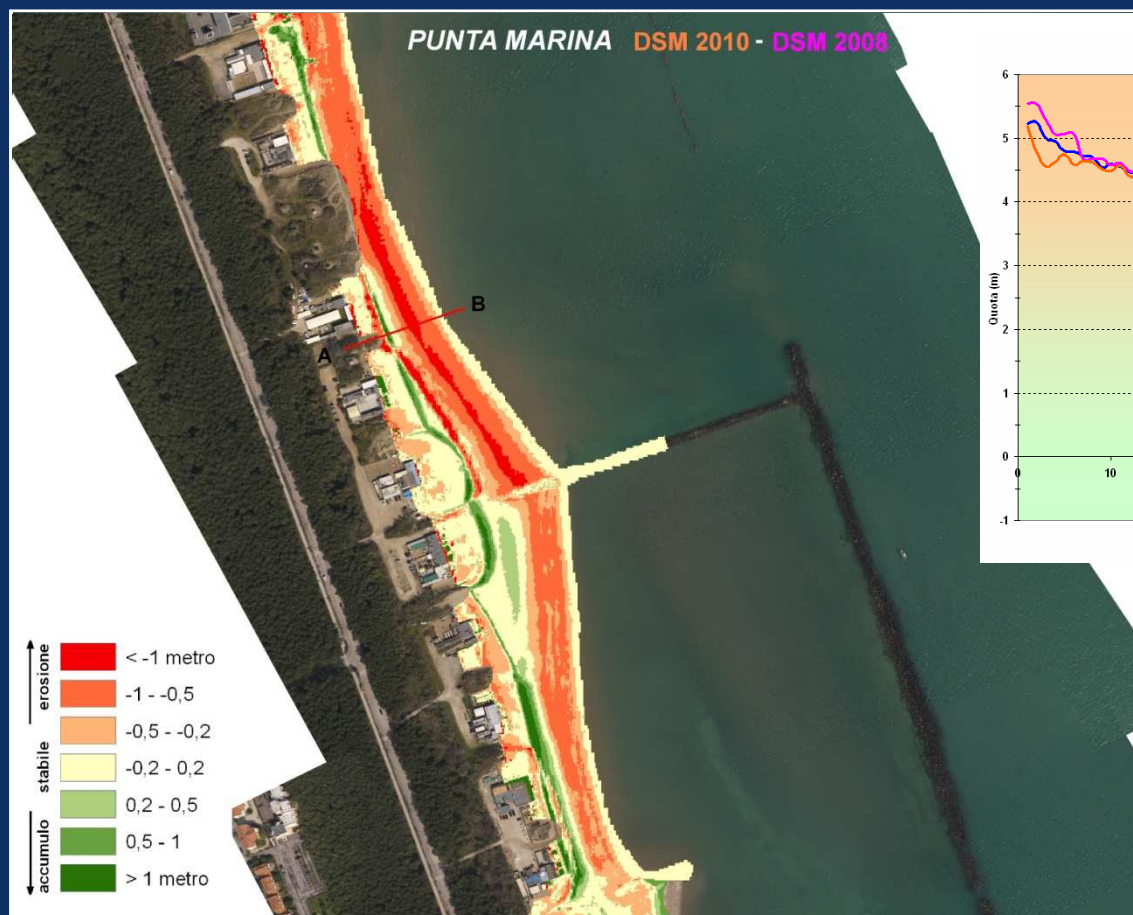
- 0 - 4
- 5 - 8
- 9 - 15
- 16 - 19

0 5 10 20  
Km

0 5 10 20  
Km

## Analisi delle variazioni della spiaggia a partire dal 2004

Ravenna 15 marzo 2011 Monitoraggio del sistema costiero in Emilia-Romagna



### Info DB Ripascimenti: cella 78

- 2000 • 2006
- 2001 • 2007
- 2002 • 2008
- 2003 • 2009
- 2004 • 2010

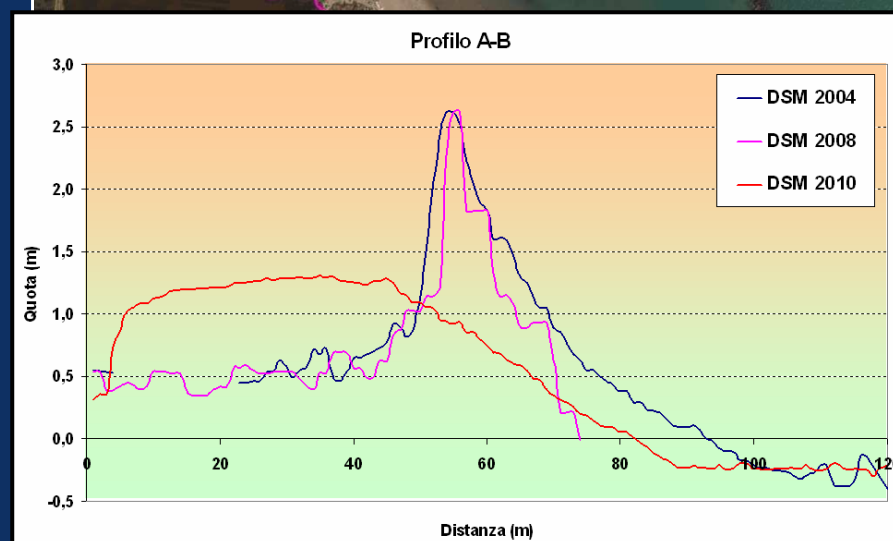
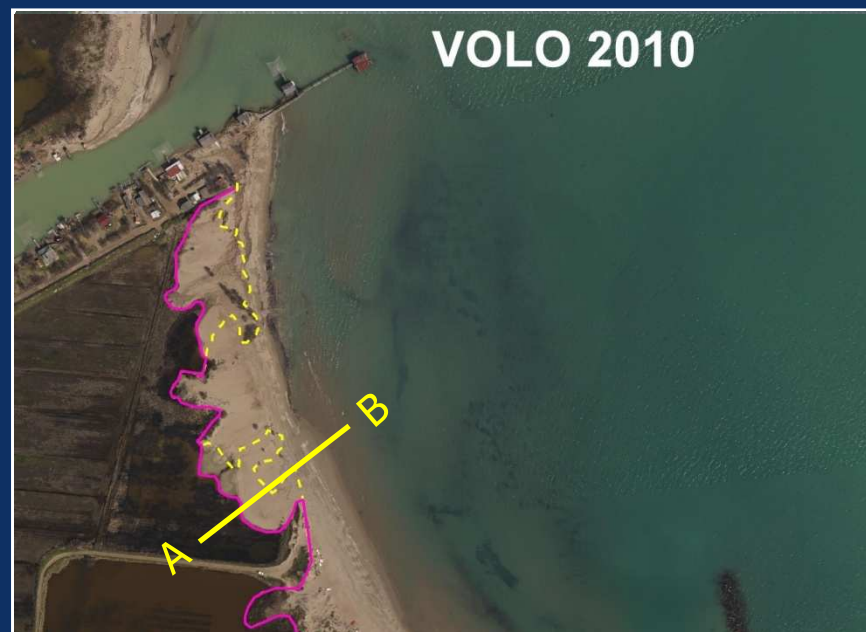
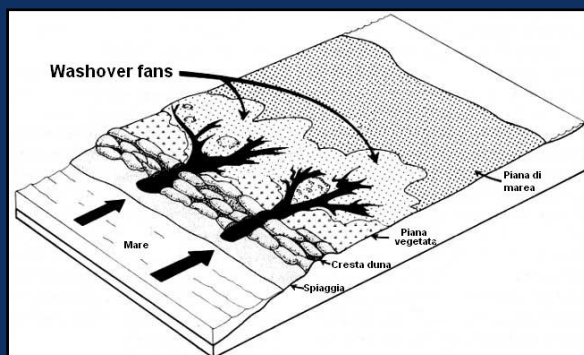
Essenziale il supporto dei diversi database contenuti nel Sistema informativo del Mare e della Costa



## Fotointerpretazione delle morfologie da impatto



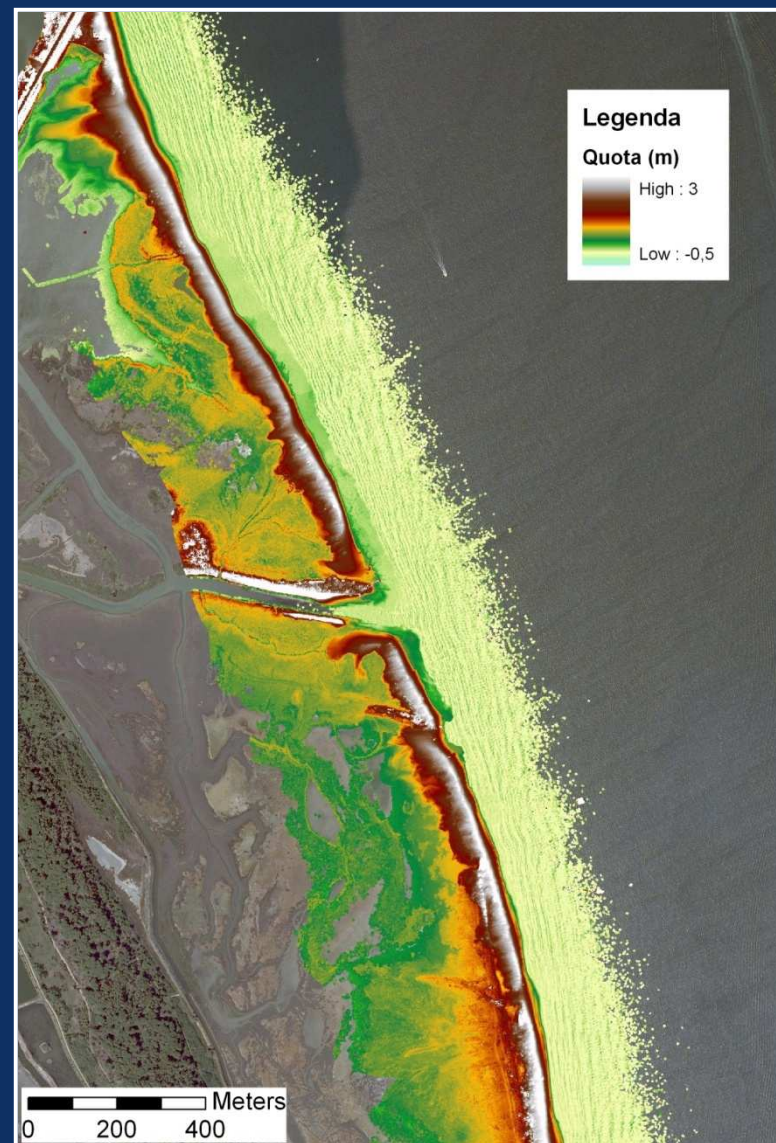
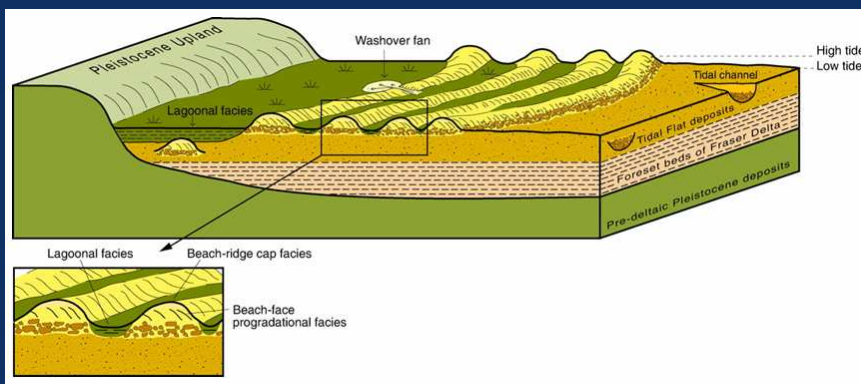
Washover fan: deposito da mareggiata con elevato run-up – tipicamente nel back-shore



## Fotointerpretazione delle morfologie da impatto



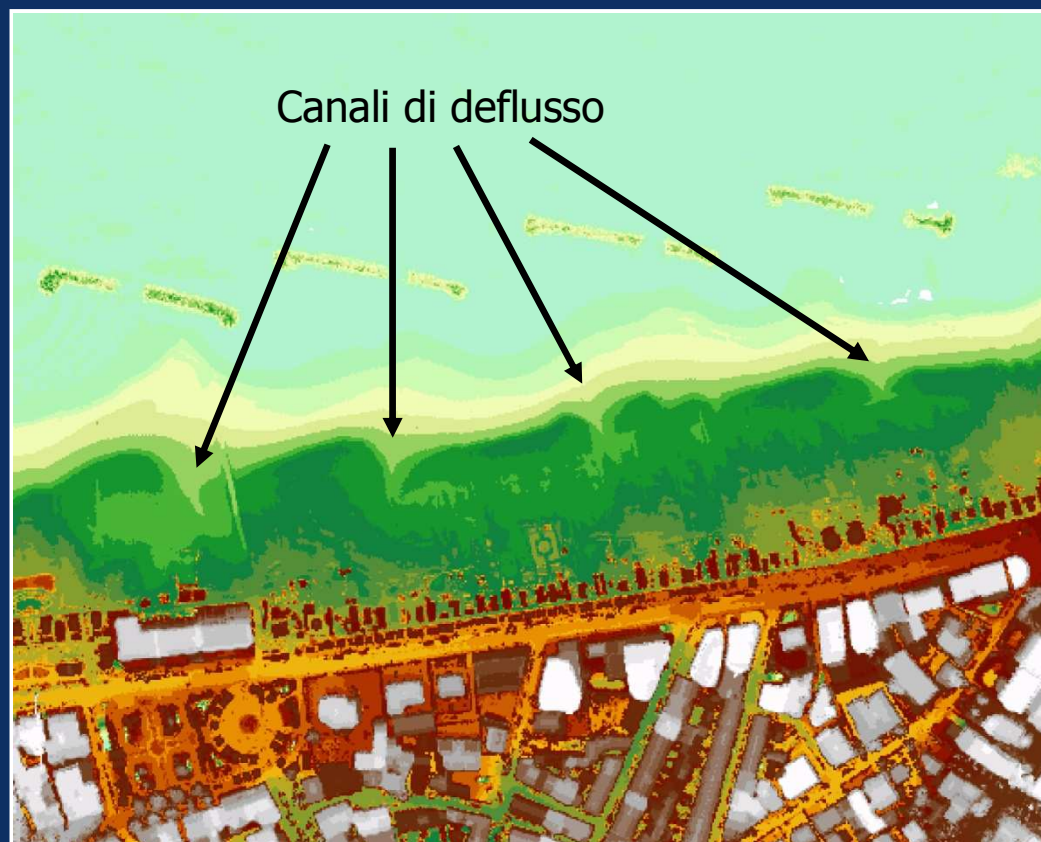
Beach ridge: deposito prodotta dalla mareggiata, parallelo alla linea di riva



## Fotointerpretazione delle morfologie da impatto

Morfologie da impatto
Ventaglio di Washover
Terrazzo di tempesta
Beach ridge
Spiaggia allagata
Canale di deflusso

Canali di deflusso: depressioni legate a un rapido deflusso dell'acqua



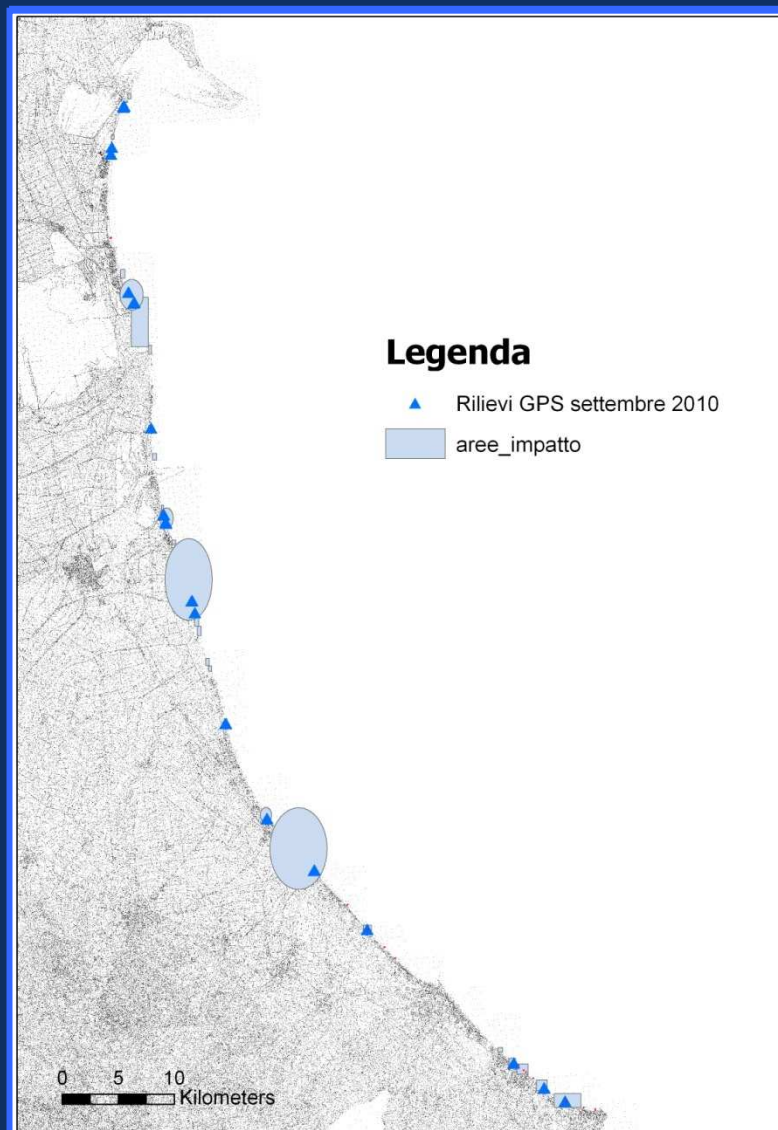


## Rilievi GPS di controllo: campagne settembre 2010 e gennaio 2011

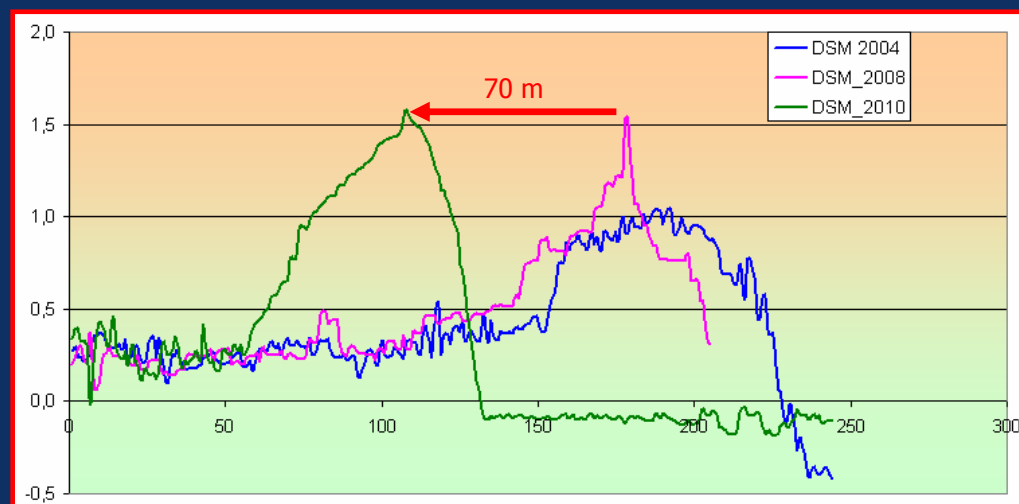
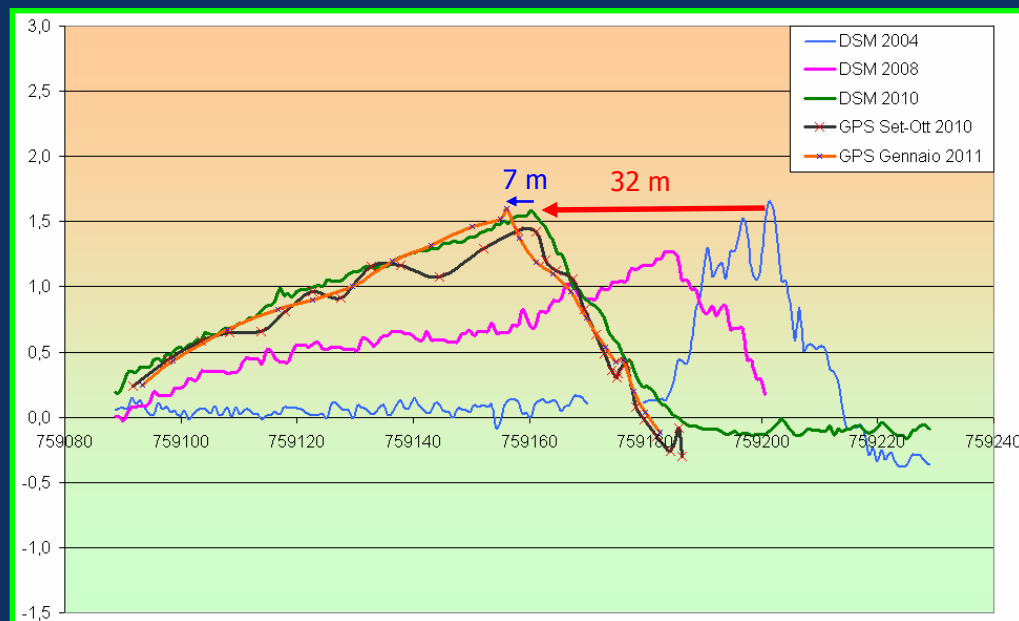
Creata una rete di controllo: 21 sezioni

Principali risultati del confronto:

- Molti profili registrano un ulteriore arretramento del fronte duna e abbassamento della spiaggia – soprattutto della porzione intertidale
- Alcuni profili, della costa centro-sud che a settembre avevano recuperato la perdita di sedimento grazie ad interventi di ripascimento o alla ridistribuzione della sabbia usata per la duna invernale, sono tornati alla condizione di marzo 2010
- non sono molto evidenti recuperi naturali della spiaggia



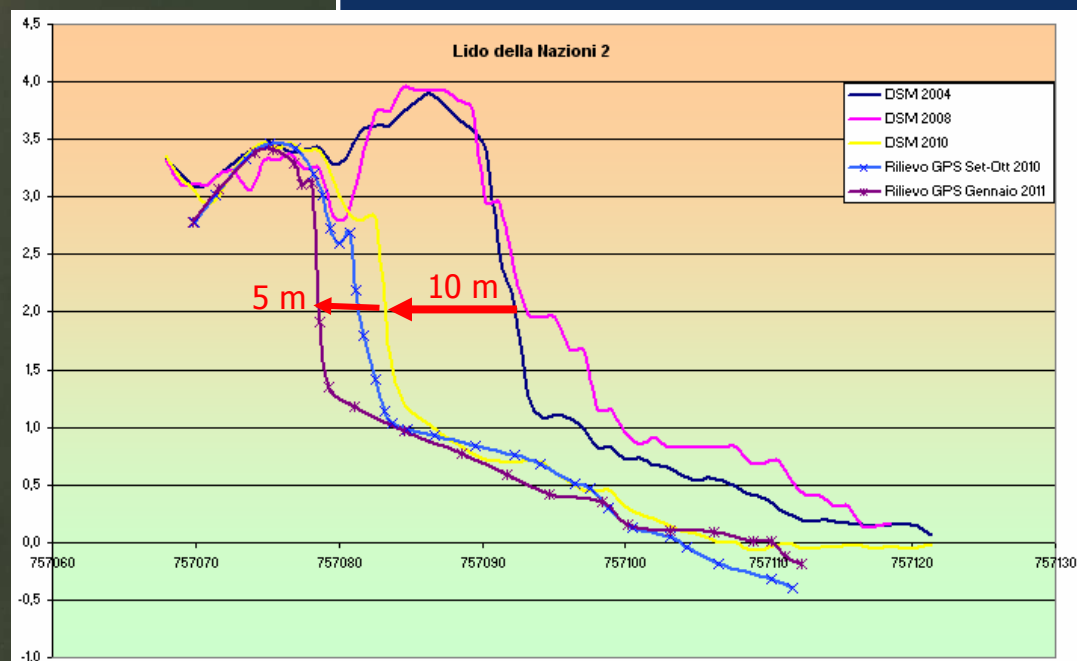
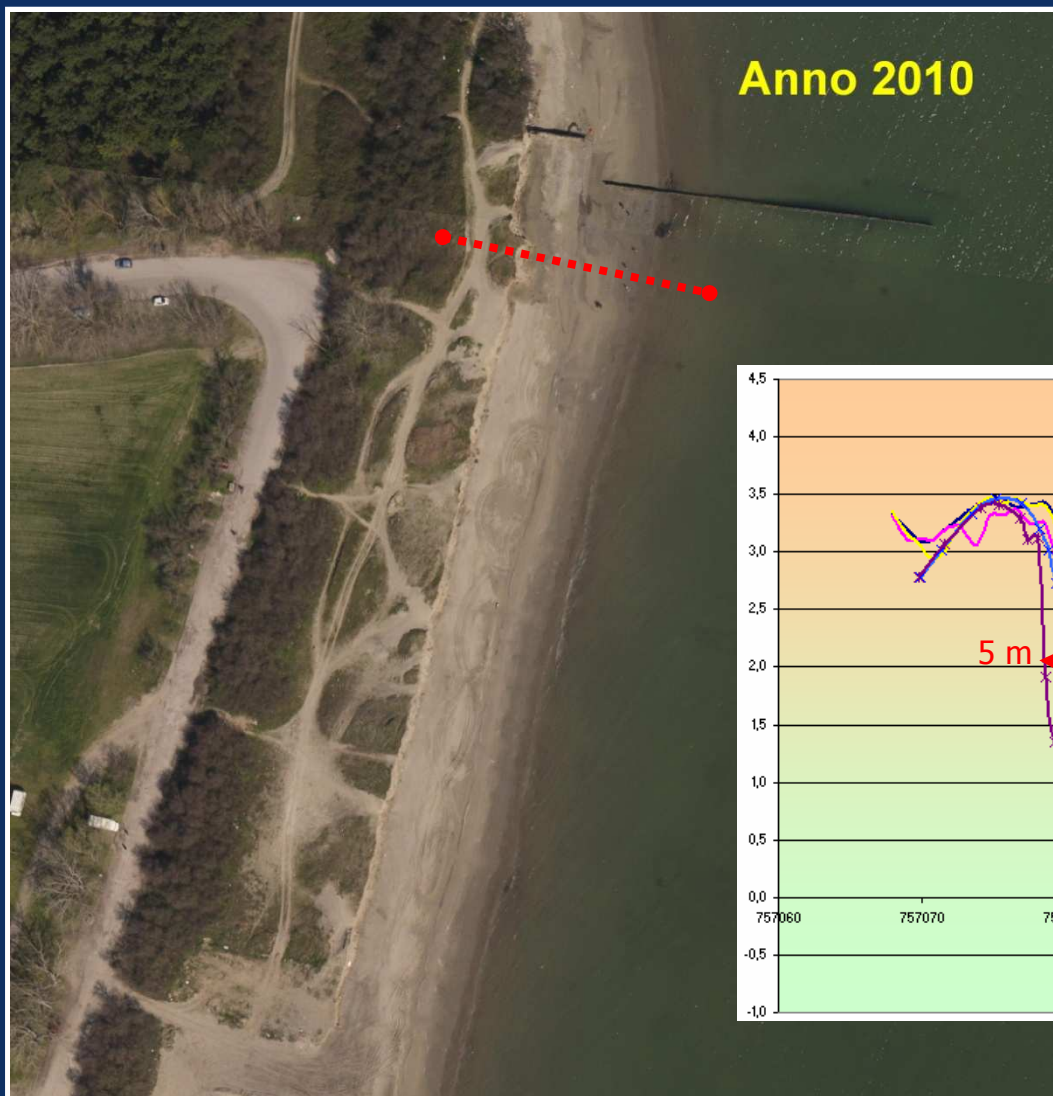
## Vene di Bellocchio



Fino a 70 m di arretramento del sistema spiaggia in 2 anni

## Lido Nazioni

Ravenna 15 marzo 2011 Monitoraggio del sistema costiero in Emilia-Romagna





## Conclusioni

Il monitoraggio del territorio per la gestione dei rischi naturali necessita di efficaci tecniche ricognitive e di strumenti di analisi che gestiscano contestualmente tutte le informazioni.

Per questo il SGSS-RER sta rafforzando il '**Sistema Informativo del Mare e della Costa**' affinché possa essere uno strumento chiave di supporto ai processi decisionali di pianificazione territoriale e della progettazione degli interventi.

In esso è stata creata una nuova sezione dedicata all'osservazione **dell'impatto delle mareggiate**, che integra l'uso di **tecniche di telerilevamento** (es. Lidar) e i rilievi di terreno (con tecniche GPS).

L'obiettivo futuro è quello di **dare continuità al monitoraggio, di potenziare la rete delle stazioni di misura e acquisire nuovi dati**

Questa attività anticipa inoltre anche alcuni requisiti della direttiva 2007/60 CE e dal dgl. 49/2010 per quel che riguarda la parte relativa ai piani di gestione

***Grazie per l'attenzione***

