

ALBERTO ANTONIAZZI

**l'erosione marina nel litorale
fra CERVIA e PESARO**

A CURA DELLA CAMERA DI COMMERCIO, INDUSTRIA
ARTIGIANATO E AGRICOLTURA DI FORLÌ

8/5 2/4

ALBERTO ANTONIAZZI

L'EROSIONE MARINA NEL LITORALE TRA CERVIA E PESARO

A CURA DELLA CAMERA DI COMMERCIO, INDUSTRIA,
ARTIGIANATO E AGRICOLTURA - FORLÌ

Disegni :

Renata Barbieri
Pier Giuseppe Gardelli

Copertina :

Mauro Gaudenzi

Tipografia Moderna F.lli Zauli - Castrocaro Terme - Febbraio 1976

Alla memoria del Dott. EVERARDO BOATTINI
amico fraterno immaturamente scomparso
ricordando i giorni sereni e operosi
quando raccoglievamo campioni e misure
lungo la spiaggia.

PRESENTAZIONE

La Camera di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura di Forlì, in relazione al continuo aggravarsi del fenomeno dell'erosione marina ed al grave pregiudizio che questo arreca al mantenimento dell'elevatissimo livello di sviluppo turistico raggiunto dalla riviera romagnola, fin dal 1965, si fece promotrice di un organico programma di ricerche sulle cause del fenomeno e sui possibili rimedi, al fine di conseguire :

- la prevenzione dall'erosione marina dei tratti di spiaggia non ancora colpiti e il miglioramento di quelli impoveriti;*
- la manutenzione e il miglioramento dei porti locali ad uso peschereccio e turistico.*

A tale scopo fu costituito un apposito Comitato, al quale furono chiamati a far parte, vari tecnici, rappresentanti di Enti locali, fra i quali, oltre all'Ente Camerale, l'Ente Provinciale per il Turismo, l'Amministrazione Provinciale, il Comune di Rimini, nonché il Genio Civile Opere Marittime di Ravenna.

Lo schema delle ricerche, formulato dal Prof. Alberto Antoniazzi, coordinatore delle stesse e adottato dal Comitato prevedeva un programma in tre fasi successive :

- la prima fase concernente la raccolta e l'elaborazione dei dati facilmente reperibili o rapidamente rilevabili in modo da ottenere un quadro, il più possibile organico, accurato ed aggiornato della situazione del litorale romagnolo;*
- la seconda fase, riguardante la raccolta e l'elaborazione dei dati necessari alla progettazione di un coordinato sistema di opere e di interventi difensivi lungo la costa, articolata in due tempi :*
 - 1) un primo tempo consistente nel rilevamento e nella elaborazione di ulteriori dati fondamentali volti, oltre che ad offrire una analisi della dinamica e delle cause del fenomeno ed alcune indicazioni operative per farvi fronte, a coprire le lacune conoscitive emerse dalla prima fase dello studio specie in vista della predisposizione di modelli di laboratorio e dell'allestimento di un servizio basato su strumenti talassografici diretti a fornire un permanente afflusso di dati quantitativi sulla dinamica e l'entità dei fenomeni costieri connessi all'erosione;*
 - 2) un secondo tempo, consistente nella realizzazione di modelli e nell'allestimento del servizio sopra richiamato;*
- la terza fase, infine, con la predisposizione e la realizzazione di un progetto organico di difesa e di sistemazione del litorale.*

La presente monografia, sintetizza i risultati della ricerca svolta fino al completamento del primo tempo della seconda fase. E' ovvio che la realizzazione del programma successivo fino alla progettazione ed alla esecuzione di un sistema organico di opere interessante l'in-

tera costa considerata, richiede uno sforzo, sotto l'aspetto tecnico e finanziario che non può essere affrontato se non con una iniziativa associativa di tutti gli enti locali interessati, che si avvalga del sostegno indispensabile della nostra Regione.

Lo studio qui presentato, lungi dall'essere una meta, costituisce, pertanto, il presupposto di un più vasto impegno tendente a dare una soluzione permanente al grave fenomeno, che rappresenta una costante preoccupazione di quanti operano lungo la nostra riviera.

Ringrazio vivamente i Componenti del Comitato, il suo Presidente Giancarlo D' Orazio e tutti gli uffici ed enti che hanno dato la propria collaborazione.

Mi è gradito, inoltre, rivolgere un particolare e doveroso ringraziamento al Prof. Antoniazzi che ha direttamente impostato ed eseguito la complessa ed impegnativa ricerca e predisposto con chiarezza e competenza lo studio che viene oggi posto a disposizione della Regione e degli enti locali, degli operatori e dei tecnici interessati, quale base di riferimento fondamentale, finora mancata, per ogni iniziativa diretta a promuovere una organica soluzione del problema, nell'interesse dell'economia romagnola e regionale.

Forlì, Febbraio 1976.

IL PRESIDENTE
Prof. Lorenzo Cappelli

1. - INTRODUZIONE

Il turismo balneare incide in misura fondamentale nella vita economica e sociale della provincia di Forlì e rappresenta la risorsa fondamentale delle popolazioni della riviera. Il tratto costiero esteso da Cesenatico a Cattolica è, infatti, meta di un flusso turistico imponente, che nel dopoguerra ha rivelato un ritmo di sviluppo superiore ad ogni altra zona della penisola. Questo ha determinato la costituzione di un patrimonio di oltre 81.000 camere, delle quali oltre 41.000 alberghiere, pari quasi al 98% delle camere disponibili negli alberghi, pensioni e locande dell'intera provincia di Forlì. Si tratta di un patrimonio alberghiero di rilievo anche su scala nazionale e un tentativo di stima del capitale investito fa raggiungere cifre vertiginose.

Dal punto di vista commerciale è rilevabile il fatto che oltre il 48% delle licenze di commercio fisso e ambulante e per pubblici esercizi della provincia di Forlì riguarda i comuni della riviera. Attribuendo, poi, alle popolazioni dei comuni lungo la spiaggia gli stessi consumi per persona riscontrati nel comune di Forlì ed attribuendo ai turisti i maggiori consumi riscontrati nell'area litoranea si ha che, ad esempio, il turismo assorbe il 28% del totale annuo dei consumi di carne nella provincia di Forlì; il 40% del consumo di liquori e il 44% dei consumi di vino e di bevande non alcoliche.

La stessa popolazione dei comuni del litorale forlivese ha subito nel decennio 1958-1968 un incremento di oltre 47.000 unità, un incremento quasi uguale a quello verificatosi, nello stesso periodo, nell'intero territorio provinciale. Questo ha fatto sì che la popolazione resi-

dente nei comuni della riviera passasse dal 28 al 34% del totale provinciale.

L'incidenza del turismo balneare sull'economia della provincia di Forlì è, quindi, determinante sia per l'apporto di valuta nazionale ed estera, sia come mercato di sbocco di produzioni agricole ed industriali locali e nazionali, sia a causa dell'assorbimento di manodopera.

Quanto esposto fa chiaramente intendere il valore dei tre chilometri quadrati scarsi di spiaggia emersa utilizzata o utilizzabile a scopo balneare, distribuiti come una fascia continua, ma di profondità variabile, lungo i quasi 43 chilometri del litorale forlivese. Spiega inoltre perchè nel dopoguerra, in concomitanza con l'aggravarsi, l'estendersi e lo spostarsi dei fenomeni di erosione marina nel litorale forlivese, fiorirono, generalmente con prospettive molto particolaristiche, iniziative locali per realizzare opere di difesa e, qualche volta, per promuovere studi sulle cause dei fatti lamentati. Contemporaneamente si accesero polemiche circa gli effetti che le opere costruite o progettate su un tratto di costa avevano provocato o potevano provocare nei tratti limitrofi. Vi furono anche iniziative di maggior respiro, come quella presa a Cesenatico nel 1963, che portò alla costituzione di un « Comitato per la difesa del litorale romagnolo-marchigiano » tendente a superare i particolarismi e ad impostare lo studio e la difesa delle spiagge emerse in modo unitario e armonico. Queste iniziative non riuscirono che in minima parte a conseguire le mete proposte, tuttavia sensibilizzarono l'opinione pubblica e gli enti al problema.

Nell'Aprile del 1965 la Camera di Com-

mercio, Industria, Artigianato e Agricoltura di Forlì si fece promotrice di un Comitato con lo scopo di promuovere un organico programma di ricerche sulle cause del fenomeno, in continuo aggravamento, delle erosioni marine e sui possibili rimedi, al fine di conseguire :

- la prevenzione dall'erosione marina dei tratti di spiaggia non ancora colpiti e il miglioramento di quelli impoveriti;*
- la manutenzione e il miglioramento dei porti locali ad uso peschereccio e turistico.*

Di tale Comitato furono chiamati a far parte, vari tecnici, rappresentanti di Enti locali, fra i quali oltre all'Ente Camerale, l'Ente Provinciale per il Turismo, l'Amministrazione Provinciale, il Comune di Rimini, nonchè il Genio Civile Opere Marittime di Ravenna. Il Comitato, dopo alcune riunioni iniziali, che servirono per impostare correttamente la propria azione, ai cui lavori aveva presenziato anche il compianto prof. Umberto Toschi, direttore dell'Istituto di Geografia dell'Università di Bologna, affidò al prof. Tino Lipparini l'incarico di una prima indagine. I risultati di questa ricerca furono esposti, verso la fine dell'estate del 1965 in una relazione preliminare, nella quale: veniva sottolineata la sostanziale validità delle conclusioni raggiunte dal Borghi nel 1938, e cioè che la causa principale dell'erosione marina era da ricercarsi nella costruzione o nel prolungamento dei moli portuali, che hanno alterato la libera evoluzione della linea di spiaggia provocando accumuli di materiali sulla destra di tali opere e perdite delle spiagge sulla sinistra; venivano esaminati i risultati conseguiti dalle varie opere di difesa sperimentate lun-

go la costa; veniva proposta, infine, la ripetizione delle misure topografiche effettuate dal Borghi nel 1938 per valutare le successive variazioni della spiaggia.

Dopo questa attività iniziale, per difficoltà di vario genere, i lavori del Comitato procedettero assai lentamente fino a che le violente mareggiate del novembre 1966, e i loro effetti sugli arenili e sulle opere litoranee nel Forlivese, non posero nuovamente in primo piano i problemi dell'erosione marina.

Il prof. Tino Lipparini, non potendo partecipare per vari impegni improrogabili ai lavori del Comitato, molto gentilmente, fece il nome dello scrivente per proporre ulteriori indagini per uno studio approfondito dei fenomeni di erosione marina. Fu così formulato un programma di ricerche, adottato dal Comitato, che si proponeva principalmente di puntualizzare: a) i lineamenti geomorfologici fondamentali della costa; b) il dinamismo atmosferico e talassografico che caratterizza il litorale; c) le variazioni progressive della linea di spiaggia; d) il movimento dei materiali lungo la spiaggia; e) le cause delle variazioni in atto.

La prima lacuna da cercare di colmare era rappresentata dalla mancanza di ampie, prolungate e metodiche raccolte di dati sulle caratteristiche e sui fenomeni che concorrono alla conservazione e alle variazioni della situazione della spiaggia. Questo impediva, ad esempio, di valutare le dimensioni reali delle variazioni della linea di spiaggia, di conoscere se vi erano state delle modifiche sostanziali nel profilo sottomarino della spiaggia ecc.

Era, inoltre, chiaro che non tutti i vari e complessi fenomeni, che con la loro interdipendenza concorrono a determinare, a mantenere e a far variare la linea di costa, sono facili da osservare e da precisare; e che gli studi per ottenerli in genere, sono lunghi e devono tener conto di tutti i fattori in gioco. Infatti i principali dinamismi che concorrono alla conservazione e alla variazione della situazione della spiaggia sono atmosferici, talassografici litosferici e antropici.

Il problema, quindi, doveva essere affrontato ad un tempo con una visione geografica, che mantenesse chiaro il quadro generale delle conoscenze e il valore specifico di ciascun fattore operante, e con indagini specialistiche che cercassero rapidamente di colmare le più gravi mancanze di dati sulla situazione del litorale.

Si trattava, in particolare, di raccogliere ed elaborare i dati esistenti, dispersi in varie pubblicazioni, uffici ecc.; di favorire la pubblicazione di studi sulla situazione; di promuovere ricerche specifiche; di mantenere un quadro aggiornato di quanto veniva via via acquisito sulla spiaggia sia ad opera delle iniziative locali, sia attraverso l'attività di altri ricercatori.

Circa la realizzazione di queste attività e la pratica utilizzazione dei dati acquisiti nella sistemazione della costa, fu deciso di attuare un programma in tre fasi successive, delle quali:

- la prima concernente la raccolta e l'elaborazione dei dati facilmente reperibili o rapidamente rilevabili in modo da ottenere un quadro, il più possibile organico, accurato ed aggiornato della situazione del litorale forlivese;
- la seconda riguardante la raccolta e l'elaborazione dei dati necessari alla progettazione di un coordinato sistema di opere e di interventi difensivi lungo la costa forlivese;
- la terza, infine, con la realizzazione di un progetto organico di difesa e di sistemazione del litorale.

Nel dicembre del 1966 fu affidato allo scrivente, dalla Camera di Commercio forlivese il compito di coordinare le indagini sull'erosione marina. La messe di materiali raccolta, mediante una serie di richieste ad Enti, Istituti specializzati, Comuni ecc. fu veramente abbondante ed imprevista e concerneva pubblicazioni, studi, foto aeree, rilievi aerofotogrammetrici, relazioni idrauliche, progetti di difesa, stati d'opere ecc. Una prima relazione sul materiale raccolto fu svolta nel febbraio 1967 durante una riunione del Comitato presso la sede camerale di Forlì.

Un ulteriore contributo all'unitarietà e all'organicità degli studi sull'erosione marina nel litorale forlivese venne dal coordinamento tra l'attività di questo Comitato, presieduto da Giancarlo D' Orazio, e le analoghe ricerche promosse dall'Ente Provinciale per il Turismo di Forlì ed affidate al Laboratorio Idraulico di Delft (Olanda). Questo permise di approfondire l'esame dei problemi del litorale forlivese con l'ing. E. W. Bijker, già vicediretto-

tore del Laboratorio Idraulico di Delft ed oggi docente di ingegneria costiera presso l'Università di Delft, e con altri tecnici olandesi.

La prima delle tre fasi del programma del Comitato si è conclusa con la presentazione, nel giugno del 1967, della relazione dello scrivente: L'erosione marina nel litorale forlivese. Conoscenze attuali. Prime ipotesi sul fenomeno. Un programma di studi, successivamente pubblicata a cura dell'Ente camerale, e della relazione preliminare del Laboratorio Idraulico di Delft, pervenuta all'Ente Provinciale per il Turismo di Forlì nella seconda metà del 1968, della quale lo scrivente è stato autorizzato, dal Presidente dell'E.P.T. Mario Parì, a rendere di pubblica ragione gli elementi essenziali durante il Convegno di studi romagnoli tenutosi a Cesenatico nel 1969. Le due relazioni si sono rivelate complementari ed integrative. Nella prima figura una sintesi degli elementi raccolti e un quadro d'assieme della situazione tendente ad indicare i limiti delle conoscenze disponibili e ad impostare concretamente le fasi successive del programma di studi, di ricerche e di progettazioni per la difesa e la sistemazione della spiaggia; nella seconda era presentata una interessante elaborazione tecnica dei dati disponibili ed alcune indicazioni determinanti per lo sviluppo delle ulteriori ricerche.

Il presente lavoro si propone di fornire un quadro sintetico delle conoscenze attuali sul litorale in esame, quale risulta sia dalla particolare ricchezza di nuovi studi, sia dalla realizzazione di una notevole parte della seconda fase del programma di ricerche citato.

Prima di iniziare l'esposizione esprimo i ringraziamenti più sentiti al Gr. Uff. Evaristo Zambelli, che nella sua qualità di Presidente della Camera di Commercio di Forlì volle questo lavoro e lo seguì con grande interesse fino dagli inizi. Un debito di riconoscenza ugualmente sentito va al prof. Lorenzo Cappelli, attuale Presidente della Camera di Commercio di Forlì, che ha appoggiato e voluto la prosecuzione di questo studio, e ai dirigenti dell'Ente Camerale dott. Giovanni Foschi e dott. Luciano Castrucci.

Con gratitudine è da ricordare che sono stati di particolare importanza i dati e le indicazioni fornite dalle Aziende Autonome di Soggiorno e Turismo della Riviera Forlivese; dalla Camera di Commercio di Forlì; dai Co-

muni di Cattolica, Misano Adriatico, Riccione, Rimini, Bellaria, S. Mauro Pascoli, Savignano, Gatteo, Cesenatico, Cervia; dal Comune di Pesaro; dal Genio Civile Opere Marittime di Ravenna; dal Museum British School di Roma; dalla Provincia di Forlì; dal Servizio Idrografico del Genio Civile di Bologna; dal Servizio Meteorologico dell' Aeronautica Militare; dall' Istituto Idrografico della Marina di Genova; dagli Uffici Tecnici Erariali di Forlì, Pesaro e Ravenna; dall' Istituto Geografico

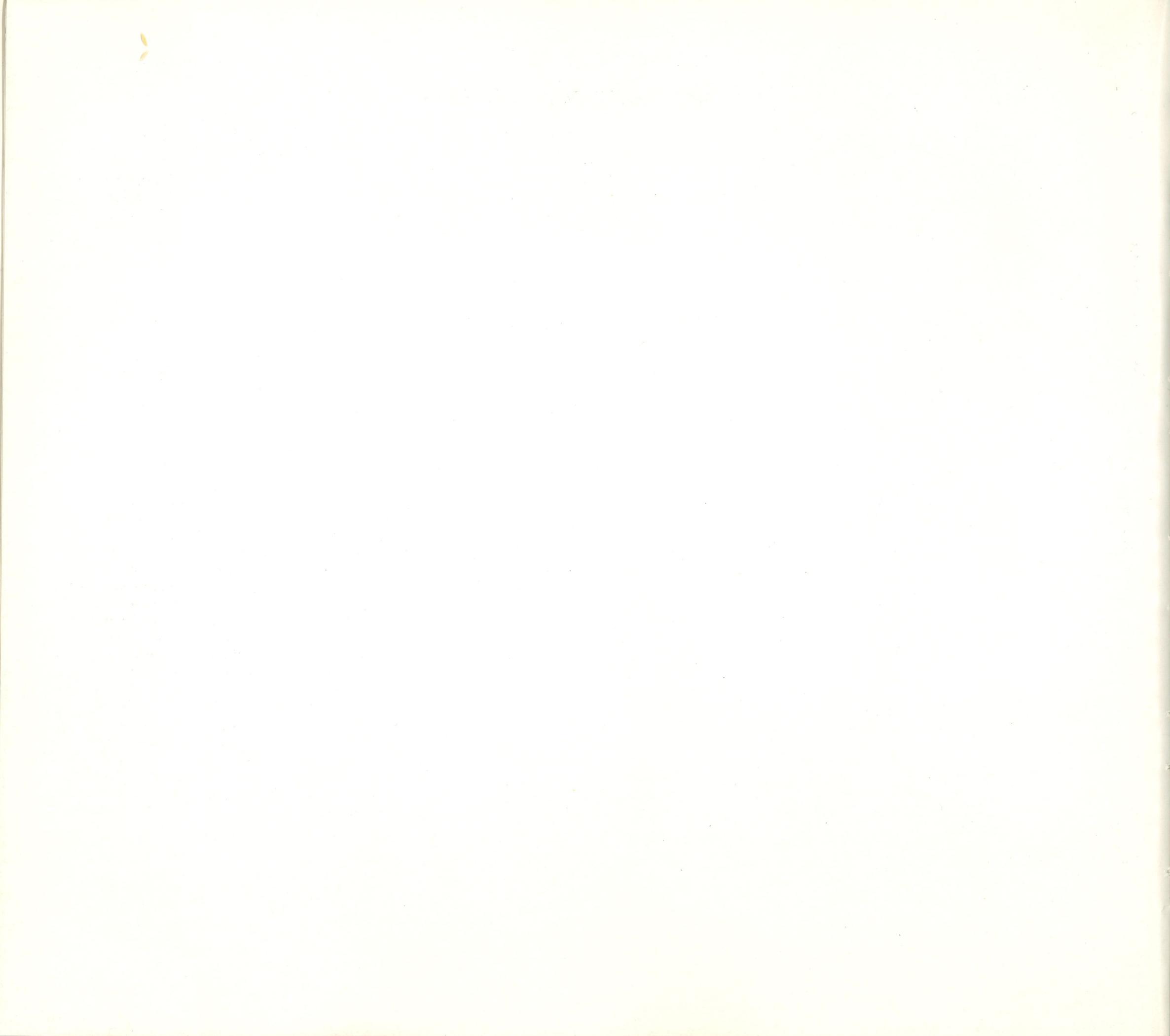
Militare di Firenze.

Ringrazio sentitamente il Presidente dell' Ente Provinciale per il Turismo di Forlì, Mario Pari, per la collaborazione particolarmente cordiale e fattiva offerta dall' Ente da lui presieduto.

Per i consigli e per le precisazioni su particolari problemi devo, inoltre, molta riconoscenza, al prof. E. W. Bijker dell' Università di Delft, già vice direttore del Delft Hydraulics Laboratory (Olanda); al compianto prof.

Paolo Gazzi dell' Istituto di Mineralogia dell' Università di Bologna; al prof. Fiorenzo Mancini, direttore dell' Istituto di Geologia Applicata dell' Università di Firenze; al prof. Pietro Zangheri, libero docente nell' Istituto di Botanica dell' Università di Firenze.

Per la paziente e continua assistenza un grazie cordiale va infine al dott. Dario Sacchetti, dirigente dell' Ufficio Studi della Camera di Commercio di Forlì.



2. - GEOMORFOLOGIA COSTIERA

2.1. Il litorale in esame

Il litorale romagnolo marchigiano tra Cervia e Pesaro, oggetto di questo studio, è lungo circa settanta chilometri. Comprende la costa ravennate tra la foce del fiume Savio e la Tagliata; la costa forlivese, estesa circa 42 chilometri tra la Tagliata e la foce del torrente Tavollo al confine con la provincia di Pesaro; la costa pesarese dal Tavollo alla foce del fiume Foglia.

Nel litorale in esame la linea di costa descrive un ampio arco, il cui andamento è così schematizzabile: NNO-SSE tra la foce del fiume Savio e Cervia; NO-SE tra Cervia e Cattolica; quasi E - O nei pressi di Gabicce; ONO - ESE tra Castel di Mezzo e Pesaro. In realtà l'andamento dell'arco litoraneo è più complesso specie nella spiaggia bassa forlivese, in quanto la linea di costa è articolata da dolci prominenze in corrispondenza delle foci fluviali, e da deboli e ampie insenature tra una foce e l'altra. Si possono, infatti, osservare, procedendo da nord verso sud: il dolce delta del fiume Savio; una insenatura quasi impercettibile tra le foci dei fiumi Savio e Marecchia, interrotta in modo significativo dalla discontinuità della battigia a destra e a sinistra del porto canale di Cesenatico; il delta del fiume Marecchia con la discontinuità della linea di costa in corrispondenza del porto canale di Rimini; l'insenatura di Riccione-Cattolica; la costa alta, infine, delle Marche.

Nel litorale romagnolo, come fa osservare il Toschi, «il contatto fra le terre emerse e il mare avviene lungo una costa bassa. Dalla parte di terra essa è costituita da una larga spiaggia sabbiosa, che sale lentissima fino ad una se-

rie di basse formazioni dunose (dove sono conservate). Dalla parte del mare la stessa lieve pendenza prosegue, lasciando solo posto ad un velo di acque sottili, pur variando fra scani e fosse, del resto appena sensibili, fino a notevole distanza » (1). Nel litorale marchigiano un rilievo collinare litoraneo, alto 150-200 metri, si raccorda con una ripida falesia al mare. Una sottile fascia di ghiaia segna il contatto tra la terra e l'acqua.

Nella carta geomorfologica del litorale tra Cervia e Pesaro (figura 1) si possono osservare:

a) una spiaggia sabbiosa, disposta come una fascia continua, che si assottiglia nella parte meridionale del litorale, dove dà luogo ad una spiaggia emersa ghiaiosa poco estesa;

b) una successione di lidi e spiagge morte che si restringe, dalla foce del Savio a quella del Rubicone, per poi procedere come un nastro continuo fino a Cattolica;

c) un'area triangolare, che si assottiglia e chiude a sud di Cesenatico, in cui figurano lagune morte che in parte ospitano le saline di Cervia;

d) un'area allungata di alluvioni terrazzate, che si restringe verso sud fino a dare luogo alla collina litoranea pesarese e che, a sud di Bellaria, è terrazzata verso il mare da una

erta scarpata di pochi metri, corrispondente ad una antica linea di spiaggia;

e) una collina arenacea e argillosa, che, ancora interna nel cesenate, giunge direttamente a perpendicolo sulla spiaggia ghiaiosa nel Pesarese (2).

2.2. La spiaggia romagnola

Nella spiaggia tra Cervia e Cattolica è praticamente scomparso il caratteristico paesaggio della fascia delle dune (figura 2), esteso tra il limite delle massime ondate e l'entroterra, con i caratteristici cordoni di sabbia paralleli tra loro, separati da piccole depressioni, allungati nel senso del litorale e perpendicolari ai venti dominanti. A questo risultato hanno concorso il progressivo avanzare verso il mare dei campi coltivati, lo sviluppo a fasce continue degli abitati fino a qualche decina di metri dalla alta spiaggia, l'escavazione di materiali per l'edilizia e le costruzioni stradali, il pareggiamento degli arenili a scopi balneari.

Alla fine del 19° secolo a Misano la zona delle dune si estendeva per una profondità di circa 500 metri e mostrava dune alte da tre a cinque metri, larghe da dieci a quindici metri e lunghe da tre a venti metri (3) ed una iden-

(1) U. TOSCHI, *Emilia-Romagna*, U.T.E.T., Torino, 1961, p. 65.

(2) Questa carta, pubblicata in scala 1:200.000, è stata originariamente realizzata in scala 1:100.000 utilizzando: rilievi originali sul terreno; le foto aeree della fascia costiera; le carte aerofotogrammetriche in scala 1:5.000 della costa; i fogli 100 (Forlì), 101 (Rimini), 109 (Pesaro) in scala 1:100.000 dell'Istituto Geografico Militare e le relative tavolette in scala 1:25.000 riguardanti il litorale; la Carta nautica in scala 1:100.000 dal Po di Goro ad Ancona del Servizio Idrografico della Marina; i Fogli Forlì-Rimini e Pesaro della carta geologica d'Italia in scala 1:100.000.

(3) G. BORGHI, *Le spiagge romagnole da Cervia a Gabicce*, in «Ricerche sulle variazioni delle spiagge italiane» - VII: «Le spiagge padane», C.N.R., Roma, 1938, p. 76.

GEOMORFOLOGIA DEL LITORALE TRA CERVIA E PESARO

Scala
0 1 2 3 4 km

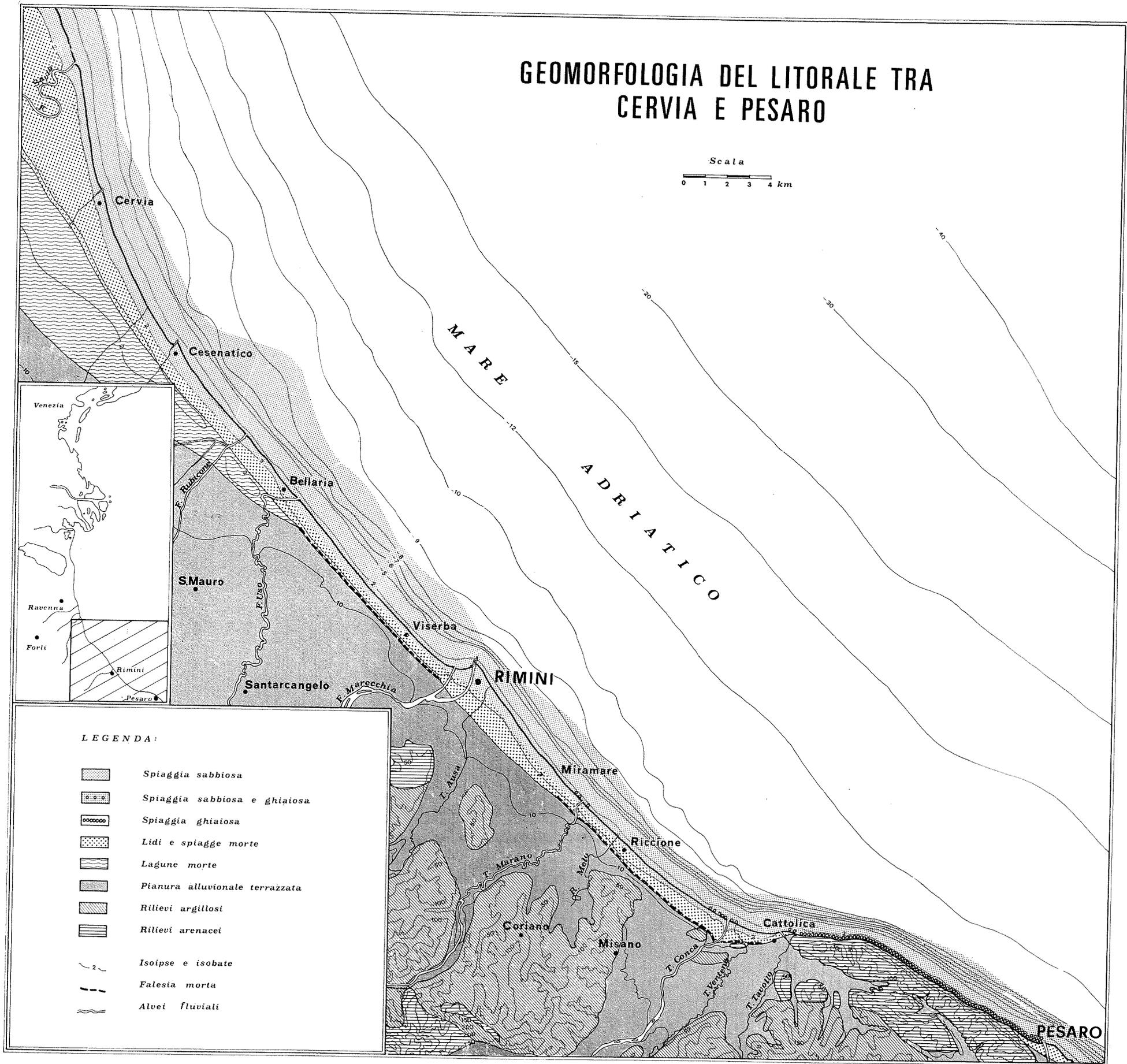


Figura n. 1

tica situazione si presentava lungo l'intero litorale in fasce più o meno larghe.

Fino a qualche anno fa alcune tracce di questo caratteristico paesaggio costiero si potevano ancora osservare nella zona tra Milano Marittima e le foci del Savio. Anche qui tuttavia lo sviluppo edilizio ha fatto rapidamente sparire ogni residuo della morfologia delle dune.

Nei pochi tratti dove l'aspetto naturale è stato meno sconvolto si può ancora osservare quanto resta del corredo vegetale, che caratterizzava questa fascia costiera. A ridosso della alta spiaggia è diffuso, con le sue sporadiche piantine, particolarmente resistenti alla salsedine, i Cachileto con la Rucchetta di mare (*Cakile maritima*) e un Convolvolo (*Convolvulus soldanella*). « Più indietro, più lontana dall'acqua, ma spinta talvolta fin sulla zona preferita dalle specie già citate, si trova la fascia dell'Agropireto, costituita dall'Agropiro giunchiforme (*Agropyrum junceum*) al quale si frammischia l'Eringio marittimo (*Eryngium maritimum*) ed una Euforbia dalle foglie color verde giallo (*Euphorbia paralias*). Poi sulla cintura di dune mobili subentra l'Ammofila (*Ammophila arundinacea*) la dura graminacea dal robusto sistema radicale, la fissatrice delle dune, la costituttrice principale dell'Ammofileto, spesso accompagnata dalla Echinofora e dalla Medica marina (*Echinophora spinosa*, *Medicago marina*) » (4).

L'*alta spiaggia (backshore)* estesa dal limite della fascia delle dune alla linea raggiunta dalle alte maree massime, regge praticamente l'intero carico del turismo balneare. Il suo limite superiore, già difficile da precisare in condizioni naturali, è ancor meno definibile in questo litorale fortemente urbanizzato, dove i fabbricati giungono addirittura ad essere esposti alle ondate delle mareggiate invernali e primaverili.

Nelle zone urbanizzate infatti, il limite delle costruzioni stradali e alberghiere tende generalmente ad approssimarsi alla linea delle massime ondate, mantenendovisi distante, nei casi migliori, poche decine di metri. Vi è, inoltre, una notevole tendenza a seguire con nuove strade e con nuove costruzioni ogni variazione verso mare della linea di costa. Per rendere accoglienti gli arenili per le attività balneari vengono infine rapidamente cancellati i gradini di spiaggia prodotti dalle mareggiate, i

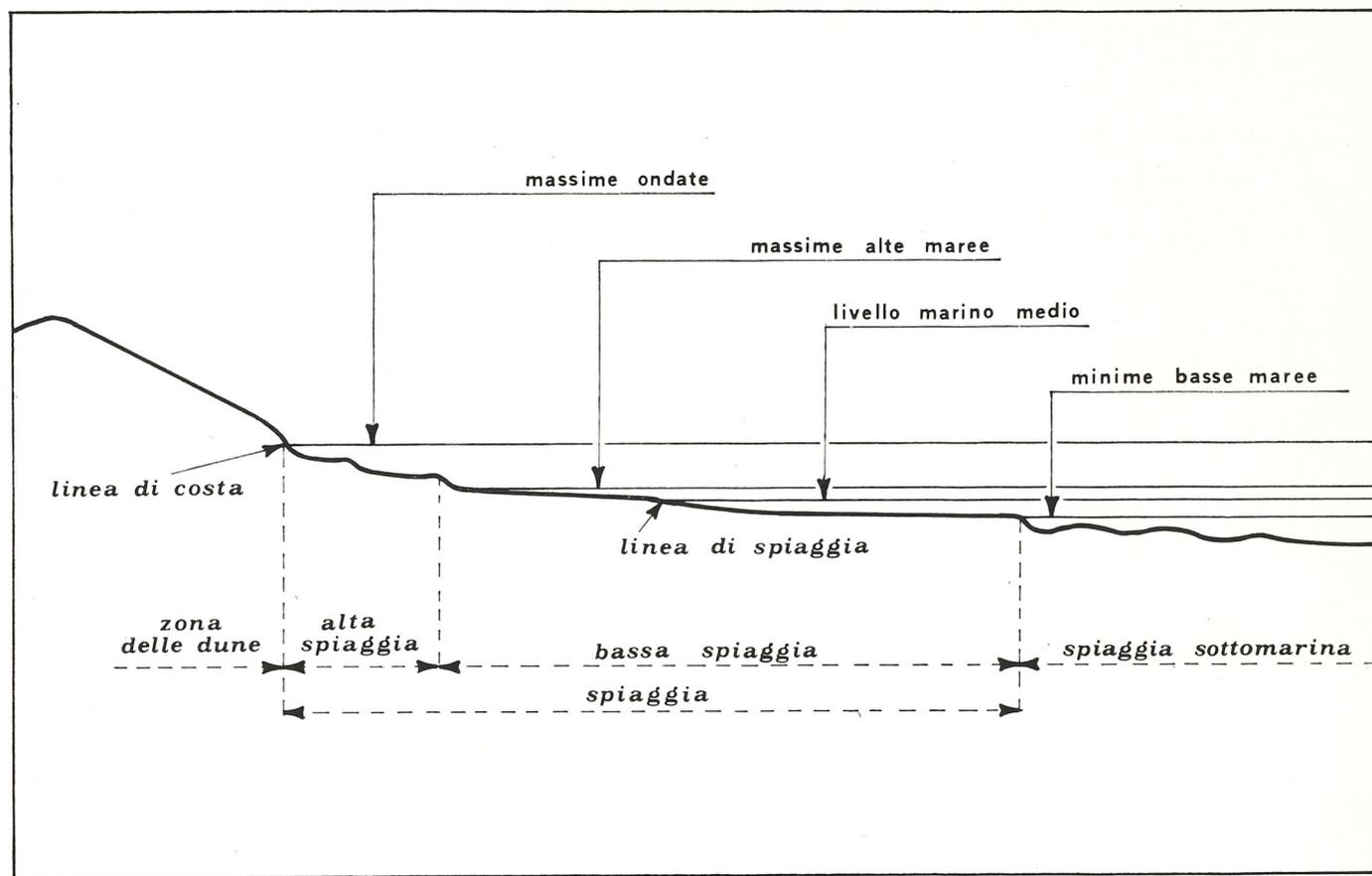


Figura n. 2 — Schema e nomenclatura delle varie parti della spiaggia

depositi del mare e ogni altro elemento caratterizzante la morfologia di questa fascia della spiaggia.

La *bassa spiaggia (foreshore)* estesa dalla linea dell'alta marea massima al limite della bassa marea minima, riguarda la fascia litoranea, che viene abbandonata dal mare nelle basse maree. La sua larghezza si amplia procedendo da sud verso nord. Tuttavia raramente, e solo durante le maree eccezionali, la sua estensione supera i venti metri di larghezza. Normalmente il limite dell'alta marea, variabile nel tempo, è segnato da una microfalesia. Nella bassa spiaggia, data la finezza delle sabbie, la pendenza è dolcissima e spesso presenta notevoli irregolarità, per cui durante le basse maree più ampie si possono osservare, presso la costa, intersecarsi variamente lingue di sabbia quasi

pianeggianti e zone sommerse. Nei tratti di costa protetti da scogliere, durante le basse maree, emergono veri e propri tomboli, che collegano le scogliere alla riva, separati l'uno dall'altro dall'acqua rimasta nei fondali più profondi, corrispondenti ai tratti di separazione tra una scogliera e l'altra. Nei tratti emersi è facile osservare nella sabbia le caratteristiche ondulazioni dei *ripple marks*, dovute ai moti ondulatori dell'acqua. Questi rilievi presentano, in genere, dimensioni di pochi centimetri. In questa fascia « della spiaggia arenosa, fra Rimini e Cesenatico, in tempi di reflusso », Marsili nel 1715 segnalava la presenza di « molte piccolissime sorgenti d'acque dolci ed exquisite » (5).

La *spiaggia sottomarina (offshore)*, estesa al di sotto della bassa marea minima, può es-

(4) P. ZANGHERI, *La Provincia di Forlì nei suoi aspetti naturali*, Camera di Commercio, Forlì, 1961, p. 204.

(5) G. BRUZZO, *L'opera militare e scientifica di L. F. Marsili nella difesa della costa pontificia dell'Adriatico*, in « Memorie intorno a L. F. Marsili », Bologna 1930, p.159.

sere definita verso mare solo con una certa arbitrarietà ⁽⁶⁾. Assumendo come limite della spiaggia sottomarina i fondali di nove metri al di sotto del livello della bassa marea, questa si protenderebbe notevolmente verso il largo. Infatti di fronte a Cattolica si estenderebbe fino a 1.500 metri al largo, davanti a Riccione fino a 1.800 metri, di fronte a Rimini fino a 2.200 metri, innanzi a Bellaria fino a 4.200 metri, davanti a Cesenatico infine fino a 5.700 metri. Se invece si adotta come limite una profondità pari a mezza lunghezza di onda marina di buon tempo, l'estensione della spiaggia sottomarina si riduce notevolmente. Nel litorale in esame tale limite può essere definito dal passaggio di granulometria tra i materiali sabbiosi della spiaggia e i materiali prevalentemente limosi, posti più al largo. In media si può considerare terminata la spiaggia sottomarina ad una profondità dell'ordine di sette metri sotto il livello marino medio.

In ogni caso alla spiaggia sottomarina appartiene l'intera fascia degli scanni subacquei. Infatti, come afferma G. Borghi ⁽⁷⁾, « in tutto il tratto di mare antistante il litorale romagnolo, si osservano tre scanni o banchi di sabbia che si sviluppano in serie parallele con interruzioni fra loro e si formano in bonaccia mentre vengono distrutti durante le burrasche, alla distanza dal battente di circa m. 30-50 il primo, m. 80-150 il secondo m. 200-300 il terzo ». Questo Autore afferma inoltre che « il pendio dei banchi si accentua maggiormente in occasione delle mareggiate, perchè fra le varie serie di banchi possono formarsi forti correnti longitudinali d'acqua, che le approfondiscono ». Anche nell'edizione del 1935 del IV volume del « Portolano del Mediterraneo » viene indicato che fra Rimini e Riccione « parallelamente alla costa, dai 200 ai 300 metri, corre uno scanno di sabbia, profondo circa m. 2 e dentro di esso i fondali arrivano anche a quattro metri ». Nella figura 3 si può osservare il profilo della spiaggia sottomarina perpendicolarmente alla linea di costa a Misano Mare.

Il fondo marino in prossimità del litorale romagnolo-marchigiano in esame degrada dolcemente, con una anomalia posta in particolare evidenza dall'isobata di -10 metri. La fascia sottomarina interposta tra la linea di spiaggia e questa curva, infatti, si restringe progressivamente scendendo da NO verso SE.

L'isobata di -10 metri, che rispetto alla spiaggia di Cervia e di Cesenatico è al largo oltre sette chilometri, viene così a trovarsi a circa quattro chilometri dalla costa riminese ed a quasi un chilometro e mezzo da quella pesarese. La pendenza media del fondo rispetto a questa isobata, procedendo lungo la costa da Cervia verso Pesaro, sale così dall'1,3‰ al 7‰. Le altre isobate, siano esse più interne come quella di -5 metri o maggiormente al largo come quelle di -15 e -20 metri, non mostrano un accostamento alla riva così evidente pur manifestando una uguale tendenza. Infatti, procedendo da NO a SE, l'isobata -5 metri si avvicina alla costa da oltre un chilometro a sette ottocento metri; quella di -15 metri da circa tredici a poco più di nove chilometri; quella, infine, di -20 metri da quasi diciotto a circa quattordici chilometri.

2.3 La granulometria della spiaggia

L'acquisizione di una adeguata conoscenza delle caratteristiche granulometriche della spiaggia emersa e sottomarina nel litorale in esame è piuttosto recente. Infatti nel fondamentale lavoro di Borghi ⁽⁸⁾ non esistevano indicazioni, se non di tipo indicativo e a stima, sulle dimensioni dei costituenti della spiaggia. Nel

1967 un rilievo della distribuzione granulometrica dei materiali nei fondali fu indicato come base conoscitiva indispensabile per realizzare un programma di difesa dall'erosione marina ⁽⁹⁾. Nello stesso anno Angeli ⁽¹⁰⁾ pubblicava un interessante lavoro sulla granulometria di campioni prelevati lungo la battigia tra Gabicce Monte e la foce del fiume Savio ⁽¹¹⁾. Nel 1968 è stato poi pubblicato l'importante lavoro di Dal Cin ⁽¹²⁾ su un metodo granulometrico per individuare spiagge in erosione e in avanzamento, nel quale sono riportate alcune analisi ed elaborazioni statistiche riguardanti il litorale in esame ed è stata dimostrata la possibilità di individuare con un metodo granulometrico il protendimento o l'arretramento delle spiagge ⁽¹³⁾. Nel 1971, infine, è stato pubblicato uno studio sulla granulometria della spiaggia emersa e sottomarina lungo il litorale romagnolo-marchigiano considerato, nel quale risultano analizzati quattrocentoventotto campioni ⁽¹⁴⁾. I principali risultati raggiunti da questo lavoro sono: una più articolata conoscenza delle caratteristiche granulometriche della linea di spiaggia; l'acquisizione di una nozione abbastanza dettagliata della granulometria dei fondali fino a -10 metri; la definizione del contenuto in carbonati della spiaggia emersa e sottomarina; una stima dell'apporto delle conchiglie marine ai materiali

(6) Il limite inferiore della spiaggia sottomarina viene variamente delimitato. Alcuni lo stabiliscono alla profondità di mezza lunghezza d'onda di tempo buono, profondità a cui le onde fanno risentire normalmente la propria azione sul fondo (F. Ottmann, *Introduction à la Géologie Marine et Littorale*, Masson, Paris 1965, p. 82); altri lo indicano più in generale alla profondità di circa nove metri al di sotto del livello di bassa marea fino alla profondità alla quale le onde normali spostano le particelle di sabbia (W. Bascom, *Onde e spiagge. Dinamica della superficie marina*, Zanichelli, Bologna 1965, p. 25).

(7) BORCHI, *Le spiagge romagnole*, cit., p. 81.

(8) BORCHI, *Le spiagge romagnole*, cit. p. 82.

(9) A. ANTONIAZZI, *L'erosione marina nel litorale forlivese*, Camera di Commercio, Forlì 1967, p. 59.

(10) A. ANGELI, *Notizie sulla granulometria dei sedimenti litorali fra Pesaro e la foce del Savio con riferimento al problema dell'erosione marina*, Camera di Commercio, Forlì, 1967.

(11) Con questo lavoro, in base ad una cinquantina di campioni prelevati nella zona di battigia, è stato stabilito che nelle spiagge sabbiose il granulo medio varia tra 0,46 e 0,12 millimetri e le sabbie possono essere classificate complessivamente come medio-fini. Le sabbie medie, come testimonia il valore del granulo medio, tendono a prevalere tra Gabicce Mare e Riccione, a Miramare, tra Rivabella e Viserba, tra Igèa Marina e Bellaria, tra Gatteo Mare e Cesenatico, alla foce del Savio. Nelle altre zone prevalgono sabbie fini. Una brusca riduzione del granulo medio si osserva in corrispondenza di tutti i moli, passando da sud a nord « ad eccezione di quelli di Rimini e Cervia, dove l'effetto è evidentemente mascherato dall'apporto rispettivamente dei fiumi Marecchia e Savio, che sfociano sul lato nord di questi moli ». Lo stesso Autore fa rilevare che « nelle zone difese da barriere frangiflutto la sabbia nella zona di battigia appare più fine che non nei tratti di spiaggia vicini; a nord della zona con barriere frangiflutto si nota inoltre una concentrazione di sabbia grossolana ». Le spiagge del forlivese, infine, sono in generale sabbiose; solo in prossimità della foce del fiume Conca e a nord di quella del Marecchia si osservano lenti ghiaiose.

(12) R. DAL CIN, *Metodo granulometrico per individuare spiagge in erosione e spiagge in avanzamento*, in « Annali dell'Università di Ferrara » (Nuova serie), Sez. IX, Vol. IX, n. 14, 1968.

(13) In questo lavoro sono stati studiati, tra gli altri, quarantasette campioni di sabbia prelevati lungo la battigia nel litorale in esame.

(14) A. ANTONIAZZI, *Lineamenti granulometrici e calcimetrici della spiaggia emersa e sottomarina lungo il litorale romagnolo-marchigiano tra le foci del fiume Savio e Foglia*, Camera di Commercio, Forlì, 1971.

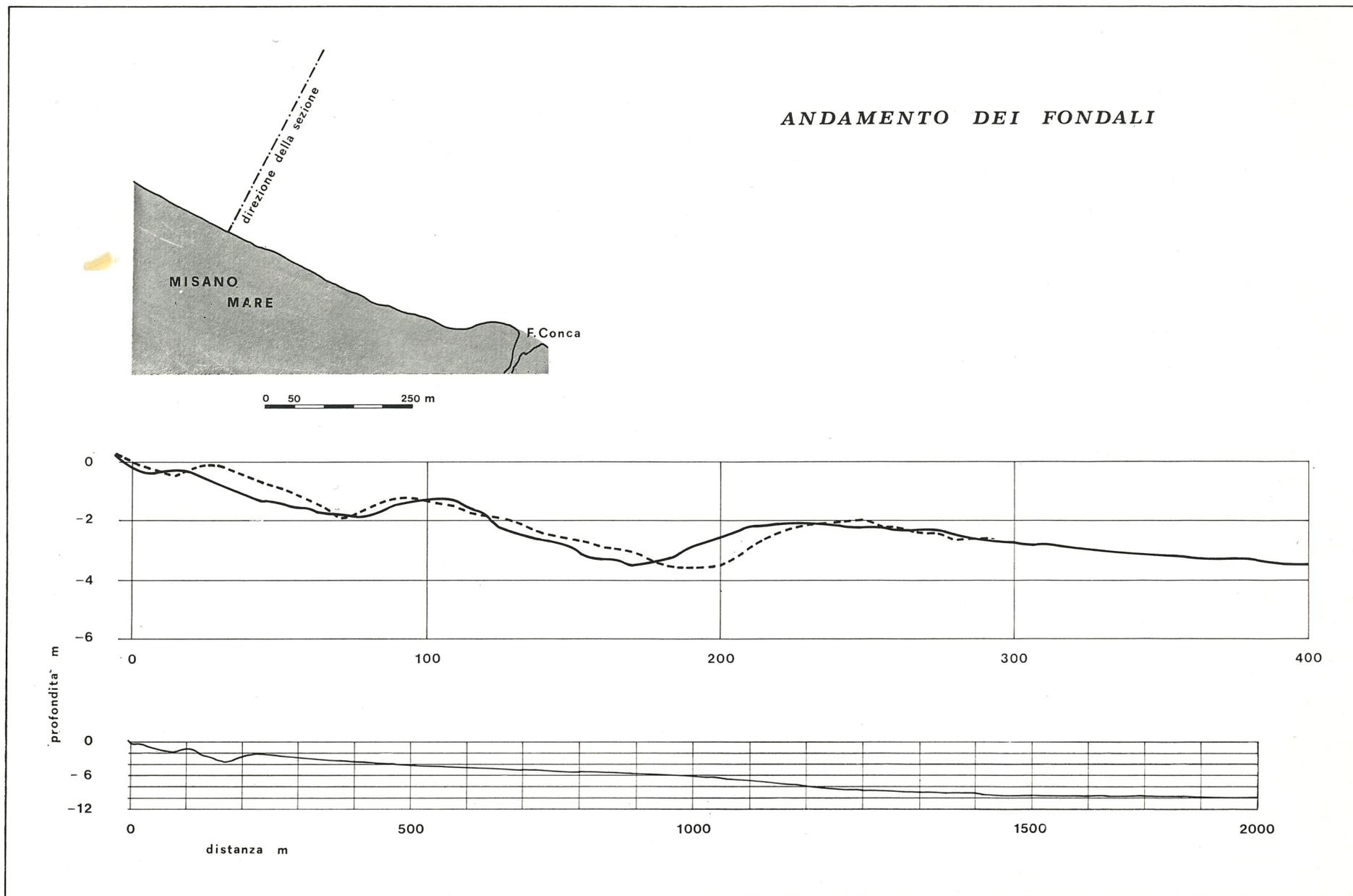


Fig. n. 3 — Profilo della spiaggia sottomarina perpendicolarmente alla costa di Misano Mare. Rilievi eseguiti a cura del Genio Civile Opere Marittime di Ravenna il 10 dicembre 1964 (linea continua) e il 24 giugno 1965 (linea tratteggiata).

della spiaggia ⁽¹⁵⁾. La distribuzione dei campioni prelevati può essere osservata nella figura n. 4.

Un quadro sintetico della situazione della spiaggia in esame è offerto dalla figura n. 5, nella quale è stato ricostruito, mediante curve di uguale diametro mediano, l'andamento della granulometria nei fondali tra le foci dei fiumi Savio e Foglia. Le curve considerate sono quelle di 100, 75, 50, 25 e, dove possibile, di 10 micron. Sulla costa sono stati indicati i valori del granulo mediano medio nei singoli tratti considerati.

Tra le foci dei fiumi Savio e Foglia solo il 20% della spiaggia lungo la battigia è formato da ghiaia, mentre il rimanente 80% è costituito da sabbia, generalmente fine, il cui granulo mediano medio è di 198 micron. In questa zona il granulo mediano è, infatti: di 253 micron tra la foce del Savio e il porto di Cervia; di 132 micron tra i porti di Cervia e di Cesenatico; di 217 micron tra il porto di Cesenatico e la foce del Rubicone; di 174 micron tra le foci del Rubicone e dell'Uso; di 196 micron tra le foci dell'Uso e del Marecchia; di 190 micron tra la foce del Marecchia e il porto di Rimini; di 171 micron tra i porti di Rimini e di Riccione; di 243 micron tra il porto di Riccione e la foce del Conca; maggiore di 2000 micron in corrispondenza della foce del Conca; di 226 micron tra la foce del Conca e il porto di Cattolica; maggiore di 2000 micron tra il porto di Cattolica e quello di Pesaro; di 227 micron oltre il porto di Pesaro.

Una netta diminuzione del granulo mediano medio si verifica quando si superano, procedendo da sud verso nord, i moli di Cesenatico (da 217 a 132 micron), dell'Uso (da 196 a 174 micron), di Riccione (da 243 a 171 micron) e di Cattolica (da oltre 2.000 a 226 micron). La situazione si inverte in corrispondenza dei moli di Cervia, di Rimini e di Pesaro, dove la granulometria è maggiore a nord che a sud. Angeli ha fatto rilevare che i moli interrompono il regolare flusso della sabbia in direzione sud-nord ed « esercitano una azione selettiva trattenendo prevalentemente le frazioni più grossolane della sabbia e lasciando passare solo la frazione più fine » ⁽¹⁶⁾. L'inversione delle dimensioni granulometriche in corrispondenza dei moli di Cervia, Rimini e Pesaro è giustificata dal fatto che immediatamente

a nord di queste opere si immettono in mare le alluvioni trasportate dai fiumi Savio, Marecchia e Foglia.

La figura n. 6 mostra più particolareggiatamente l'andamento e le caratteristiche della granulometria lungo la linea di spiaggia. Vi sono infatti rappresentati: la composizione percentuale di vari campioni analizzati, il loro granulo mediano, il loro contenuto in carbonati, la loro ubicazione lungo la costa, anche in relazione allo stato di erosione e di stabilità dei singoli tratti di spiaggia e all'estensione delle aree protette da scogliere.

Esaminando questa figura si può a colpo d'occhio constatare che i fenomeni erosivi colpiscono spiagge praticamente con tutti i tipi di granulometria presenti nella zona e che nelle aree protette da scogliere le dimensioni dei granuli tendono a ridursi, pur presentando un certo grado di variabilità e frequenti oscillazioni nei valori.

Nelle aree a nord delle scogliere, infine, le dimensioni granulometriche tendono ad aumentare. Infatti lungo la spiaggia protetta da scogliere tra la foce dell'Uso e Cesenatico il granulo medio è di 174 micron, contro i 234 micron, che rappresentano il granulo mediano medio del tratto tra la fine di queste scogliere e il molo di Cesenatico. Anche nel tratto tra le foci del Marecchia e dell'Uso si verifica lo stesso fenomeno: a sud, nel tratto protetto da scogliere, il granulo mediano medio è di 181 micron; a nord, nel tratto libero, il granulo mediano medio sale a 214 micron. Nel terzo tratto protetto da scogliere, quel-

lo presso Cattolica, questo fenomeno è nel contempo esasperato e obliterato dalle alluvioni ghiaiose del fiume Conca. Queste variazioni nella granulometria appaiono legate sia all'azione delle scogliere nel trattenere e selezionare i materiali, sia agli effetti erosivi che si producono più a nord di queste opere marittime in conseguenza della loro costruzione. Di minore importanza appare in proposito l'effetto dei moli già descritto, data la distanza intercorrente tra queste opere e la fine delle scogliere ⁽¹⁷⁾.

Riprendendo l'esame della fig. n. 5 si può constatare che, nel tratto costiero romagnolo-marchigiano studiato, il granulo mediano medio decresce con una certa regolarità procedendo dalla linea di spiaggia al largo. Escludendo le sottili spiagge ghiaiose e i limitati banchi di ghiaia sottomarini, il granulo mediano medio passa da 198 micron lungo la linea di spiaggia a 120 micron in fondali di — 2 metri, a 93 micron in fondali di — 4 metri, a 71 micron in fondali di — 6 metri, a 46 micron in fondali di — 8 metri (a 39 micron in fondali di — 10 metri).

Nella figura n. 7 si può osservare la variazione complessiva della composizione granulometrica percentuale, procedendo dalla linea di spiaggia verso il largo, lungo i trentatré allineamenti considerati. La ghiaia e la sabbia media e grossa, ancora relativamente abbondanti lungo la riva, tendono ad esaurirsi nei fondali di — 2 e — 4 metri. In questa fascia sottomarina predominano nettamente le sabbie fini, mentre il contenuto in silt tende progres-

⁽¹⁵⁾ Il campionamento sul quale si basa questo studio è stato compiuto nei mesi di luglio e agosto 1969. A questo scopo è stato utilizzato il motopeschereccio L. Sartini di Cesenatico, dotato di impianto radar e di ecometro registratore. Il prelievo è stato effettuato lungo 33 allineamenti normali alla linea di spiaggia, distanti poco più di due chilometri l'uno dall'altro. I campioni sono stati raccolti con una sonda a due valve con chiusura automatica a tanaglia fornita dal Delft Hydraulics Laboratory (Olanda). In ogni allineamento i campioni sono stati prelevati in fondali di —2, —4, —6, —8 e —10 metri rispetto al livello del mare medio. Nel determinare la profondità è stato utilizzato l'ecografo registratore e lo scandaglio a filo, è stato inoltre tenuto conto dell'andamento della marea. Il prelievo, eseguito sempre col mare calmo, è stato fatto fino a fondali di —4 metri direttamente dall'imbarcazione; in fondali di —2 metri con una scialuppa. La distanza dalla riva è stata determinata col radar e col sestante. La raccolta di campioni lungo la linea di spiaggia è stata eseguita da un'apposita squadra. I campioni presi in esame sono complessivamente 428, dei quali: 263 sono stati prelevati, o esaminati se ghiaiosi, lungo la linea di spiaggia a circa 250 metri l'uno dall'altro; 33 in fondali di —2 metri; 33 in fondali di —4 metri; 33 in fondali di —6 metri; 33 in fondali di —8 metri e 33 in fondali di —10 metri. La granulometria dei campioni è stata determinata, dopo un trattamento con H₂O₂ a 40 volumi, mediante una serie di vagli A.S.T.M. o attraverso l'uso combinato del metodo aerometrico e della setacciatura. Il contenuto in carbonati è stato ottenuto col procedimento calcimetrico. Le granulometrie sono state espresse mediante curve in diagrammi semilogaritmici e da queste sono stati, in parte, ricavati i dati utilizzati. Le classi granulometriche sono state così indicate: *ghiaie* elementi maggiori di 2.000 micron; *sabbia grossa* elementi tra 2.000 e 600 micron; *sabbia media* elementi tra 600 e 200 micron; *sabbia fine* elementi tra 200 e 60 micron; *silt* elementi tra 60 e 2 micron; *argilla* elementi inferiori a 2 micron. Per *granulo mediano*, infine, si intende il granulo che ha al di sopra di sé il 50% del campione.

⁽¹⁶⁾ ANGELI, *Notizie sulla granulometria*, cit.

⁽¹⁷⁾ Questa ricerca ha sostanzialmente confermato, su base statistica e con numero molto maggiore di campioni, quanto osservato sulla granulometria lungo la linea di spiaggia e pubblicato da Angeli nel 1967.

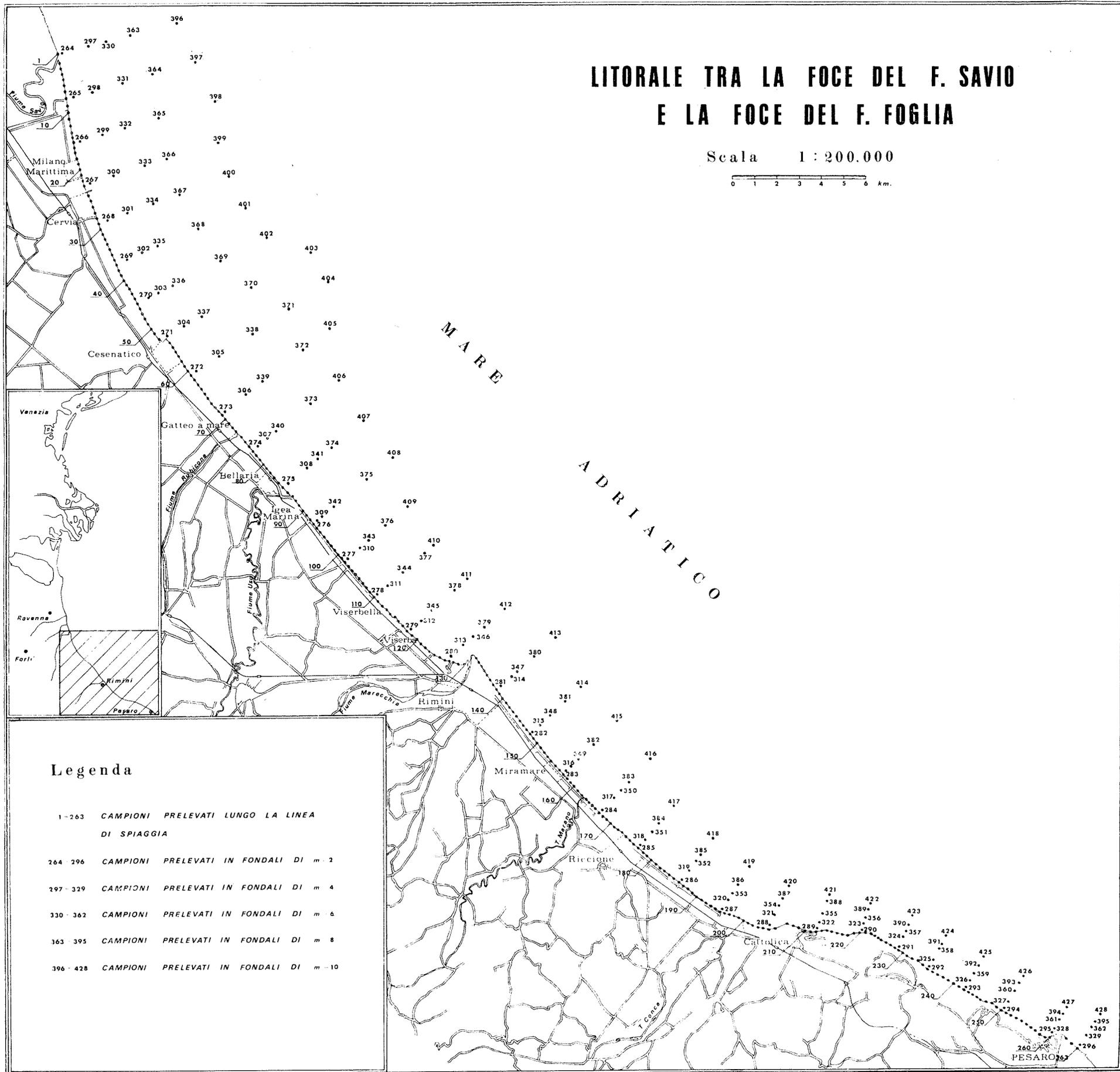


Figura n. 4 — Distribuzione dei campioni prelevati nella spiaggia in esame.

GRANULOMETRIA DELLA SPIAGGIA EMERSA E SOTTOMARINA TRA LE FOCI DEL F. SAVIO E DEL F. FOGLIA

Scala

0 1 2 3 4 5 6 km.

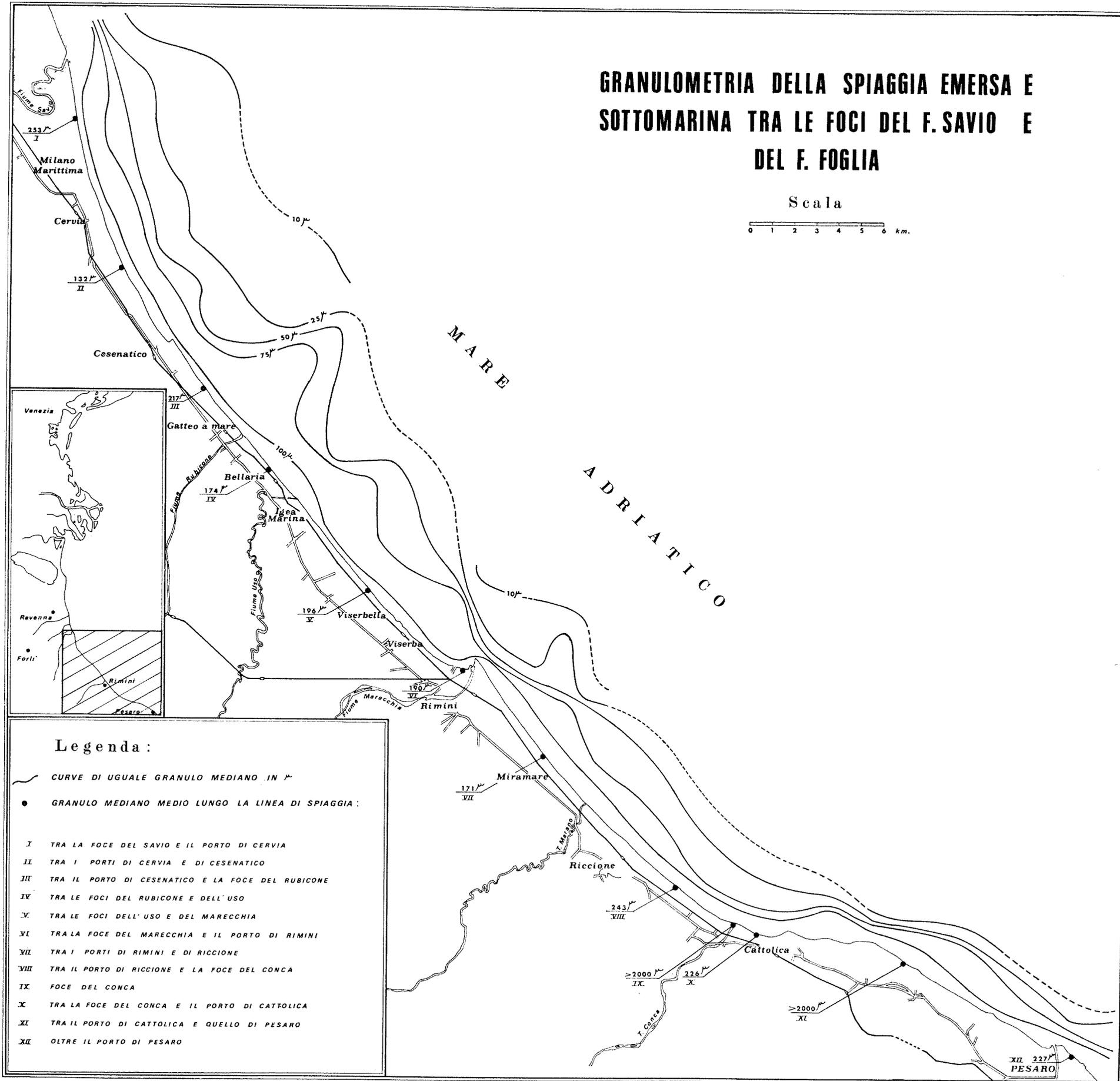


Figura n. 5

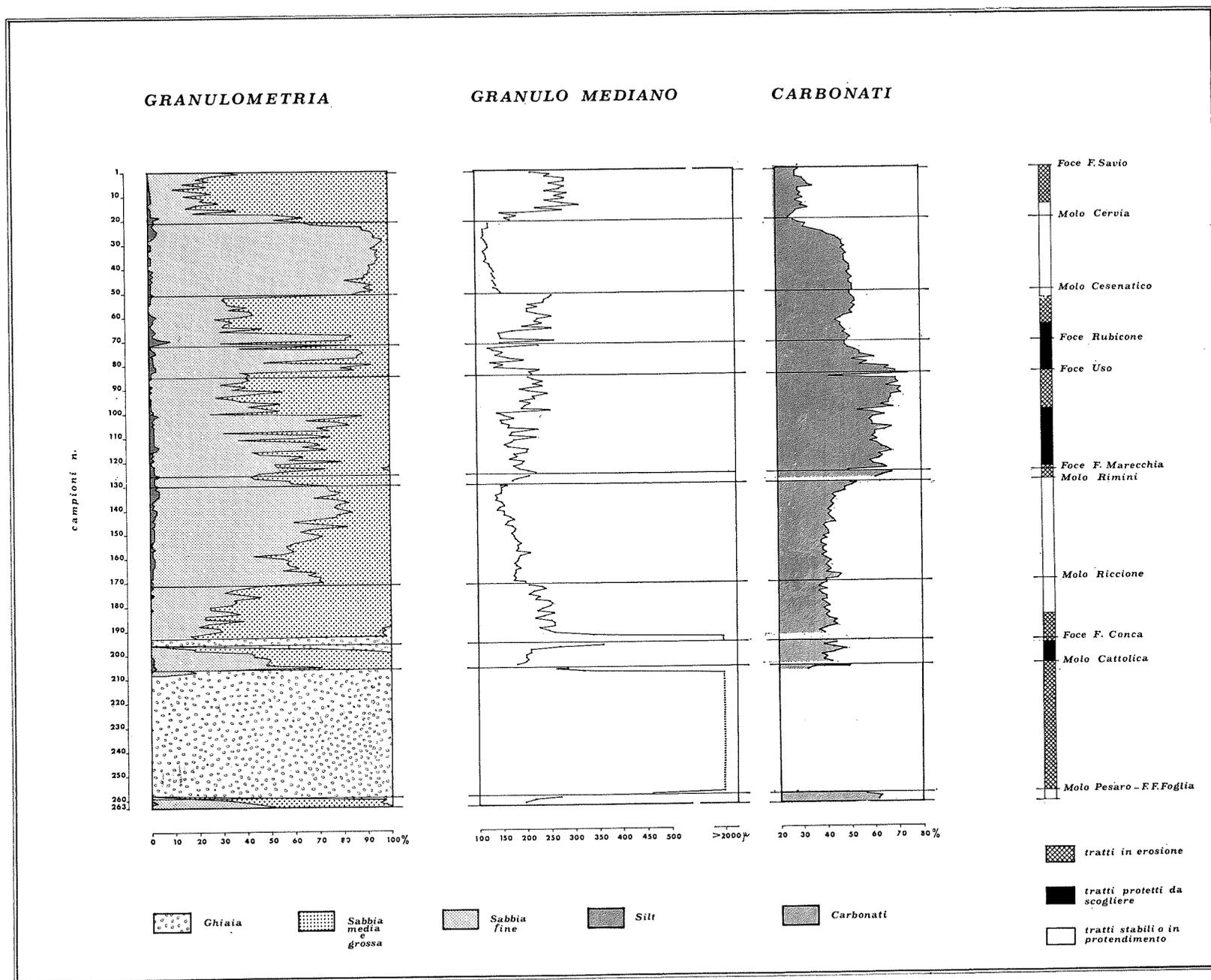


Figura n. 6 — Granulometria e contenuto in carbonati lungo la linea di spiaggia tra Cervia e Pesaro.

sivamente ad aumentare, pur rimanendo in percentuali poco significative. Nei fondali di —6 metri di silt comincia ad assumere notevole importanza, pur lasciando la prevalenza alle sabbie fini. Nei fondali di — 8 metri questa situazione si inverte, infatti il silt con tracce di argilla tende a predominare sulle sabbie fini. Tale situazione si fa ancor più netta nei fondali di — 10 metri.

Procedendo nel senso della costa dalla foce del fiume Savio verso Pesaro si può constatare, infine, che la granulometria tende a farsi più grossolana via via che si scende a sud e che aumenta la ripidità dei fondali.

Nella figura n. 8, dove è rappresentato l'andamento del granulo mediano lungo gli allineamenti studiati, trovano una ulteriore conferma e una più chiara evidenza i fatti descritti esaminando la figura n. 7. Nella figura n. 8 risulta inoltre con maggiore chiarezza che la progressiva riduzione del granulo mediano si attenua in fondali più profondi e che, specie in quelli di —8 e —10 metri, non mancano casi di inversione di questo valore, che risulta talvolta maggiore nei fondali più profondi. A questa profondità subisce quindi un'attenuazione il processo di classazione dei materiali.

La figura n. 5, infine, consente di desumere che le sabbie sono già decisamente fini, con un granulo mediano di 100 micron, ad una distanza variabile tra 400 e 1.000 metri dalla riva. Solo in corrispondenza della foce del fiume Savio queste sabbie fini raggiungono una maggiore distanza dalla costa (circa 1.400 metri), ma successivamente si può constatare una rapida caduta del valore del granulo mediano.

Il passaggio tra le sabbie assai fini e i silt grossolani, all'incirca indicato dalla curva di 75 micron, si verifica a distanze variabili tra 1.000 e 2.000 metri dalla costa, con un'anomalia in corrispondenza delle foci dei fiumi Rubicone, Uso e Marecchia dove la curva dei 75 micron si allontana decisamente al largo, mentre non si osserva una particolare influenza sulla curva di 100 micron.

Le curve successive, e la corrispondente granulometria dei silt, decrescono con una certa regolarità. Solo la curva di dieci micron, nota solo in parte, tende a distanziarsi notevolmente dalle altre, specie di fronte a Cervia.

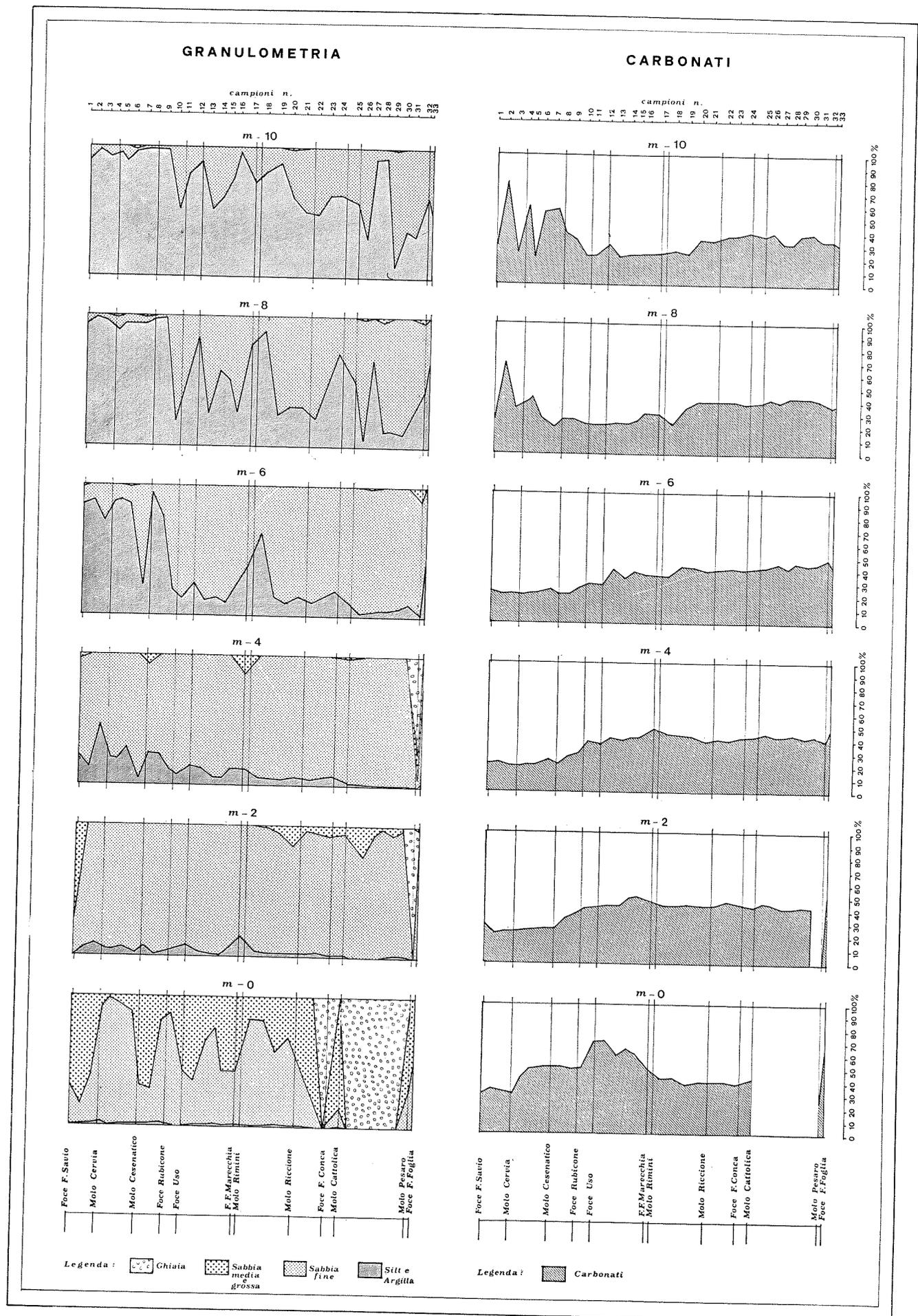


Figura n. 7 — Granulometria e contenuto in carbonati della spiaggia tra Cervia e Pesaro.

ANDAMENTO DEL GRANULO MEDIANO NELLA SPIAGGIA TRA LA FOCE DEL FIUME SAVIO
E LA FOCE DEL FIUME FOGLIA ALLE QUOTE DI m. 0, -2, -4, -6, -8 e -10.

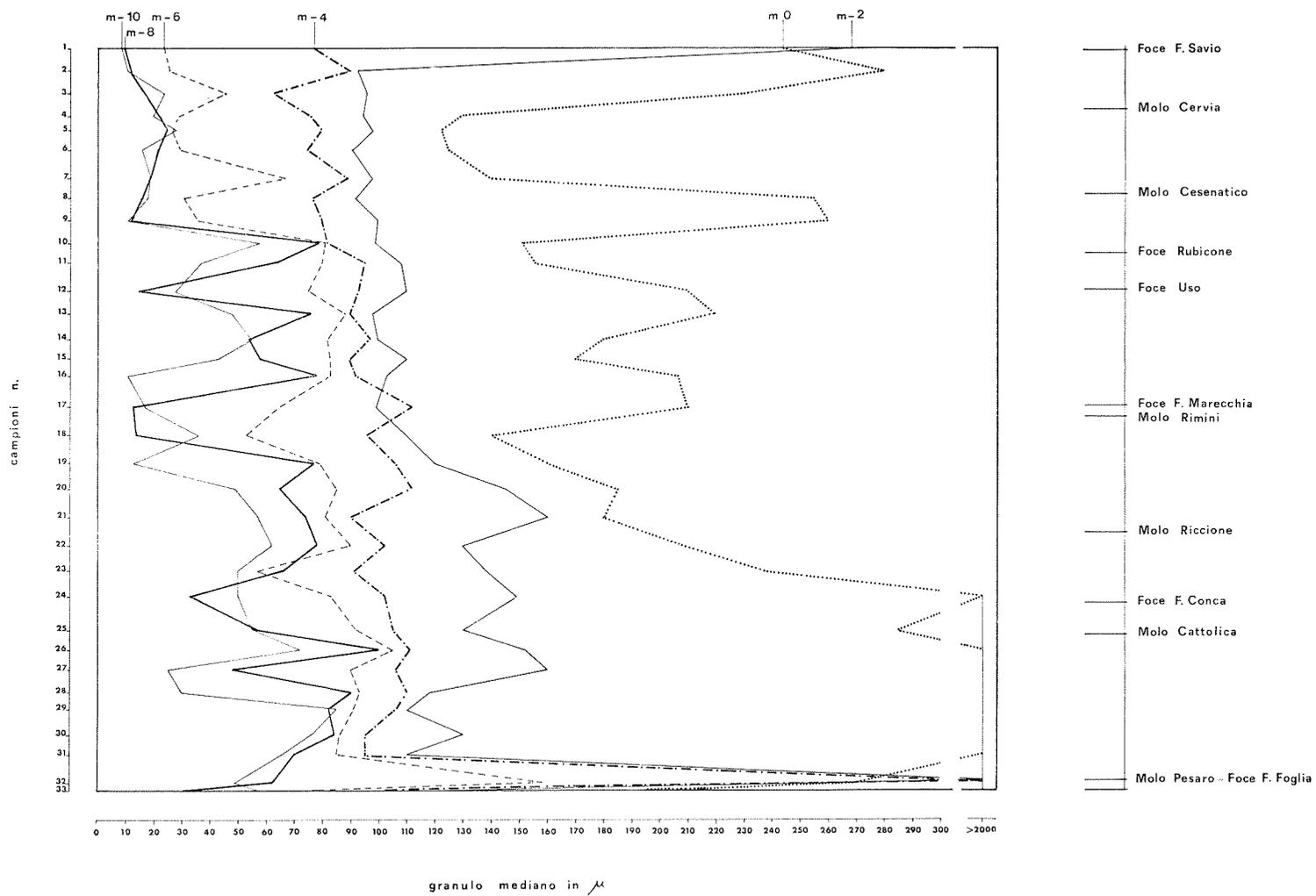


Figura n. 8

**CAMPO DI VARIABILITA' DELLA SABBIA
LUNGO LA LINEA DI SPIAGGIA**

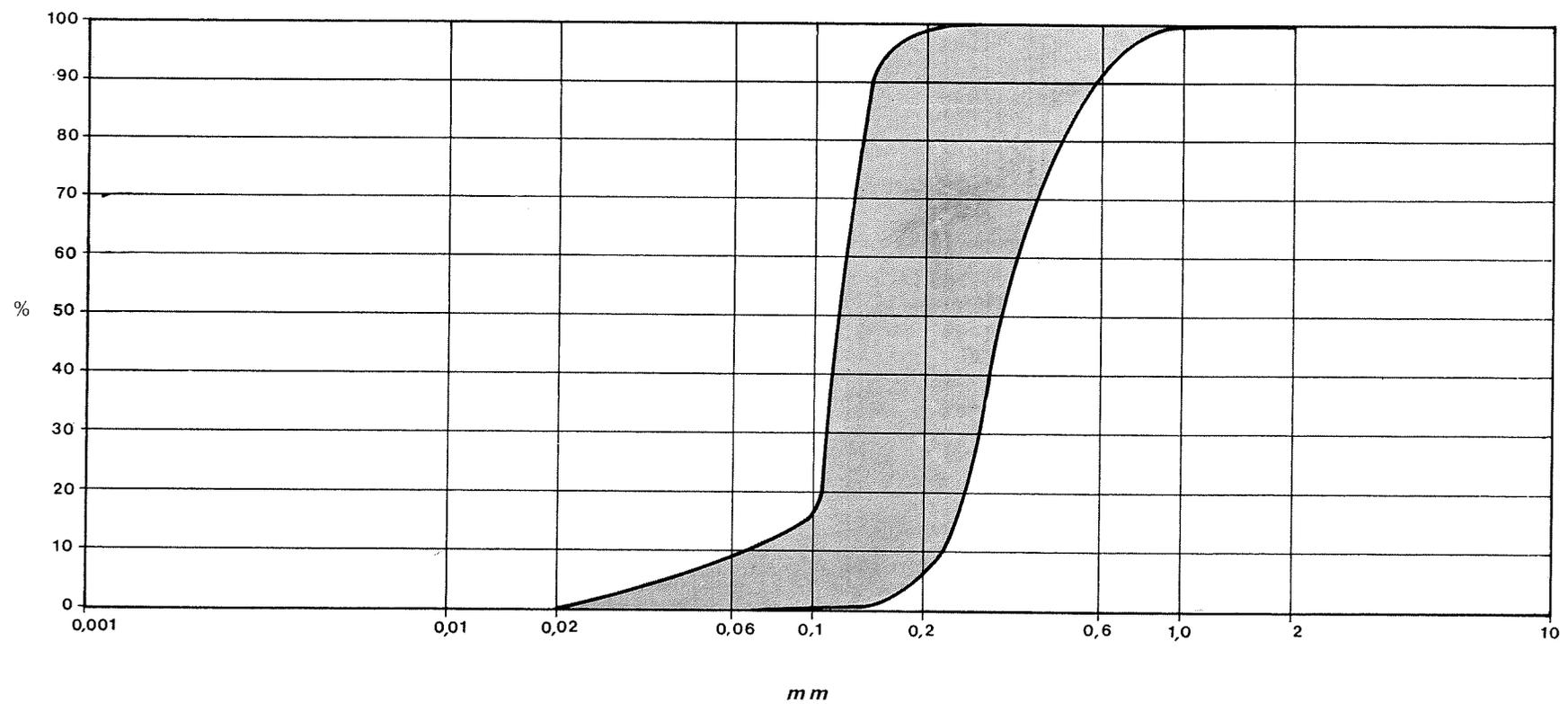


Figura n. 9

2.4 Composizione dei materiali della spiaggia

Le spiagge sabbiose tra Cervia e Cattolica, secondo i risultati di un recente studio⁽¹⁸⁾, hanno, in media, una composizione principale costituita dal 52,0% di granuli carbonatici terrigeni, dal 32,6% di quarzo più selci, dal 12,7% di feldspati e dal 2,7% di frammenti di rocce a grana fine (<0,03 mm) non carbonatiche. La quantità complessiva di materiali non carbonatici varia dal 26,7% al 63,5% della composizione principale dei campioni.

Secondo uno studio specifico, concernente il litorale tra Cervia e Pesaro⁽¹⁹⁾, il contenuto medio in carbonati nelle spiagge sabbiose tra le foci dei fiumi Savio e Foglia è del 51,5%. Il contenuto medio in carbonati nei vari tratti di spiaggia lungo la riva, ammonta al: 29% tra la foce del Savio e il porto di Cervia; 47% tra i porti di Cervia e di Cesenatico; 50% tra il porto di Cesenatico e la foce del Rubicone; 57% tra le foci del Rubicone e dell'Uso; 64% tra le foci dell'Uso e del Marecchia; 64% tra la foce del Marecchia e il porto di Rimini; 42% tra i porti di Rimini e di Riccione; 40% tra il porto di Riccione e la foce del Conca; 42% tra la foce del Conca e il porto di Cattolica; 38% immediatamente a sud del porto di Cattolica; 27% presso la foce del Foglia; 60% oltre il porto di Pesaro.⁽²⁰⁾

L'esame dei valori esposti e del diagramma riportato nella figura n. 6, mostra un massimo nel contenuto in carbonati lungo la linea di spiaggia tra il porto di Rimini e la zona immediatamente a nord della foce del fiume Uso. Questo valore (64%) subisce un'attenuazione in corrispondenza della foce del Rubicone, passando da valori medi del 57% tra le foci dell'Uso e del Rubicone al 50% tra la foce di quest'ultimo fiume e il porto di Cesenatico. Tra Cesenatico e Cervia questo contenuto decade ulteriormente al 47% soprattutto a causa dell'abbassarsi dei valori in prossimità di quest'ultimo porto. Tra i moli portuali di Rimini e Cattolica il contenuto in carbonati si mantiene entro limiti variabili in media tra il 38 e il 42%. Valori minimi sono invece raggiunti in corrispondenza della foce del fiume Savio (29%). A sud di Cattolica, infine i campioni sabbiosi sono troppo scarsi e quindi poco significativi.

Nel tratto costiero romagnolo-marchigiano

studiato il contenuto in carbonati della frazione sabbiosa dei campioni decresce fino a fondali di -8 metri per poi risalire leggermente in quelli di -10 metri. Il contenuto medio in carbonati è, infatti, del 51% lungo la linea di spiaggia, del 41% in fondali di -2 metri, del 37% in fondali di -4 metri, del 35% in fondali di -6 metri, del 34% in fondali di -8 metri e del 36% in fondali di -10 metri.

Nella figura n. 7 si può seguire la variazione complessiva del contenuto in carbonati, procedendo dalla linea di spiaggia verso il largo, lungo i trentatré allineamenti considerati. Nei fondali di -2 metri il contenuto in carbonati delle sabbie mantiene un andamento affine a quello presente lungo la linea di spiaggia, con una accentuazione nell'area sotto l'influsso del Marecchia e una depressione in quella soggetta al Savio, estesa fino a Cesenatico. Un andamento analogo, pur con qualche attenuazione si osserva nei fondali di -4 metri. In quelli di -6 metri praticamente sparisce la accentuazione del contenuto in carbonati nell'area tra la foce del Marecchia e Cesenatico. Nei fondali di -8 metri la situazione si inverte, in quanto predominano i carbonati tra la foce del Savio e Cesenatico e scarseggiano tra questa località e Rimini; si mantengono ugualmente importanti a sud di Rimini. I caratteri dei fondali di -8 metri si accentuano ulteriormente in quelli di -10 metri.

In quindici campioni di ciascun fondale, a partire da quello di -4 metri, è stato determinato anche il contenuto in carbonati complessivo. Nei fondali di -4 e -6 metri questo contenuto si è mantenuto entro valori inferiori a quello presente nella corrispondente frazione sabbiosa variabili tra 0 e 4%. Solo un campione, prelevato in fondali di -6 metri, ha rivelato il 12% di carbonati in meno rispetto alle corrispondenti sabbie. In genere la variazione si è rivelata tanto minore quanto più ricco in sabbia era il campione. Nei fondali di -8 metri questa diminuzione varia tra l'1 e il 23%, mantenendosi in valori variabili tra l'1 e il 4% a sud di Cattolica. Nei fondali di -10 metri, infine, queste riduzioni restano in valori compresi tra il 2 e il 30%, con punte fino al 50% in campioni con sabbie scarse e formate quasi esclusivamente da frammenti di conchiglie. Anche in questo fondale la diminuzione percentuale del contenuto in carbonati nel campione intero si limita a valori dal 2 all'8% tra Cattolica e Pesaro.

La più recente e completa rassegna dei minerali pesanti presenti nel litorale in esame è offerta dal lavoro citato del prof. Gazzi e dei suoi collaboratori⁽²¹⁾. La tabella n. 1 riporta da questo studio l'elenco e le percentuali di tali minerali nelle sabbie litoranee e nei sedimenti fluviali. Nella figura n. 10 si può osservare l'ubicazione dei campioni studiati⁽²²⁾.

Tra i minerali pesanti predominano, nella

(18) P. GAZZI, G. G. ZUFFA, G. GANDOLFI e L. PAGANELLI, *Provenienza e dispersione litoranea delle sabbie delle spiagge adriatiche fra le foci dell'Isonzo e del Foglia: inquadramento regionale*, in «Memorie della Società Geologica Italiana», XII (1973), pp. 1-37.

(19) ANTONIAZZI, *Lineamenti granulometrici*, cit.

(20) Il contenuto in carbonati lungo la linea di spiaggia è stato determinato sull'intera frazione sabbiosa al di sotto di due millimetri.

(21) GAZZI, *Provenienza e dispersione litoranea*, cit.

(22) Tra gli studi precedenti in merito alla composizione mineralogica dei sedimenti litoranei del litorale in esame si possono citare: G. PASSERI, *Dell'Istoria di fossili dell'Agro Pesarese e di altri luoghi vicini*, Bologna, 1775; F. CARDINALI, *Cenni geologici sui dintorni di Pesaro*, Pesaro, 1880, pp. 50; S. TRAVERSO, E. NICCOLI, *Sull'esistenza di un massiccio di rocce cristalline nel bacino dell'Adriatico (Nota preliminare)*, «Atti Soc. Ligustica Cs. Nat. Geogr.», 7, (1896) pp. 139-141; E. ARTINI, *Intorno alla composizione mineralogica di due sabbie del litorale adriatico*, «Rendic. R. Istituto Lombardo Sc. e Lett.», ser. 2, 29, (1896), pp. 800-804; F. SALMOIRAGHI, *Osservazioni mineralogiche sul calcare miocenico di S. Marino (M. Titano) con riferimento all'ipotesi dell'Adria ed alla provenienza delle sabbie adriatiche*, «Rendic. R. Istituto Lombardo di Sc. e Lett.», ser. 2, 36, (1903) pp. 717-737; F. SALMOIRAGHI, *Sull'origine padana della sabbia di Sansego nel Quarnero*, «Rendic. R. Istituto Lombardo di Sc. e Lett.», ser. 2, 40, (1907) pp. 867-887; F. SALMOIRAGHI, *Un'aggiunta alla composizione mineralogica del calcare di San Marino e della Verna*, «Atti della Soc. Ital. Sc. Nat.», 48, (1910) pp. 312-317; I. CHELUSSI, *Psammografia di alcuni pozzi trivellati della Pianura Padana*, «Boll. Soc. Geol. Ital.», 30, 1911, pp. 167-182; I. CHELUSSI, *Contribuzione alla psammografia dei litorali italiani*, «Boll. Soc. Geol. Ital.», 30, 1911, pp. 183-202; I. CHELUSSI, *Appunti petrografici sopra alcune rocce terziarie di sedimentazione della Romagna*, «Boll. Soc. Geol. Ital.», 43, 1924, pp. 189-192; U. BULI, *Le sabbie del Riminese e il loro uso come materiali di costruzione*, «Giornale di Geologia», 10, 1935, pp. 57-81; U. BULI, *Studio sui terreni sabbiosi del litorale riminese*, «Giornale di Geologia», 11, 1936, estr. pp. 29; R. SELLI, *Il bacino del Metauro*, Ediz. Cassa Risparmio di Fano, 1954, pp. 268; P. GAZZI, *Ricerche sulla distribuzione dei minerali pesanti nei sedimenti arenacei dell'Appennino Tosco-Romagnolo*, «Acta Geologica Alpina», 1961, pp. 44; A. RIZZINI, A. VEGGIANI, *Studio della distribuzione delle sabbie a mezzo dei minerali pesanti. Litorale adriatico tra Ravenna e Fano*, Camera di Commercio, Forlì, 1970, pp. 43; A. ANGELI, A. RIZZINI, A. VEGGIANI, *I sedimenti recenti della costa adriatica romagnola. Mineralogia e Stratigrafia del sottosuolo ravennate*, Camera di Commercio, Forlì, 1970, pp. 64.

sabbia litoranea tra Cervia e Pesaro, i granati, gli epidoti, le orneblende e la baritina. La diffusione di una associazione a granato, epidoto e orneblenda era già stata segnalata dal lavoro di Rizzini e Veggiani del 1970⁽²³⁾. Invece la presenza di baritina, accanto a questi minerali, e la sua particolare abbondanza in corrispondenza del litorale riminese, risulta anche in un lavoro inedito del Delft Hydraulics Laboratory⁽²⁴⁾.

Nel lavoro citato di Gazzi le spiagge tra l'Isonzo e il Foglia sono state distinte in sette principali provincie petrografiche sedimentarie. Per quanto concerne il litorale in esame viene detto: « Da Porto Garibaldi a Marina di Ravenna compresa si ha una provincia con caratteri intermedi fra quelli delle province padana e romagnola tipica, caratterizzata, rispetto alla padana, dalla fortissima diminuzione in dolomite e in ortopirosseni e dalla scomparsa di forsterite »...

...« Procedendo verso sud-est aumentano i clasti carbonatici terrigeni, aumenta la baritina, diminuiscono le orneblende e le augiti, mancano gli ortopirosseni, continua a mancare la forsterite »...

... « Da Marina di Ravenna esclusa fino a Cervia, e ancora da Riccione compresa a Pesaro tralasciando per ora la zona di Rimini, si ha una unica provincia con i caratteri appena ora ricordati »... « Questa provincia si può suddividere in due sottoprovincie, romagnola tipica la prima, di Riccione e Pesaro la seconda, per il contenuto in clasti carbonatici terrigeni elevato nella prima e ancor più elevato nella seconda »...

... « La provincia romagnola-pesarese è interrotta, suddivisa in due zone geograficamente distinte, dalla zona di Rimini meglio definibile come provincia della Val Marecchia; questa è caratterizzata dall'altissimo contenuto in clasti carbonatici terrigeni, senza dolomite, e dalla prevalenza assoluta della baritina fra i pesanti »⁽²⁵⁾.

2.5. L'entroterra romagnolo.

Nella costa in esame, come si può osservare nella carta geomorfologica del litorale tra Cervia e Pesaro (figura n. 1), la spiaggia sabbiosa dà luogo, verso l'entroterra, ad una fascia di lidi e di spiagge morte, che larga alla

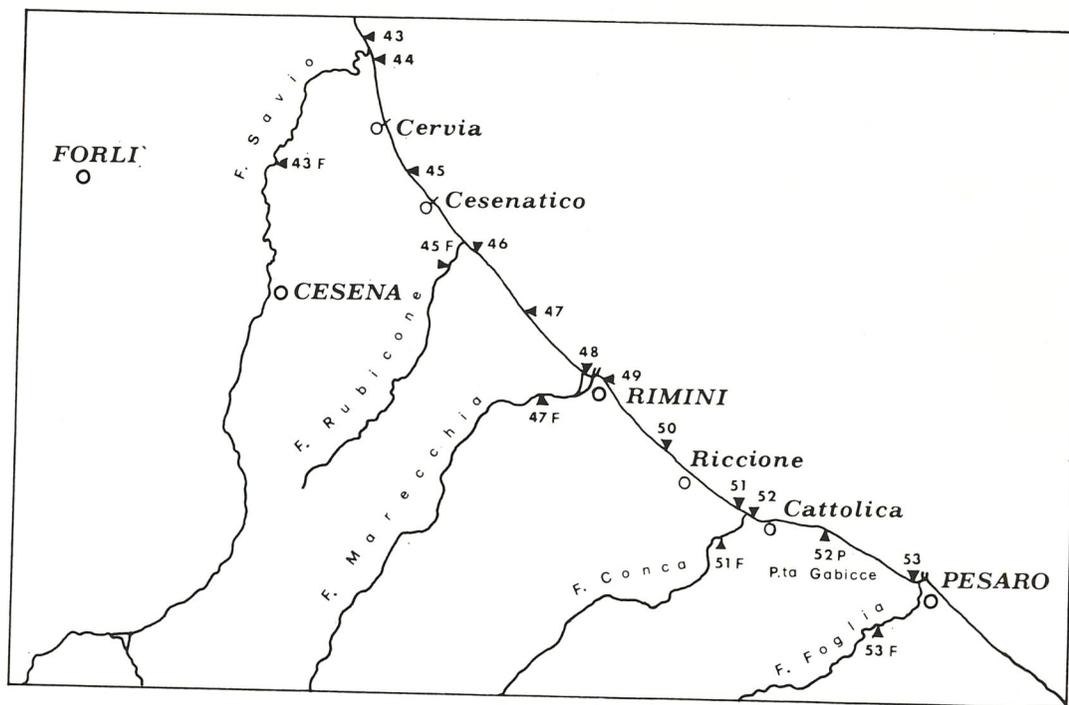


Figura n. 10 — Ubicazione dei campioni studiati nel lavoro di Gazzi, *Provenienza e dispersione litoranea*, cit.

foce del fiume Savio, si restringe presso quella del Rubicone, per poi procedere come un nastro continuo ai piedi della falesia morta, che terrazza verso il mare la fertile pianura alluvionale dalla foce dell'Uso fino a quella del Tavollo, interrotta solo dall'ampio cono alluvionale del fiume Marecchia. Verso nord-ovest, tra le alluvioni della pianura e i lidi e le spiagge morte, si interpone un'area triangolare di lagune morte, che si assottiglia e chiude nella zona delle foci del Rubicone e dell'Uso. Le alluvioni terrazzate, a loro volta, si restringono verso sud-est fino a dar luogo alla collina litoranea pesarese.

Il terrazzamento costiero, già posto in evidenza da Federico Sacco⁽²⁶⁾, è stato recentemente oggetto di vari studi⁽²⁷⁾, tendenti soprat-

tutto a definire l'andamento e l'età della falesia morta. Nella figura n. 11 si possono osservare, tra l'altro, sia la posizione di questa scarpata, sia la sua distanza attuale dalla linea di costa. Nella figura la falesia è rappresentata solo nei tratti in cui è bene evidente. Nelle altre zone è indicata solo l'isoipsa di m 3, che generalmente segna il margine verso il mare della scarpata. Tracce di questo salto di pendenza sono evidenti anche nella zona di Miramare e nella stessa Rimini⁽²⁸⁾.

La fascia di lagune morte, che in parte ospita le saline di Cervia, è mal definita nella sua parte più meridionale, dove la ricostruzione è stata basata soprattutto sulle foto aeree e sull'andamento della superficie del suolo.

⁽²³⁾ RIZZINI, *Studio della distribuzione della sabbia*, cit.

⁽²⁴⁾ DELFT HYDRAULICS LABORATORY NETHERLANDS, *The Coast of the Province of Forlì*, R. 429, June, 1968.

⁽²⁵⁾ GAZZI, *Provenienza e dispersione litoranea*, cit., p. 17.

⁽²⁶⁾ F. SACCO, *Foglio Forlì-Rimini* (100 e 101) della *Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000*, Ufficio Geologico, Giardi, Firenze, 1935.

⁽²⁷⁾ ANTONIAZZI, *L'erosione marina*, cit.; T. LIPPARINI, *Foglio Rimini* (101) della *Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000*, Servizio Geologico d'Italia, A. I. B., Roma (1967); A. VEGGIANI, *La linea di spiaggia tra Ravenna e Pesaro all'inizio dell'era volgare e considerazioni sul ciclo sedimentario olocenico*, in « *Atti del Convegno Internazionale di Studi sulle Antichità di Classe* », Lega, Faenza, 1968, pp. 115-133.; A. VEGGIANI, *Ricerche per la localizzazione degli insediamenti umani preistorici di Cattolica e dell'area adriatica antistante*, in « *Studi Romagnoli* », XVIII (1967), Lega, Faenza 1970, pp. 19-31.

⁽²⁸⁾ M. ZUFFA, *Rimini*, in « *Arte e civiltà romana nell'Italia settentrionale dalla Repubblica alla Tetrarchia* », II, Bologna, 1965, pp. 547-556.

Tabella n. 1

MINERALI PESANTI

	Savio		Rubicone			Marecchia				Conca				P.ta Gabicce		Foglia	
	43	43F	44	45	45F	46	47	47F	48	49	50	51	51F	52	52P	53	53F
Pesanti / 2 - 4 φ %	5,82	3,80	1,87	0,29	0,30	3,53	0,27	1,26	1,14	0,48	0,46	8,59	1,81	7,26	1,29	1,08	0,74
Pesanti / Sabbia %	0,86	0,59	0,46	0,11	0,10	1,83	0,08	0,17	0,18	0,09	0,16	1,27	0,65	0,75	0,36	0,21	0,19
Trasparenti	70,2	77,2	76,0	68,6	54,8	78,0	30,6	43,8	24,2	57,0	76,6	76,8	73,6	75,8	72,8	59,2	71,8
Opachi	14,8	14,8	20,6	21,2	13,2	19,6	23,0	17,2	18,4	15,2	9,6	13,6	16,4	15,2	18,0	14,0	12,8
Torbidi	15,0	8,0	13,4	10,2	32,0	2,4	46,4	39,0	57,4	27,8	13,8	9,6	10,0	9,0	9,2	26,8	15,4
Mesitite	—	—	—	—	tr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Zircone	0,9	0,3	0,3	0,3	4,0	2,3	0,6	1,4	—	tr	0,8	0,8	1,3	—	0,8	—	0,3
Tormalina	2,0	0,8	0,9	0,9	0,4	1,0	0,6	0,4	1,6	1,1	0,5	0,8	0,8	0,5	1,6	0,7	tr
Rutilo	1,4	0,8	0,3	1,4	1,4	2,8	3,3	1,4	0,8	0,3	1,3	1,0	1,3	1,3	3,0	1,0	2,2
Granato	43,3	51,5	42,8	35,6	47,4	61,8	28,8	32,9	21,5	20,5	37,6	55,5	45,9	48,3	55,2	26,0	36,8
Titanite	1,7	2,3	0,9	1,7	3,3	2,3	1,3	1,8	2,5	2,1	2,9	2,3	1,9	1,1	1,4	1,4	5,6
Ortite	0,6	0,3	0,3	0,6	tr	0,3	1,3	—	—	0,3	0,5	0,5	0,8	—	0,6	—	—
Epidoto e Zoisite	27,0	23,0	29,7	24,2	4,0	13,1	10,5	2,3	2,5	20,0	28,5	15,4	17,7	21,6	18,4	33,5	28,1
Cloritoide	0,6	0,3	0,3	0,9	0,7	0,3	0,6	1,8	1,6	0,7	0,3	1,0	0,5	0,5	0,8	0,7	1,4
Staurolite	5,4	3,4	1,5	2,9	4,4	1,5	3,3	1,4	2,5	2,5	3,9	3,4	1,9	5,6	4,1	4,7	3,0
Glaucofane	1,4	0,5	1,5	0,6	0,4	0,7	—	—	tr	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,6	1,4	0,3
Cianite	2,0	1,5	1,8	1,2	1,1	0,7	0,6	—	—	1,4	1,3	2,1	0,5	3,2	2,5	2,0	1,7
Andalusite	—	—	0,6	—	—	—	—	—	—	tr	—	—	0,3	—	—	0,7	—
Sillimanite	—	—	—	tr	0,4	—	—	—	0,8	0,3	tr	0,3	0,3	0,5	—	0,7	—
Orneblenda	4,8	3,4	9,1	8,4	1,1	3,6	9,8	0,9	5,8	10,9	10,4	5,2	6,8	6,6	6,1	18,2	8,9
Augite	0,6	—	0,6	0,9	1,8	0,3	—	1,4	1,6	0,3	1,0	—	0,5	—	—	1,0	tr
Ortopirosseno	—	—	—	—	—	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Forsterite	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Anatasio e Brookite	1,4	1,3	1,5	2,3	2,6	0,5	2,0	5,0	0,8	2,1	0,5	—	1,7	0,3	1,9	0,3	4,5
Baritina	5,7	10,3	7,6	11,7	5,1	4,1	32,7	43,4	53,0	35,1	8,9	9,9	14,7	10,0	1,6	6,4	6,9
Corindone	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3	—
Monazite	0,3	—	—	—	tr	—	—	tr	—	—	—	0,5	0,3	—	—	—	—
Picotite	0,9	0,3	0,3	6,4	21,9	4,4	4,0	5,9	5,0	2,1	1,3	1,0	2,2	tr	1,4	1,0	0,3
Pumpellyte	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Xenotime	tr	—	—	—	—	0,3	—	—	—	—	—	—	0,3	—	—	—	—
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Pesanti : granuli insolubili a freddo in soluzione normale di HCl, di dimensioni comprese nell'intervallo 2-4 φ, di densità > 2,967.

Pesanti/2-4 φ : pesanti su totale granuli non carbonatici di dimensioni comprese in tale intervallo.

Pesanti/Sabbia : pesanti su totale frazione sabbia (1-5 φ) terrigena.

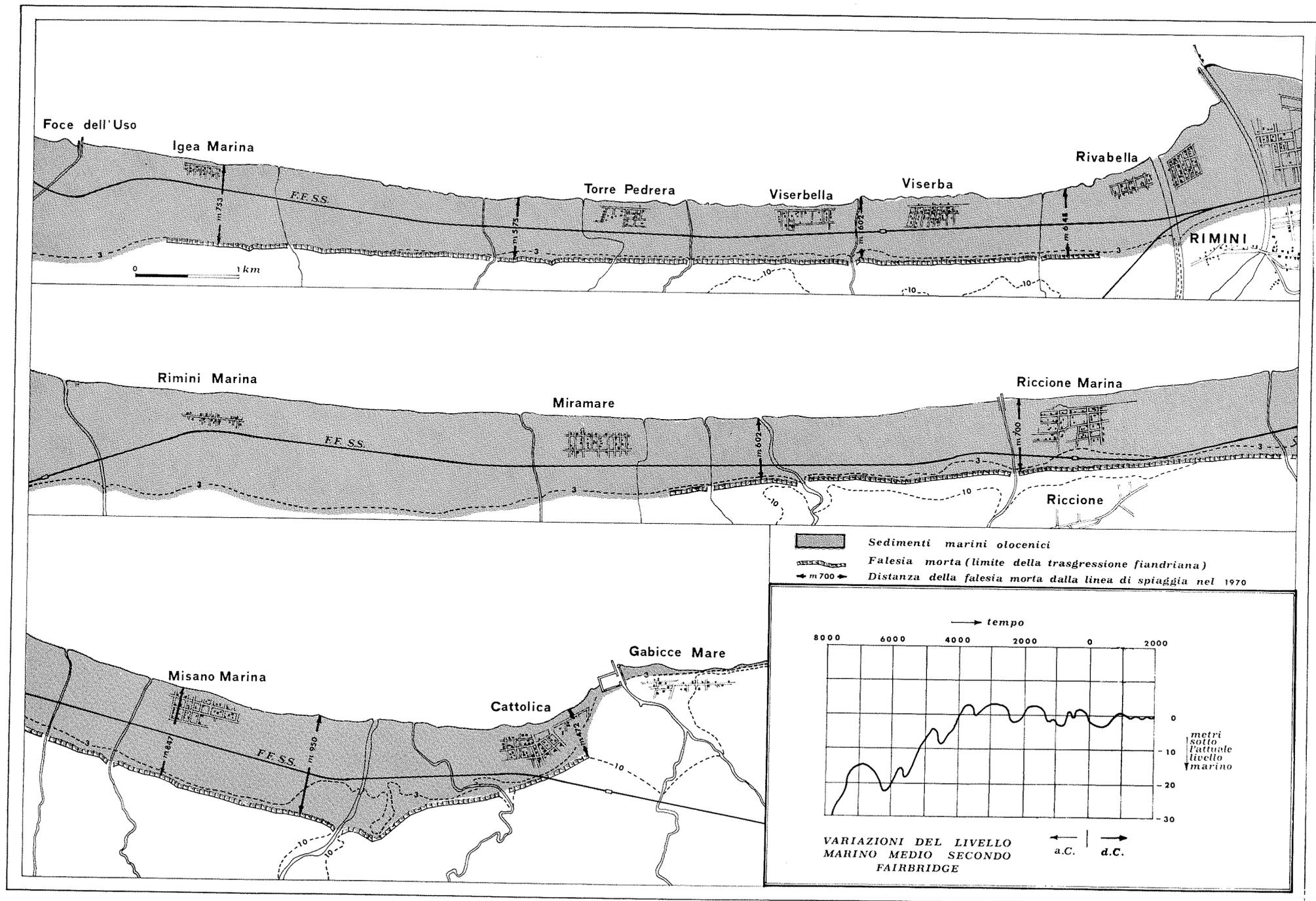


Figura 11 — Terrazzamento costiero nel litorale tra Igea Marina e Cattolica.

2.6. Morfologia e sottosuolo della spiaggia.

Nella figura n. 12 si possono osservare otto sezioni geologiche schematiche, scelte in modo da caratterizzare la morfologia della costa in esame. Nelle prime sette di tali sezioni, ricostruite sulla base di colonne stratigrafiche di pozzi acquiferi perforati nella zona, si può constatare come lo spessore delle sabbie marine recenti si riduca dal cerviese, dove sono segnalati dei massimi di una trentina di metri, verso sud, dove queste sabbie, della potenza di otto o nove metri, presentano a tratti intercalazioni limose e argillose e poggiano su più antichi sedimenti alluvionali piuttosto argillosi. Tale situazione presenta notevoli analogie con quella del ravennate dove « i sedimenti marini olocenici... sono spessi 20 m circa e sono costituiti prevalentemente da sabbie con piccole intercalazioni siltoso-argillose. La serie marina è costituita da sedimenti di scarsa profondità o di tipo litorale, come dimostrano le associazioni faunistiche rinvenute in esse. Sotto i sedimenti marini si rinvencono, a circa 25 m di profondità dall'attuale piano di campagna, argille e limi giallastri con intercalazioni di sabbie di età tardo-pleistocenica od olocenica inferiore di ambiente continentale. La serie marina olocenica si chiude con depositi di spiaggia costituiti da cordoni litorali sabbiosi in parte sostituiti lateralmente da argille torbose e limi di origine lagunare. Questi depositi di fine ciclo hanno uno spessore al massimo di 4-5 m »⁽²⁹⁾.

Nella sezione geologica parallela alla costa, evidente nella figura n. 13, si può osservare la situazione litologica del sottosuolo della spiaggia fino alla profondità di centoventi metri, quale risulta in base alle colonne stratigrafiche di pozzi acquiferi perforati nella zona. Benchè le stratigrafie utilizzate, ricostruite empiricamente dai sondatori di varie ditte di diversa levatura tecnica, manchino della determinazione dell'età geologica e della facies dei sedimenti, hanno consentito di evidenziare nel sottosuolo la successione di almeno quattro significativi allineamenti di sedimenti sabbiosi o ghiaiosi alternati ed altrettante fasi di sedimentazione argilloso-limosa.

(29) ANGELI, *I sedimenti recenti*, cit., p. 6.

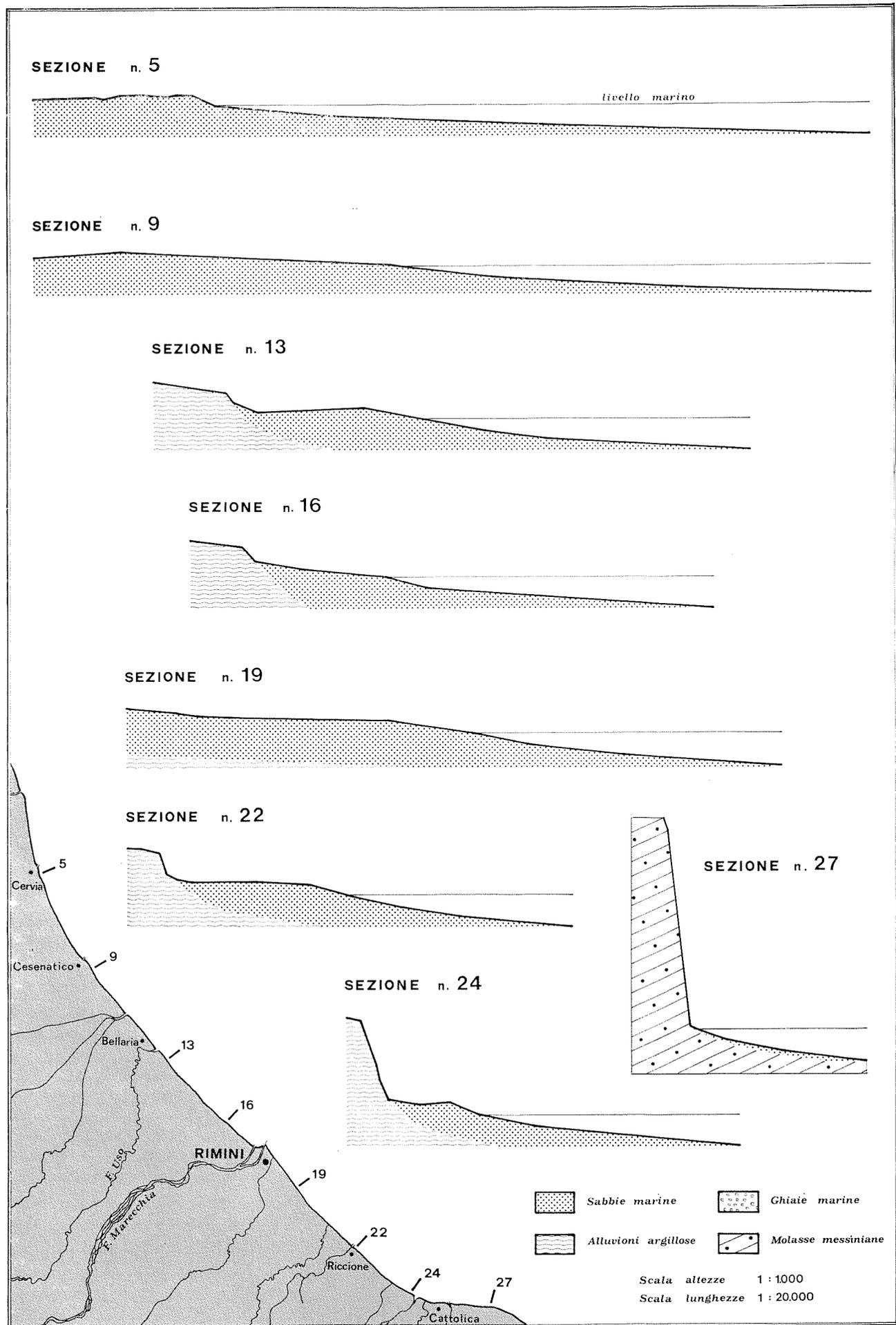


Figura n. 12 — Profili del terreno e sezioni geologiche normalmente alla costa.

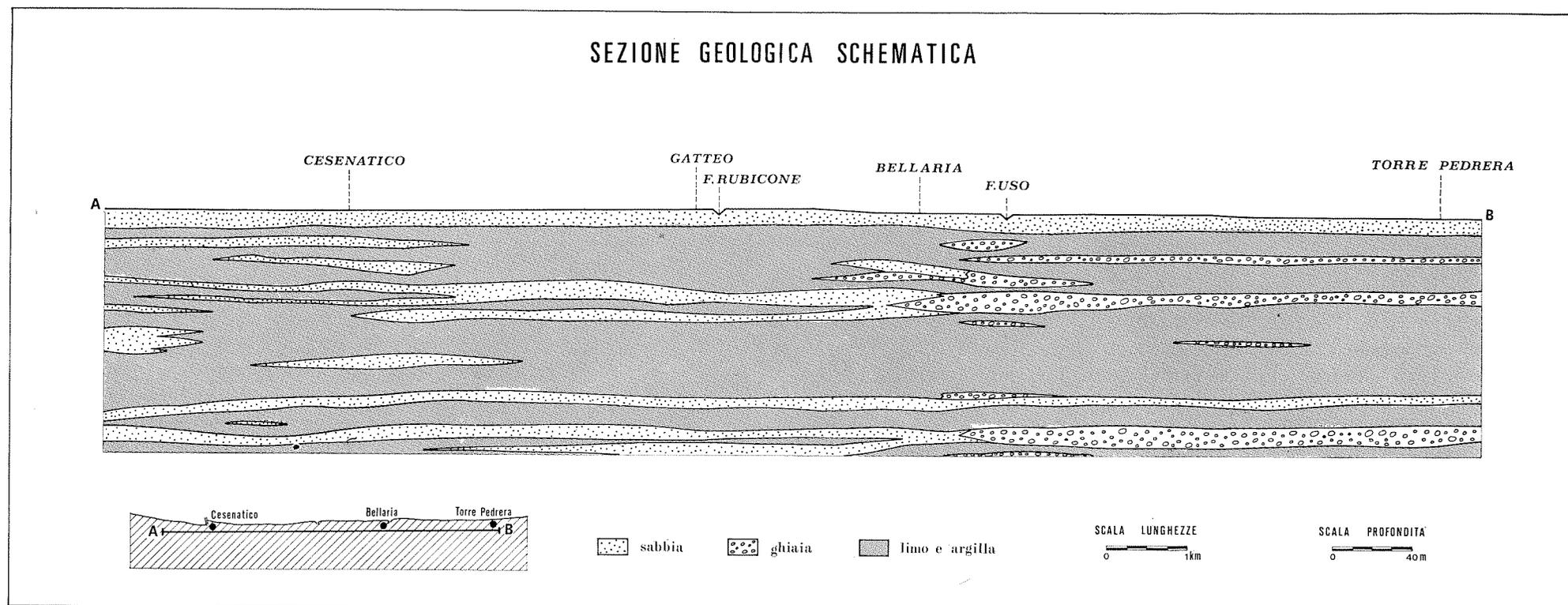


Figura n. 13 — Caratteristiche del sottosuolo tra Cesenatico e Torre Pedrera.

Le vicende geologiche del Quaternario recente lungo le nostre spiagge appaiono così piuttosto complesse e meriterebbero di essere studiate particolareggiatamente.

2.7. La costa alta marchigiana.

Tra Gabicce e Pesaro « il mare ha scolpito, e tuttora flagella alla base, alte pittoresche balze, non prive di qualche sinuosità dove si annidano romite spiaggette ⁽³⁰⁾ ». Lungo questa costa affiorano, in netta prevalenza, arenarie debolmente cementate con frequenti intercalazioni argillose del Messiniano medio e superiore. Solo a nord di Casteldimezzo e di S. Marina l'erosione ad opera del mare ha posto in luce sia le sottostanti marne tripolacee e tripoli del Messiniano inferiore e medio, sia la formazione dello schlier, costituita da alternanze di marne, marne calcaree e calcari marnosi grigio-biancastri, del Tortonian-Elveziano ⁽³¹⁾.

La ripida falesia, che si eleva ad un'altezza variabile tra i 150 e i 200 metri sul livello marino, è incisa nel fianco di una struttura anticlinale subparallela alla costa, che il mare ha eroso profondamente, giungendo fino al nucleo specie nel tratto a nord-ovest di S. Marina. Il prof. Umberto Toschi già nel 1929 ⁽³²⁾ ha sottolineato l'origine erosiva di questa falesia, in contrasto con quanti in passato ritenevano che « una lunga faglia avrebbe separato la parte ora emersa di tutta questa serie di colline costiere, abbassandone il rimanente sotto il livello marino ». Il prof. Raimondo Selli, infine, afferma nel 1954 ⁽³³⁾ che: « L'una e l'altra sono interpretazioni un po' unilaterali. Infatti è indubbio che le falesie in atto o morte della costa marchigiana devono la loro forma attuale all'azione del mare e subordinatamente a frane ed acque dilavanti; è però a mio parere assai probabile anche l'esistenza di faglie, fasci di faglie o forti ginocchiate a qualche centinaio di metri o chilometro dalla costa attuale ».

Tra il piede della falesia e il mare si estende una breve spiaggia emersa ghiaiosa, che si protende verso il mare generalmente non oltre venti metri. Nella spiaggia sottomarina la ghiaia, estesa fino ad una profondità quasi sempre inferiore ai due metri, lascia poi il posto a sedimenti sabbiosi. Al limite tra queste due fasce granulometriche, il moto ondoso libera a volte dalla esile copertura il substrato roccioso,



Figura n. 14 — La costa alta marchigiana vista dalla foce del Conca.

ponendolo in piena evidenza sul fondo. Talvolta nei fondali poco profondi si possono osservare anche blocchi arenacei più o meno grandi, derivati dal franamento della falesia.

Il campo di variabilità delle ghiaie nella spiaggia emersa tra Gabicce e Pesaro è rappresentato nella figura n. 19. Circa la loro composizione mineralogica Angeli ⁽³⁴⁾ afferma che « la frazione più grossolana della ghiaia (5-15 centimetri di diametro) è costituita in buona parte di ciottoli arenacei provenienti dalla demolizione della falesia stessa, mentre nella frazione più fine prevalgono gli elementi estranei. Fra questi, oltre agli elementi che potrebbero

provenire dal fiume Foglia, sorprende la straordinaria abbondanza di elementi provenienti dalle formazioni mesozoiche delle Marche: selce rossa, selce bianca e grigia, calcare bianco e rosa (scaglia bianca e rossa), associati spesso con la selce, calcare bianco (rupestre). Il fiume più prossimo che attualmente porta al mare elementi di questa natura è il Metauro. Tuttavia non si può ammettere un trasporto attuale da sud di questi ciottoli, per i seguenti motivi: il porto di Pesaro costituisce una barriera non superabile per il trasporto lungo la costa di ghiaia grossolana; la spiaggia a sud di Pesaro inoltre è essenzialmente sabbiosa con solo rari

⁽³⁰⁾ A. SESTINI, *Il paesaggio*, T. C. I., Milano, 1963, p. 120.

⁽³¹⁾ Si veda in proposito il foglio 109 (Pesaro) della carta geologica d'Italia in scala 1:100.000 del 1962, il cui rilevamento è stato diretto dal professore Raimondo Selli.

⁽³²⁾ U. TOSCHI, *Studi sul litorale adriatico della penisola italiana. III: La collina litoranea tra Cattolica e Fano*, Bologna, 1929. Tra i sostenitori della faglia si vedano: D. PAOLI, *Fatti per servire alla storia di mutamenti avvenuti sulla costa d'Italia da Ravenna ad Ancona per gli interrimenti e considerazioni sul moto radente*, in «Atti Riun. Scienziati Italiani in Firenze», Firenze, 1842; U. PAGANI, *Linea di faglia e terremoti nel pesarese*, in «Boll. Soc. Geol. It.», 26, 1907, pp. 175-188; F. CARDINALI, *Cenni geologici sui dintorni di Pesaro, strati a Congerie e piccoli Cardi, conglomerato poligenico*, Pesaro, 1880.

⁽³³⁾ R. SELLI, *Il bacino del Metauro*, Cassa di Risparmio di Fano, Fano 1954, p. 63.

⁽³⁴⁾ ANGELI, *Notizie sulla granulometria*, cit., pp. 3-6.

e piccoli ciottolotti sparsi di diametro in genere inferiore a 2 centimetri, mentre nelle ghiaie della costa a nord non sono rari ciottoli di rocce *marchigiane* con diametro superiore a 5 centimetri. L' unica spiegazione plausibile sembra quella che i ciottoli di rocce della serie marchigiana, attualmente presenti nella ghiaia al piede della falesia, provengano da un deposito corrispondente ad una spiaggia antica, posta più al largo di quella attuale, ed attualmente ripresi dall'erosione marina. Al riguardo vale la pena di notare la stretta analogia di questi ciottoli con quelli segnalati da Veggiani ⁽³⁵⁾ nelle cave di sabbia e ghiaia tra Cesenatico e Ravenna, cave che sfruttano appunto una antica spiaggia ghiaiosa ».

L'evoluzione della costa marchigiana in esame è legata sia allo scalzamento alla base, operato dall'azione del mare, sia all'opera delle acque superficiali e sotterranee, che sviluppano tanto un'erosione diffusa e incanalata dei terreni in superficie, quanto un indebolimento della compagine della roccia, penetrando nelle diaclasi e fluidificando i livelli argillosi presenti tra gli strati e i banchi molassici. Il veloce allontanamento ad opera del mare dei materiali dilavati e trascinati in superficie e la più lenta distruzione delle masse franate, espongono sempre nuova roccia all'erosione e determinano il progressivo arretramento della costa.



Figura n. 15 — Un aspetto della falesia presso la Vallugola.

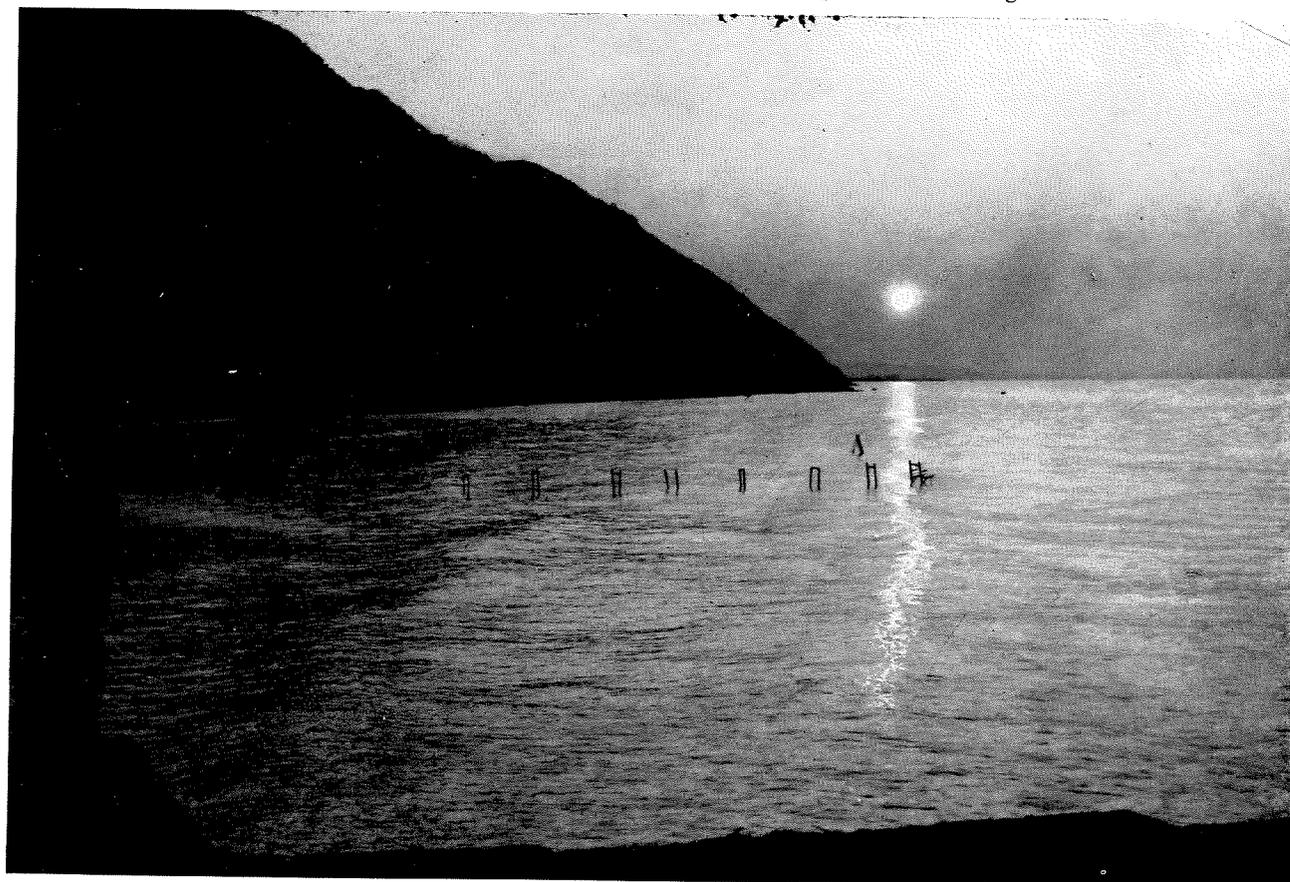


Figura n. 16 — Un altro aspetto della falesia presso Gabicce.

⁽³⁵⁾ A. VEGGIANI, *Le cave di sabbia e ghiaia tra Cervia e Ravenna e il loro interesse geologico*, in « Studi Romagnoli », XI (1960), Lega, Faenza, 1963.



Figura n. 17 — Trapanazione ad opera del mare ai piedi della falesia tra Gabicce e Pesaro.



Figura n. 18 — Aspetto della spiaggia ghiaiosa ai piedi della falesia fra Gabicce e Pesaro.

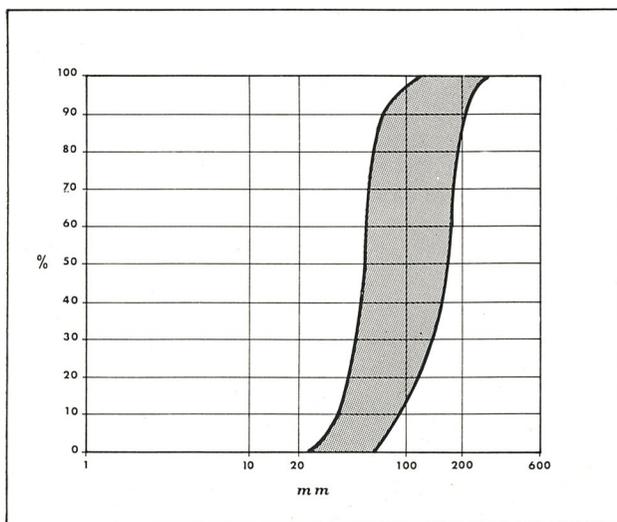


Figura n. 19 — Campo di variabilità della ghiaia lungo la spiaggia emersa tra Gabicce e Pesaro.



Figura n. 20 — Distribuzione delle ghiaie nella spiaggia tra Gabicce e Pesaro.



3. - VARIAZIONI DELLA LINEA DI SPIAGGIA

3.1. La trasgressione fiandriana.

Per poter interpretare la morfologia attuale del litorale romagnolo-marchigiano in esame è necessario risalire di 18-20 mila anni nel tempo, fino al culmine della glaciazione würmiana, quando il livello marino si era ridotto sulla superficie del pianeta di un centinaio di metri, a causa dell'accumulo di potenti coltri di ghiaccio sulle aree continentali. Basta osservare la carta batimetrica dell'alto Adriatico (figura n. 21) per accorgersi che in tale situazione, ferme restando le altre condizioni geologiche, gran parte del bacino settentrionale di questo mare doveva essere emersa. E' appunto su questa base che, De Marchi prima e Blanc poi ⁽¹⁾, affermarono che la linea di costa padana doveva trovarsi all'incirca sulla congiungente Ancona-Zara. Il De Marchi, inoltre, aveva riconosciuto che la morfologia del fondo dell' Adriatico settentrionale conservava la tipica impronta di una rete idrografica stabilitasi su di una terra emersa. Un grande Po primitivo, dopo aver raccolto tutte le acque dei fiumi dell'alto Adriatico, le avrebbe così convogliate in mare a sud-est di Ancona (figura n. 22).

Anche studi più recenti ⁽²⁾ hanno confermato che « le ondulazioni delle curve batimetriche caratteristiche dei fondali della piattaforma adriatica fanno trapelare forme caratteristiche di antiche strutture continentali. Si tratta di culminazioni di deposizione alluvionale, di incisioni di origine fluviale, rimaneggiate da una paleoidrografia superficiale, e di ondulazioni sovrapposte, che rappresentano i residui di antichi sistemi di dune, di cordoni lagunari e di litorali poi modificati dalle correnti marine

e dal moto ondoso durante il successivo e graduale aumento del livello marino ⁽³⁾ ».

La distribuzione francamente anomala dei sedimenti nell' Adriatico settentrionale è ad un tempo prova e conseguenza della sua passata emersione. In questa zona infatti, procedendo dalla costa italiana verso il largo, si osservano dapprima un'esile fascia sabbiosa litoranea, seguita regolarmente verso il mare aperto da limi sabbiosi e poi da limi argillosi; successivamente una distribuzione inversa, che fa incontrare, in fondali sempre più profondi, sedimenti progressivamente più grossolani, fino a dar luogo nuovamente a sabbie nella parte media del bacino. Questa particolare situazione viene giu-

stificata ammettendo che la serie regolare in prossimità della costa è dovuta alla sedimentazione litoranea attuale e che nella parte centrale dell' Adriatico settentrionale, invece, affiorano ancora i sedimenti continentali e costieri del Würmiano, cioè della fine del Pleistocene ⁽⁴⁾, si veda in proposito la figura n. 23.

Gli studi generali sulle variazioni del livello marino dalla glaciazione di Würm ad oggi ⁽⁵⁾ hanno posto in evidenza che, su scala mondiale, il livello marino è progressivamente salito in conseguenza del miglioramento climatico instauratosi a partire all'incirca da 17 mila anni fa. Questo fatto ha determinato quell'arretramento della costa, a causa del progredire

⁽¹⁾ C. DE MARCHI, *Variazioni del livello dell' Adriatico in corrispondenza colle espansioni glaciali*, in « Atti Acc. Sc. Vent. Trent. Istr. », 12-13, Padova 1922. A. C. BLANC, *La stratigraphie de la plaine côtière de la basse Versilia (Italie) et la trasgressione fiandrienne en Méditerranée*, in « Revue de Géogr. Phisique et de Géol. Dynamique », 9, Paris 1936, pp. 129-160. A. C. BLANC, *Variazioni climatiche ed oscillazioni della linea di riva nel Mediterraneo centrale durante l'Era glaciale*, in « Geologie des Meere und Binnengewässer », 5 Heft 2, 1942.

⁽²⁾ L. VAN STRAATEN, *Sedimentation in the north-western part of Adriatic sea*, « Proceeding Colston Research Society », 17, Londra 1965, pp. 143-160; F. MOSETTI, *Morfologia dell' Adriatico settentrionale*, « Boll. di Geofisica Teorica ad Applicata », 8, n. 30, 1966, pp. 138-150; A. BRAMBATI, G. A. VENZO, *Recent sedimentation in the Northern Adriatic sea between Venice and Trieste*, « Studi Trentini di Sc. Nat. », sez. A. 46, n. 2, 1967, pp. 202-274; G. A. VENZO, A. BRAMBATI, *Evoluzione e difesa delle coste dell' alto Adriatico da Venezia a Trieste*, « Rivista Italiana di Geotecnica », n. 3, 1968, pp. 103-119.

⁽³⁾ B. PIGORINI, *Morfologia dei fondali adriatici*, in « Scienza e tecnica 69 », Milano, 1968, p. 35.

⁽⁴⁾ VAN STRAATEN, *Sedimentation*, cit.

⁽⁵⁾ J. R. CURRAY, *Sediments and History of Holocene Transgression, Continental Shelf, Northwest Gulf of Mexico*, « Recent Sediments, Northwest Gulf of Mexico », A. A. P. G., Tulsa (Oklahoma), 1960, pp. 221-263; F. P. SHEPARD, *Rise of sea Level along Northwest Gulf of Mexico*, « Recent Sediments, Northwest Gulf of Mexico », A.A.P.G., Tulsa (Oklahoma), 1960, pp. 338-344; R. W. FAIRBRIDGE, *Eustatic changes in sea level*, in « Physics Chem. of the Earth », Pergamon, London 1961, pp. 99-185; F. P. SHEPARD, *Sea level changes in the past 6000 years: possible archeological significance*, in « Science », 143, 1964, pp. 574-576; J. C. SCHOFIELD, *Postglacial sea-levels and isostatic uplift*, in « New Zeland Jour. Geol. Geophys », 7, 1964, pp. 359-370; S. JELGERSMA, *Sea level changes during the last 10.000 years*, Symposium Royal Met. Soc. Proc., London 1966, pp. 54-71; A. C. REDFIELD, *Post-glacial change in sea level in the Western-North Atlantic Ocean*, in « Science », 157, 1967, pp. 687-692; D. W. SCHOLL, *Recent sedimentary record in mangrove swamps and rise in sea level over the South-Eastern coast of Florida: part 1*, in « Marine Geology », 1, 1964, pp. 344-366; F. P. SHEPARD, *Carbon 14 determination of sea level change in stable areas*, « Progress in Ocean, Pergamon, Oxford 1967, pp. 283-291; V. COTECCHIA, G. DAL PRA, G. MAGRI, *Oscillazioni tirreniane e oloceniche del livello del mare nel golfo di Taranto, corredate da datazioni col metodo del radiocarbonio*, in « Geol. Appl. e Idrogeol. », IV, 1969; C. M. MARINO, B. PIGORINI, *Datazione dei sedimenti recenti del mare Adriatico col metodo del radiocarbonio*, « Atti Soc. Ital. Sc. Nat. », CIX, fasc. 4, 1969, pp. 469-484.

del mare sulle terre emerse, indicato col nome di *trasgressione fiandriana*. L'innalzamento del livello marino secondo alcuni autori ⁽⁶⁾ si è verificato rapidamente fino a circa seimila anni fa e successivamente ha dato luogo ad oscillazioni di qualche metro al di sopra e al di sotto del livello attuale, secondo altri autori ⁽⁷⁾ si sarebbe invece innalzato dapprima piuttosto rapidamente, giungendo cinquemila anni fa a circa sei metri al di sotto del livello odierno, poi più lentamente fino a raggiungere la posizione attuale.

Lo sviluppo della trasgressione fiandriana nell'Adriatico settentrionale è stato così compendiatamente da Brambati ⁽⁸⁾: « Durante la trasgressione postwürmiana l'innalzamento del livello marino di m 110-115 ⁽⁹⁾, non è stato progressivo e costante, ma alternato a lievi regressioni o a stadi nella trasgressione, per cui i sedimenti dell'Adriatico settentrionale, che costituivano la paleopianura alluvionale padano-veneta, sono stati soggetti a fasi alterne di rimaneggiamento a seconda del procedere della trasgressione... Brambati e Venzo ⁽¹⁰⁾ hanno dimostrato che nell'Adriatico settentrionale tra Venezia e Trieste la trasgressione marina è avvenuta attraverso più fasi successive, di cui, le due principali, separate da un periodo di stasi o di momentanea regressione corrispondente a circa m -25 rispetto all'attuale livello marino e caratterizzata dall'inversione della circolazione delle acque (da W a E e poi da E a W). Durante la trasgressione, per la modesta energia dell'ambiente dovuta alla debole pendenza del fondo marino (0,70 m/km) ed alle condizioni di bacino chiuso, le dispersioni longitudinali o trasversali alla linea di spiaggia furono modeste e mai tali da alterare le caratteristiche fisiografiche della paleopianura ora sommersa... Negli ultimi millenni, la trasgressione marina si è attenuata, per cui i maggiori fattori che hanno controllato il trasporto, la dispersione, la deposizione e quindi le facies... hanno fatto sì che nell'Adriatico settentrionale si sia avuto un generale progredire della costa (in forma di delta e barre) più o meno accentuato a seconda del controllo esercitato dalle correnti marine sugli apporti terrigeni fluviali »

Agli studi sui sedimenti superficiali dell'Adriatico settentrionale, eseguiti mediante il prelievo di campioni con benne e con carotieri di qualche metro di lunghezza ⁽¹¹⁾, si è aggiunto nel 1971 un lavoro ⁽¹²⁾ fondato su campioni

prelevati durante l'esecuzione di alcuni sondaggi geotecnici a carotaggio continuo, eseguiti a cura dell'Agip mineraria e dell'Agip-Shell. Questo studio, si veda in proposito la figura n. 24, ha confermato «che durante l'ultima grande glaciazione (Würmiano) l'alto Adriatico era emerso e si era trasformato in una vasta pianura alluvionale... che questi depositi continentali si estinguono verso sud passando a sedimenti vallivi, lagunari e marini costieri... (che) sul fondo marino della parte centrale della piattaforma continentale adriatica, dopo l'innalzamento del livello marino verificatosi nel Postglaciale... non vi è stata praticamente sedimentazione... (che) un'attiva sedimentazione di limi e argille si è avuta invece, dopo che il mare raggiunse grosso modo il livello attuale, lungo la fascia marina costiera, che in corrispondenza della costa romagnola è larga una trentina di chilometri ⁽¹³⁾ ».

Il limite raggiunto dalla trasgressione fiandriana è individuato dalla scarpata, evidente nella figura n. 11, che « rappresenta la falesia originata dall'azione erosiva del mare durante la fase di massima ingressione 5.000 anni fa. Da Bellaria fino a Cattolica quindi è possibile tracciare con esattezza, data la presenza di questo elemento morfologico, l'andamento di tale antica linea di spiaggia ⁽¹⁴⁾ ». Nello stesso lavoro Veggiani precisa inoltre il fatto che « la

falesia visibile solo tra Bellaria e Cattolica e non compaia nella pianura cesenate e ravennate ed inoltre che la sua distanza dalla linea di spiaggia attuale sia in media dell'ordine di 700 metri nel tratto da Bellaria a Cattolica ed invece la corrispondente linea di costa di 5.000 anni fa raggiunga una distanza massima di 20 chilometri a NW di Ravenna, è spiegabile con fenomeni di subsidenza differenziale del suolo ».

L'esistenza di questa falesia morta e di cordoni sabbiosi di dune, che indicano le posizioni successive della linea di riva di età postwürmiana nel delta del Po ⁽¹⁵⁾ depone a favore della tesi di Fairbridge ⁽¹⁶⁾ sulle variazioni oloceniche del livello marino, illustrate nella figura n. 11, piuttosto che di quella di Shepard ⁽¹⁷⁾, che vuole un progressivo aumento del livello marino fino alla posizione attuale. Il grafico di Fairbridge rivela che l'aumento del livello marino negli ultimi 10.000 anni non è stato lineare, ma ha subito numerose oscillazioni. Circa 6000 anni fa il mare ha raggiunto il livello attuale. Successivamente lo ha superato varie volte, con delle punte massime circa 5600, 5000, 3700, 2300 e 1000 anni fa, e più volte è sceso al di sotto di esso, con massimi abbassamenti 4300, 2800 e 1700 anni fa. Questo consente di datare l'origine della falesia morta tra Bellaria e Cattolica a circa 5600 anni fa e

⁽⁶⁾ FAIRBRIDGE, *Eustatic*, cit.

⁽⁷⁾ SHEPARD, *Sea level changes*, cit.

⁽⁸⁾ A. BRAMBATI, *Provenienza, trasporto e accumulo dei sedimenti recenti nelle lagune di Marano e di Grado e nei litorali tra i fiumi Isonzo e Tagliamento*, in «Memorie della Soc. Geol. It.», IX, 1970, pp. 283-285.

⁽⁹⁾ VAN STRAATEN, *Sedimentation*, cit.

⁽¹⁰⁾ BRAMBATI e VENZO, *Recent sedimentation*, cit.

⁽¹¹⁾ M. A. CHIERICI, M. T. BUSI, M. B. CITA, *Contribution a une étude écologique des Foraminifères dans la mer Adriatique*, «Revue de Micropaleontologie», V, n. 2, 1962, pp. 123-142; M. B. CITA, M. A. CHIERICI, *Crociera talassografica adriatica 1955. V. Ricerche sui Foraminiferi contenuti in 18 carote prelevate sul fondo del mare Adriatico*, «Archivio di Oceanografia e Limnologia», fasc. 3, 1962, pp. 297-359; P. ASCOLI, *Crociera talassografica adriatica 1955 VI Ricerche ecologiche sugli Ostracodi contenuti in 16 carote prelevate sul fondo del mare Adriatico*, «Archivio di Oceanografia e Limnologia», XIV, fasc. 1, 1965, pp. 69-138; C. L. D. COHEN, *Coccoliths and Discoasters from Adriatic bottom sediments*, «Leidse Geol. Medelingen», XXXV, 1965, pp. 1-44; VAN STRAATEN, *Sedimentation*, cit.; F. MOSETTI, *Morfologia dell'Adriatico settentrionale*, «Boll. Geofis. Teor. Applic.», VIII, 1966, pp. 138-150; B. PIGORINI, *Aspetti sedimentologici del mare Adriatico*, «Memorie Soc. Ital. Sc. Nat.», XVI, fasc. 3, 1967, pp. 131-199; BRAMBATI e VENZO, *Recent sedimentation*, cit.; M. MASOLI, *Ostracodi recenti dell'Adriatico settentrionale tra Venezia e Trieste*, «Memorie del Museo Tridentino di Scienze Naturali», XVII, fasc. 1, 1968, pp. 1-100; M. MASOLI, M. L. ZUCCHI, *Paleontologia ed ecologia dei sedimenti attraversati dal pozzo di S. Sabba 2 - Golfo di Trieste*. Estratto da «Bollettino della Biblioteca e dei Musei Civici e delle Biennali d'Arte Antica», 1968, Udine, p. 16; ANTONIAZZI, *Lineamen-*

⁽¹²⁾ A. VEGGIANI, A. DE FRANCESCO, *I terreni superficiali del fondo del mare Adriatico al largo della costa romagnola*, in «Bollettino Mensile della Camera di Commercio», n. 9-11, 1971, estratto, pp. 60.

⁽¹³⁾ *Ibidem*, pp. 43-44.

⁽¹⁴⁾ VEGGIANI, *La linea di spiaggia*, cit., p. 126.

⁽¹⁵⁾ M. CIABATTI, *Ricerche sull'evoluzione del delta padano*, in «Giorn. Geol.» Ser. II, 34, Bologna, 1967, pp. 28; M. BONDESAN, *Nuovi dati sull'evoluzione dell'antico delta padano in epoca storica*, in «Atti Acc. Ss. Ferrara», 43-44, 1968, pp. 16.

⁽¹⁶⁾ FAIRBRIDGE, *Eustatic*, cit.

⁽¹⁷⁾ SHEPARD, *Sea level changes*, cit.

di ritenere che successivamente il mare sia giunto a lambirla più volte. Solo studi particolareggiati del sottosuolo potranno dare conferma o smentita a questa tesi. Tuttavia l'ammissione di un unico ritiro del mare a partire dal massimo della trasgressione fiandriana⁽¹⁸⁾ porta ad ammettere che « molto modesti sono stati nel tratto da Cesenatico a Cattolica gli arretramenti della linea di costa dal 3000 a. C. all'inizio dell'era volgare. In epoca romana il mare era molto vicino alla scarpata che costituiva il limite di abitabilità di tutta questa zona. I vecchi centri costieri sono inizialmente sorti a monte di tale spalto. Solo in epoca medioevale e nei tempi moderni si sono sviluppati nella piana sottostante, che veniva via via abbandonata dal mare. Così a Rimini, a Riccione e a Cattolica. In particolare a Rimini si può arguire, in base ai resti archeologici, che la linea di costa all'inizio dell'era volgare non fosse molto lontana dalle mura urbane di età imperiale⁽¹⁹⁾ ». La lentezza dell'arretramento del mare, almeno nel riminese, viene ulteriormente precisata dall'affermazione del Silvestrini che « esiste entro le mura della Città (di Rimini), tra il fabbricato dell'Ospedale e l'antica porta Marina, una via denominata S. Maria al Mare, che si distacca dall'attuale corso Umberto I e raggiunge la riva destra del Marecchia. Ivi, e cioè nell'antico borgo di Marina, subito fuori le mura, esisteva la chiesa di S. Maria al Mare, costruita nel secolo XII, che venne distrutta sul principio del 1800. Ora il nome della Chiesa e quello della via stanno ad indicare che da quel punto il mare, che ora dista oltre un chilometro e mezzo, non doveva essere molto lontano⁽²⁰⁾ ». La permanenza del mare presso la falesia all'inizio dell'era cristiana e prima del XII secolo potrebbe essere più soddisfacentemente spiegata, almeno come ipotesi di lavoro, ammettendo il reingresso del mare, che pensando ad un difetto di sedimentazione determinato da cause di qualsiasi tipo.

Un quadro complessivo delle variazioni della costa negli ultimi 3000 anni è offerto dalla figura n. 25 realizzata in base agli studi citati di Bondesan, Ciabatti e Veggiani.

3.2. La regressione dell'ultimo millennio.

La regressione marina verificatasi nell'ultimo millennio è ben documentata, specie dal

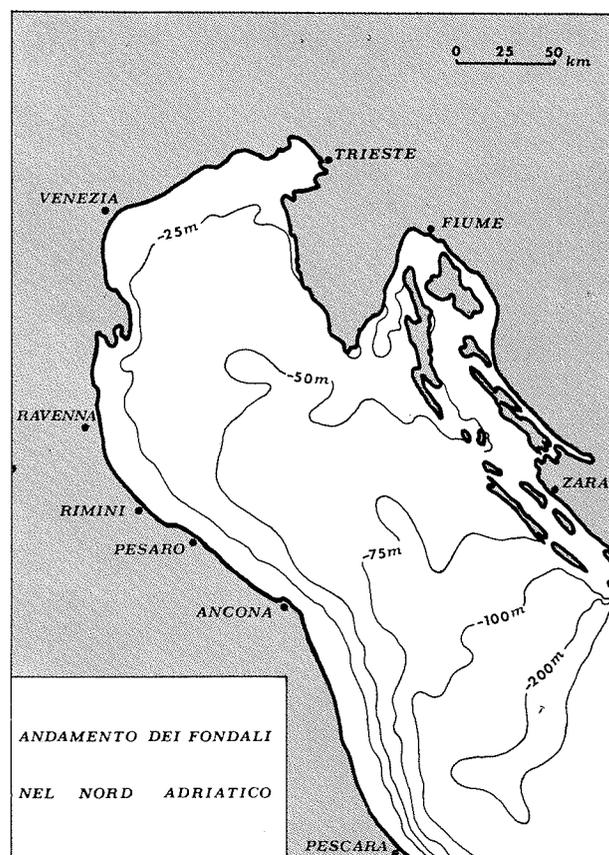


Figura n. 21 — Profondità dei fondali nell'alto Adriatico

XIV secolo in poi, sulla base dello studio dell'evoluzione dei porti di Rimini e di Cesenatico⁽²¹⁾. Naturalmente nel considerare le variazioni a lungo periodo della linea di spiaggia bisogna tenere presente che le situazioni

attualmente evidenti mostrano solo le tracce dei protendimenti, che non sono stati successivamente cancellati da fasi erosive posteriori. Appare, ad ogni modo, evidente che nel litorale in esame la sedimentazione, e quindi l'avanzata sul mare della spiaggia, è stata nettamente prevalente nell'ultimo millennio.

Sulle variazioni più recenti della costa esistono due filoni di ricerche: uno basato sullo spostamento della battigia rispetto a ventitre caposalda distribuiti lungo l'arco litoraneo, uno fondato sul confronto di successive linee di spiaggia considerate nel loro intero sviluppo. Ci soffermeremo ora, in particolare, sulla prima ricerca.

Nella tabella n. 2 si può osservare il quadro sintetico delle variazioni delle linee di spiaggia forlivese dal 18° secolo fino al 1938, secondo i dati pubblicati da Borghi⁽²²⁾, aggiornato al 1967⁽²³⁾ con la ripetizione delle misure riferite agli stessi caposalda utilizzati da Borghi⁽²⁴⁾.

Esaminiamo ora in dettaglio le variazioni della linea di spiaggia così definite. I valori quantitativi sono strettamente riferiti ai caposalda indicati:

— Nel litorale cervese a sud del porto canale (m. 5.200): costante incremento dal 1825 al 1938 per 331 metri, con una media annua di + 2,93 metri, questo andamento « può considerarsi ad un dipresso costante per tutto il litorale di Cervia »; tra il 1938 e il 1967 in questo settore l'incremento si è arrestato: la linea di spiaggia è avanzata solo di un metro.

(18) Ammessa da: VEGGIANI, *La linea di spiaggia*, cit.; A. ANTONIAZZI, *Lo stato attuale delle ricerche sul fenomeno dell'erosione marina nel litorale forlivese*, in « Studi Romagnoli », XX (1969), Faenza, pp. 151-189; VEGGIANI, *I terreni superficiali*, cit.

(19) VEGGIANI, *La linea di spiaggia*, cit., p. 126.

(20) L. SILVESTRINI, *Un secolo di vita balneare a Rimini*, Rimini 1965, p. 20.

(21) Sullo sviluppo di questi porti si veda la parte apposita del presente lavoro.

(22) BORCHI, *Le spiagge romagnole*, cit., pp. 95-119.

(23) ANTONIAZZI, *L'erosione marina*, cit. pp. 33-40.

(24) Le misure, eseguite nel maggio 1967, sono state riferite al mare medio, sono state effettuate in andata e ritorno, e sono state prese lungo allineamenti perpendicolari alla linea di spiaggia con partenza dal caposaldo. Quando non è stato possibile congiungere direttamente il caposaldo alla linea di spiaggia, sono stati costruiti allineamenti paralleli a quello fondamentale, al quale sono state riportate le misure effettuate. Tutte le misure rappresentano la distanza minima tra il caposaldo e la linea di spiaggia, salvo i casi in cui l'Autore indicava diverse modalità di misura, riferendosi, ad esempio, all'asse di strade o di canali.

Descrizione dei caposalda Borghi, dopo il riesame del 1967:

Punto N. 1 - Cervia - Distanza dalla battigia del lato a mare della Torre della Finanza, sulla destra del porto Canale vicino ai magazzini del sale.

Punto N. 2 - Cesenatico - Distanza dalla battigia del lato a mare della SS. Adriatica lungo una retta che passa per la caserma Tagliata (ora abbattuta) a ml. 250 a Sud del confine con Cervia.

Punto N. 3 - Cesenatico - Distanza dalla battigia del lato a mare della SS. Adriatica in un punto medio fra lo scolo Mesola ed il porto Canale.

Punto N. 4 - Cesenatico - Distanza dalla battigia del lato a mare di Viale Carducci, all'altezza di Viale Milano (a ml. 1500 a Sud del porto Canale lungo Viale Carducci).

Tab. n. 2 — VARIAZIONI DELLA SPIAGGIA TRA IL 1715 E IL 1967 NELLE 23 POSIZIONI DEFINITE DA BORGHI

Tratto n.	V A R I A Z I O N I S I G N I F I C A T I V E																		VARIAZIONE TOTALE		
	m	dal	al	m	dal	al	m	dal	al	m	dal	al	m	dal	al	m	dal	al	m	media annua m	
1	+331	1825	1938	+	1	1938	1967													+ 332	+ 2,34
2	+328	1810	1911	—	6	1911	1931	+ 16	1931	1938										+ 328	+ 2,56
3	+313	1810	1911	—	51	1911	1938													+ 262	+ 2,05
4	+308	1810	1938	+	33	1938	1967													+ 341	+ 2,17
5	— 67	1878	1934	+	1	1934	1938													— 66	— 1,10
6	+ 4	1878	1894	—	64	1894	1934	0	1934	1938										— 60	— 1,00
7	— 54	1878	1938	—	14	1938	1967													— 68	— 0,76
8	+ 12	1878	1894	—	45	1894	1931	+ 20	1931	1938	— 18	1938	1967							— 31	— 0,35
9	+ 13	1878	1911	—	17	1911	1931	+ 5	1931	1934	— 2	1934	1938	— 13	1938	1967				— 14	— 0,16
10	+ 34	1878	1911	—	3	1911	1931	+ 8	1931	1938	— 98	1938	1967							— 59	— 0,66
11	+ 34	1878	1911	—	29	1911	1934	+ 6	1934	1938										+ 11	+ 0,18
12	— 20	1878	1894	+	7	1894	1911	— 13	1911	1931	+ 5	1931	1938	+ 56	1938	1967				+ 35	+ 0,39
13	— 8	1878	1894	+	9	1894	1911	— 41	1911	1924	+ 10	1924	1931	— 19	1931	1937	+ 44	1937	1967	— 5	— 0,06
14	— 24	1878	1894	+	70	1894	1924	— 86	1924	1931	+ 6	1.931	1937	+ 29	1937	1967				— 5	— 0,06
15	+193	1869	1938	+	45	1938	1967													+ 238	+ 2,43
16	+227	1835	1931	0	1931	1938		+ 13	1938	1967										+ 240	+ 1,82
17	+484	1715	1938																	+ 484	+ 2,17
18	+334	1835	1938	+	14	1938	1967													+ 348	+ 2,64
19	+496	1715	1938	+	6	1938	1967													+ 502	+ 1,99
20	+211	1810	1938	—	16	1938	1967													+ 195	+ 1,24
21	+ 20	1878	1894	—	40	1894	1931	0	1931	1934	— 5	1934	1938	— 4	1938	1967				— 29	— 0,33
22	+ 62	1878	1937	—	28	1938	1967													+ 34	+ 0,38
23	+135	1835	1935	0	1935	1938		— 48	1938	1967										+ 87	+ 0,66

— Nel litorale dal confine con Cervia al porto canale di Cesenatico (primo tratto di circa m. 600): incremento complessivo dal 1810 al 1938 di 328 metri, con una media annuale di + 2,56 metri malgrado una lieve inflessione negativa della linea di spiaggia tra il 1911 e il 1931 ⁽²⁵⁾.

— Nel litorale dal confine con Cervia al porto canale di Cesenatico (secondo tratto di circa 1.800 metri): incremento complessivo dal 1810 al 1938 di 262 metri, con una media annua di + 2,05 metri, malgrado vi sia una inflessione negativa della spiaggia dal 1911 al 1938 di -51 metri.

— Nel litorale dal porto canale di Cesenatico al confine del Comune (metri 4.600): costante incremento dal 1810 al 1938 per 308 metri, con una media annuale di + 2,40 metri; tra il 1938 e il 1967 l'incremento è stato di ulteriori + 33 metri; è tuttavia da far rilevare che attualmente il

- Punto N. 5 - Gatteo - Distanza del Ter. XII (nuova delimitazione Demanio) dalla spiaggia.
 Punto N. 6 - Savignano - Distanza del Ter. XVI (nuova delimitazione Demanio) dalla spiaggia.
 Punto n. 7 - S. Mauro Pascoli - Distanza dalla battigia del binario a mare della linea ferrata, misurata lungo Via Marina ex via Grancia.
 Punto N. 8 - Bellaria e Igea Marina - Distanza dalla battigia del lato a mare della Stazione Ferroviaria.
 Punto N. 9 - Bellaria e Igea Marina - Distanza dalla battigia del lato a mare del casello ferroviario, misurata lungo via Ennio, ex via Bordonchio.
 Punto n. 10 - Rimini - Distanza dalla battigia del lato a mare della Torre di Pedrera.
 Punto n. 11 - Rimini - Distanza della linea FF. SS. (vicino alla fermata dei treni) dalla spiaggia.
 Punto n. 12 - Rimini - Distanza dalla battigia del binario a mare della linea ferrata, misurata lungo l'asse del Canale dei Molini.
 Punto n. 13 - Rimini - Distanza dalla battigia del binario a mare della linea ferrata, misurata lungo l'asse di Via Polazzi.
 Punto n. 14 - Rimini - Distanza dalla battigia del lato a mare della litoranea all'altezza di Villa Bellamammola (a ml. 420 a Nord del nuovo deviatore del Marecchia lungo viale Toscanelli).
 Punto n. 15 - Rimini - Distanza dalla battigia del punto più verso mare della Torre del Faro sul molo di levante del Porto di Rimini.
 Punto n. 16 - Rimini - Distanza dalla battigia del lato a mare della stazione ferroviaria di Miramare, misurata lungo l'asse di via Oliveti.
 Punto n. 17 - Riccione - Distanza della torre Trinità (ora abbattuta) dalla spiaggia (tra il rio dell'Asse e il rio Melo).
 Punto n. 18 - Riccione - Distanza dalla battigia del lato a mare del ponte ferroviario sul Rio Melo.
 Punto 19 - Riccione - Distanza dalla battigia della Torre Fontanelle (ora abbattuta).
 Punto n. 20 - Misano - Distanza dalla battigia del binario a mare della linea ferroviaria, misurata lungo l'asse di Viale della Repubblica, ex via Fienili.
 Punto n. 21 - Misano - Distanza dalla battigia del lato a mare del casello ferroviario fra la strada Fienile ed il fiume Conca.
 Punto n. 22 - Cattolica - Distanza dalla battigia dell'angolo di incrocio di via Belvedere con la via Litoranea.
 Punto n. 23 - Gabicce - Distanza dalla battigia della linea a mare delle case frontiste, a ml. 200 a Sud del porto canale di Cattolica.

⁽²⁵⁾ Le misure del periodo 1938-1967 sono state riportate solo nei casi di sicura individuazione dei caposaldi.

margine del litorale verso Gatteo (Valverde) è in arretramento.

— Nel litorale dal confine di Cesenatico alla foce del Rubicone (metri 700 circa): arretramento complessivo dal 1878 al 1938 di 66 metri, con una media annua di $-1,10$ metri, malgrado un periodo di stabilità tra il 1934 e il 1938. Successivamente nella zona vi è stato prima un ulteriore progresso del mare, poi un ripascimento conseguente alla costruzione delle barriere frangiflutto.

— Nel litorale della foce del Rubicone al confine del Comune di Savignano (200 metri circa): arretramento complessivo dal 1878 al 1938 di 60 metri, con una media annua di $-1,00$ metri; successivamente l'erosione è continuata malgrado la costruzione delle scogliere frangiflutto.

— Nel litorale di S. Mauro Pascoli (metri 650): costante arretramento dal 1878 al 1938 per 54 metri, con una media annua di $-0,90$ metri; tra il 1938 e il 1967 si è verificato un ulteriore arretramento di -14 metri.



Figura n. 22 — Ritiro del mare durante l'ultima glaciazione secondo Blanc.

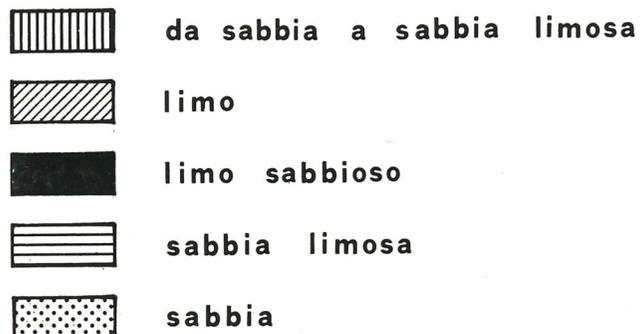
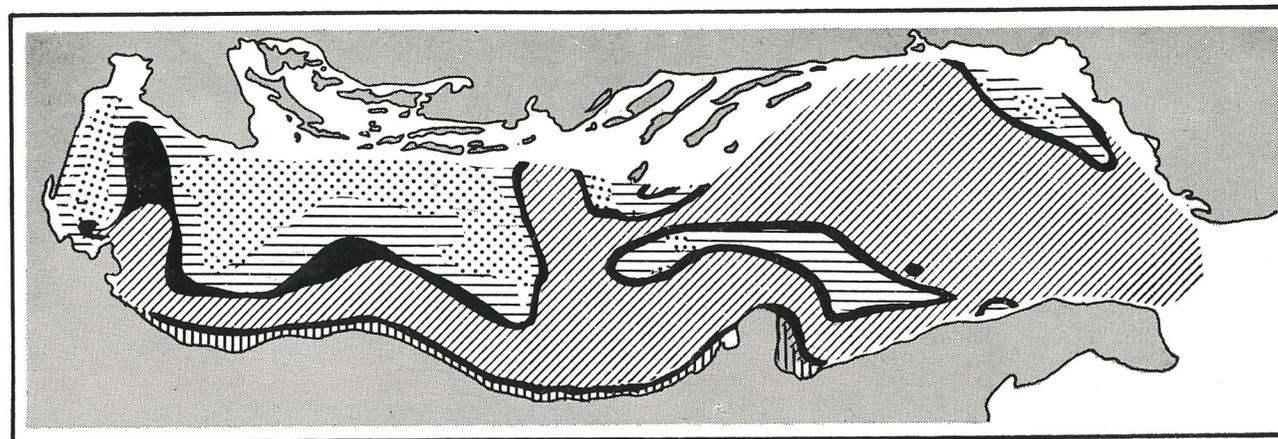


Figura n. 23 — Distribuzione dei sedimenti nell'Adriatico secondo Pigorini, che ha integrato i dati di Van Straaten. (Ridisegnato con semplificazioni da Pigorini, *Morfologia*, cit.).

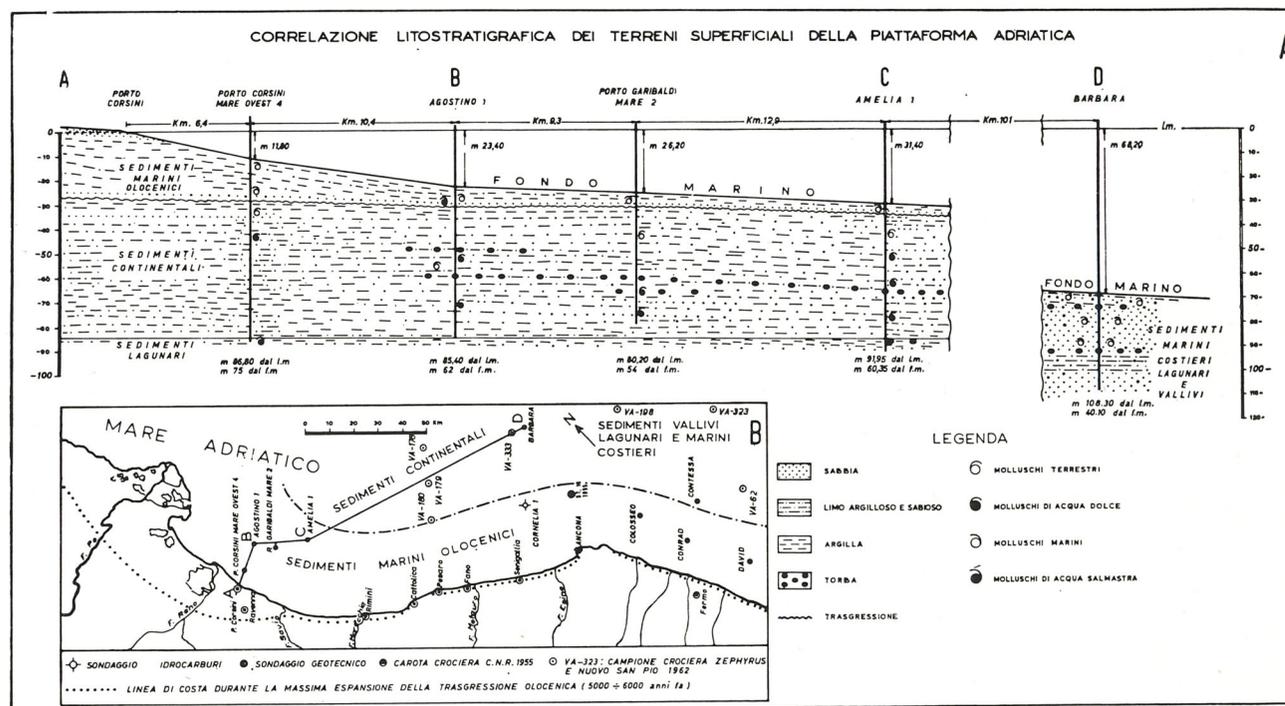


Figura n. 24 — Correlazione litostratigrafica (A) e distribuzione dei sondaggi (B) al largo della costa romagnola-marchigiana (da Veggiani, *I terreni superficiali*, cit.).

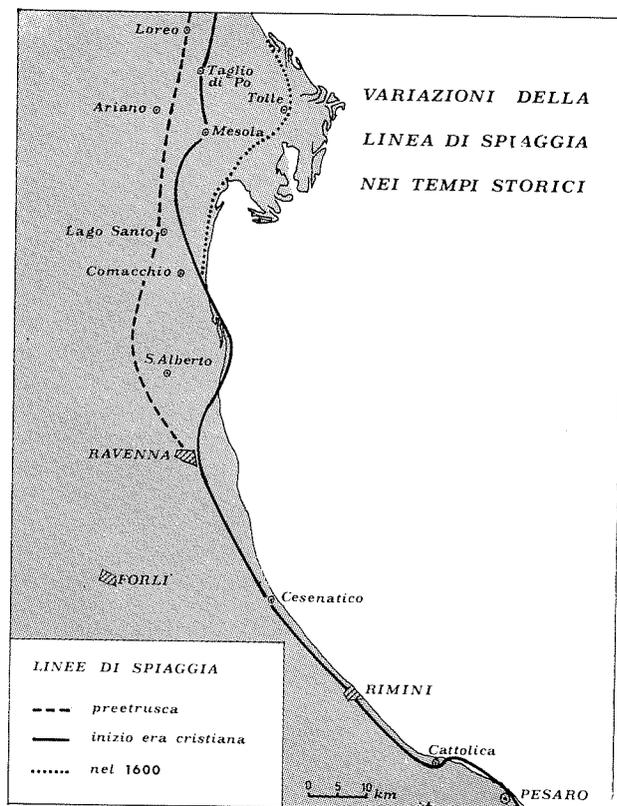


Figura n. 25 — Variazioni della costa negli ultimi 3000 anni.

- *Nel litorale dal confine del Comune di S. Mauro Pascoli al fiume Uso (metri 2.900):* periodi di arretramento alternati a periodi di ripascimento nel periodo dal 1878 al 1938 con arretramento complessivo di 13 metri, con una media annua di $-0,21$ metri; tra il 1938 e il 1967 si è verificato un ulteriore arretramento di 18 metri.
- *Nel litorale tra la foce dell'Uso e il confine di Rimini (metri 3.850):* periodi di arretramento alternati con periodi di avanzamento della linea di spiaggia tra il 1878 e il 1938 con arretramento complessivo di un metro; tra il 1938 e il 1967 vi è stato un ulteriore arretramento di 13 metri.
- *Nel litorale riminese : zona di Torre Pedrera :* avanzamento complessivo dal 1878 al 1938 di 39 metri, con una media annuale di $+0,65$ metri; tra il 1938 e il 1967 vi è stato un arretramento di 98 metri, pari a $-3,37$ metri all'anno.
- *Nel litorale riminese : zona di Viserbella :* periodi di avanzamento e di riduzione del-

la spiaggia tra il 1878 e il 1938, con avanzamento complessivo di 11 metri, con una media annua di $+0,18$ metri.

- *Nel litorale riminese : zona di Viserba nord:* arretramento complessivo tra il 1878 e il 1938 di 21 metri, con una media annua di $-0,35$ metri, malgrado alcuni periodi di incremento della linea di spiaggia; dal 1938 al 1967 si è avuto, per effetto delle scogliere frangiflutto, un aumento di 56 metri.
- *Nel litorale riminese : zona di Viserba sud:* arretramento complessivo tra il 1878 e il 1937 di 49 metri, con una media annua $-0,83$ metri, malgrado alcuni periodi di incremento; dal 1937 al 1967 si è avuto un incremento di 44 metri.
- *Nel litorale riminese : zona di Rivabella:* arretramento complessivo tra il 1878 e il 1937 di 34 metri, con una media annua di $-0,58$ metri, malgrado alcuni periodi di incremento; dal 1937 al 1967 si è avuto un incremento di 29 metri.
- *Nel litorale riminese : zona immedia-*

tamente a sud del porto canale : costante incremento dal 1869 al 1938 di 193 metri con una media annua di $+2,79$; dal 1938 al 1967 si è verificato un ulteriore incremento di 45 metri.

- *Nel litorale riminese : zona di Miramare :* incremento complessivo tra il 1835 e il 1938 di 227 metri, con una media annua di $+2,20$ metri; dal 1938 al 1967 si è avuto un ulteriore aumento di 13 metri.
- *Nel litorale di Riccione (zona della foce del torrente Marano):* costante incremento tra il 1715 e il 1938 di 484 metri, con una media annua di $+2,17$ metri.
- *Nel litorale di Riccione (zona della foce del rio Melo):* costante incremento tra il 1835 e il 1938 di 334 metri, con una media annua di $3,24$ metri; dal 1938 al 1967 si è verificato un ulteriore incremento di 14 metri.
- *Nel litorale di Riccione : zona verso Misano :* costante incremento tra il 1715 e il 1938 di 496 metri, con una media annua

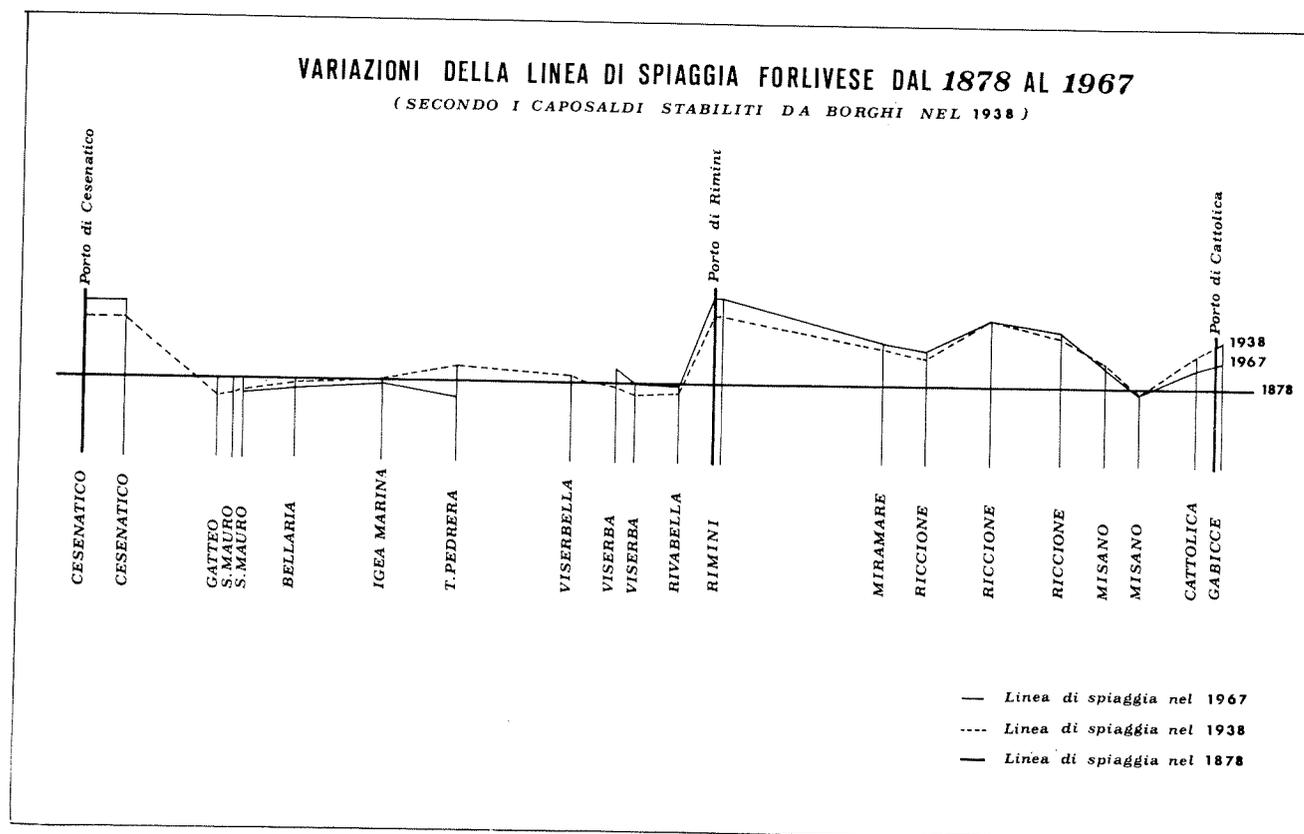
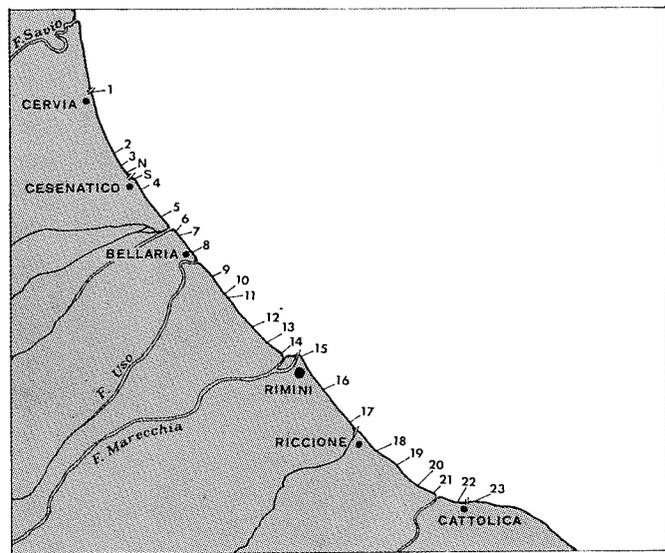


Figura n. 26

VARIAZIONI DELLA SPIAGGIA NEI TRATTI INDICATI



Costruzione di pennelli
Costruzione di scogliere

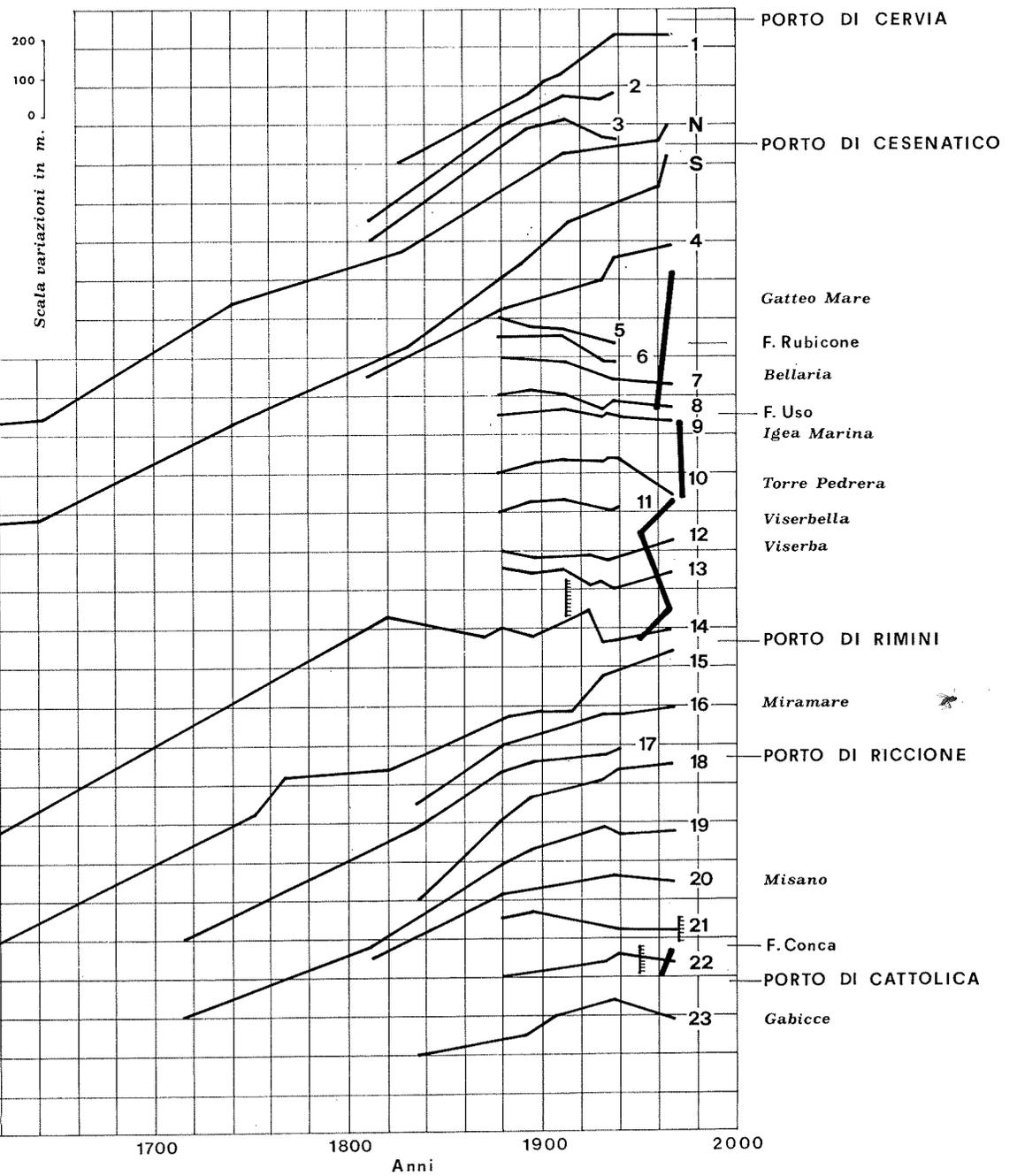


Figura n. 27

di +2,22 metri; dal 1938 al 1967 si è verificato un ulteriore aumento di 6 metri.

- *Nel litorale di Misano : zona di Misano Marina* : costante incremento dal 1810 al 1938 di 211 metri, con una media di +1,65 metri; dal 1938 al 1967 la linea di spiaggia è arretrata di 16 metri.
- *Nel litorale di Misano : zona verso Cattolica* : arretramento complessivo tra il 1878 e il 1938 di 25 metri, con una media annua di -0,42 metri; dal 1938 al 1967 ulteriore arretramento di 4 metri.
- *Nel litorale di Cattolica* : costante incremento dal 1878 al 1937 di 62 metri, con una media annua di +1,05 metri; dal 1937 al 1967 la spiaggia è arretrata di 28 metri, malgrado i benefici effetti delle scogliere frangiflutto.
- *Nel litorale di Gabicce* : incremento complessivo tra il 1835 e il 1938 di 135 metri, con una media annua di +1,30; nel periodo dal 1938 al 1967 vi sarebbe stata in questa zona una riduzione di 48 metri. E' tuttavia probabile che questo dato, riferito alla linea delle case frontiste, sia stato influenzato da una variazione di questa linea nelle misure recenti.

Nella figura n. 27, ottenuta impiegando i dati descritti e le variazioni storiche della costa presso i porti di Rimini e di Cesenatico, si può osservare il quadro complessivo dei cambiamenti costieri nei tratti considerati dal 1300 ad oggi. Si può osservare, in particolare, che la maggior parte delle curve, dopo il 1875, rivela una diminuzione del protendimento delle spiagge e in alcuni casi la presenza di erosioni.

Infine la costa alta pesarese a sud di Cattolica è sempre stata, e lo è tuttora ⁽²⁶⁾, in erosione. « All'inizio dell'Era Volgare la linea di costa da Fiorenzuola di Focara alla foce del Foglia era probabilmente ancora alcune centinaia di metri più ad oriente dell'attuale. Nella punta estrema di Gabicce, invece, l'arretramento negli ultimi 5.000 anni può valutarsi almeno di 1.000-1.500 metri ⁽²⁷⁾ ».

3.3. Variazioni medie della linea di spiaggia tra il 1820 e il 1970.

L'acquisizione di una adeguata conoscenza delle variazioni della linea di spiaggia, specie

nel periodo intercorrente dall'inizio del secolo passato ad oggi, era uno dei punti fondamentali del programma di studi ⁽²⁸⁾, promosso dalla Camera di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura di Forlì e dall'Ente Provinciale per il Turismo di Forlì al fine di ottenere un quadro significativo della situazione e dei dinamismi che interessano il litorale come base conoscitiva indispensabile per adeguati interventi contro i preoccupanti fenomeni, che minacciano la ricchezza di tante località balneari.

Nei lavori citati in precedenza le variazioni della linea di costa erano stabilite soprattutto in base allo spostamento di questa linea rispetto a 23 caposaldi distribuiti lungo l'arco litoraneo. Nello studio preso ora in esame ⁽²⁹⁾ le variazioni risultano dai valori medi, ottenuti mediante misura ed elaborazione dei dati rilevati dalle 37 tavole in scala 1:5.000 appositamente costruite, in cui è riportata la linea di costa lungo tutto il litorale negli anni 1820 o 1835, 1915 o 1917, 1944, 1955 e 1970. Solo nel tratto tra Gabicce e Pesaro la particolare con-

formazione della costa ha permesso un significativo confronto solo tra la configurazione del 1835 e quella del 1970 ⁽³⁰⁾. Le tavole originali sono state utilizzate per determinare la lunghezza della linea di spiaggia negli anni 1820 o 1835, 1915 o 1917, 1944, 1955 e 1970 e per misurare le superfici guadagnate o perdute dalla spiaggia negli intervalli di tempo intercorrenti tra queste date ⁽³¹⁾. Le tavole citate sono nelle figure dal n. 28 al n. 64. Nella loro didascalia sono indicati i risultati ottenuti con le operazioni metriche descritte.

Il quadro complessivo delle variazioni nel litorale considerato, ottenuto dall'elaborazione statistica dei dati concernenti i singoli tratti costieri, mostra la spiaggia romagnola in protendimento sul mare e la costa marchigiana in regresso.

Nella costa bassa e sabbiosa romagnola tra le foci del fiume Savio e del torrente Tavollo il protendimento della spiaggia è, infatti, continuato ininterrottamente dal 1820 o 1835 al 1970. L'incremento medio annuo nell'intero

⁽²⁶⁾ U. BULI, *Le variazioni della linea di spiaggia dal promontorio di Gabicce al promontorio del Comero*, in « Le spiagge marchigiane », Bologna, 1947.

⁽²⁷⁾ VEGGIANI, *La linea di spiaggia*, cit., p. 128.

⁽²⁸⁾ ANTONIAZZI, *L'erosione marina*, cit., p. 60.

⁽²⁹⁾ A. ANTONIAZZI, *Variazioni della linea di spiaggia lungo il litorale adriatico tra le foci dei fiumi Savio e Foglia nel periodo dal 1820 al 1970*, Camera di Commercio, Forlì, 1972.

⁽³⁰⁾ La redazione delle tavole è stata fondata sui seguenti elementi base: planimetria in scala 1:4.000 con la posizione del battente marino negli anni 1835, 1917, 1948, 1957, 1963 e 1967 nei Comuni di Ravenna (in parte) e di Cervia, redatta a cura dell'Ufficio Tecnico Erariale di Ravenna; planimetria in scala 1:2.000 con la posizione del battente marino negli anni 1820, 1915, 1950 e 1965 nella Provincia di Forlì, redatta a cura dell'Ufficio Tecnico Erariale di Forlì; planimetria in scala 1:2.000 con la posizione del battente marino negli anni 1835 e 1969 nel tratto da Gabicce a Pesaro, redatta a cura dell'Ufficio Tecnico Erariale di Pesaro; serie di foto aeree del litorale considerato riprese dalla ricognizione inglese nei voli del 24 giugno 1944 e del 3 luglio 1944; serie di foto aeree del litorale considerato riprese dall'Aeronautica Militare Italiana nei voli del 30 giugno 1955 e 4 agosto 1955; serie di foto aeree del litorale considerato riprese dall'Aeronautica Militare Italiana nel volo del 17 febbraio 1970; numerose carte aerofotogrammetriche del litorale in scala varia (1:2.000, 1:4.000 e 1:5.000) e realizzate in date diverse a cura di quasi tutti i Comuni costieri.

Il fondo topografico per approntare le tavole è stato desunto dalle planimetrie catastali e dalle carte aerofotogrammetriche dei Comuni; solo in qualche tratto limitato è stato ricavato direttamente dalle foto aeree. Le linee di costa recenti, al fine di rappresentare, per quanto possibile, posizioni riferite ad uno stesso anno lungo tutto il litorale considerato, sono state tratte dalle foto aeree del 1944, del 1955 e del 1970. Da queste foto sono state, inoltre, ricavate le varie opere di difesa approntate lungo la costa. Le linee di costa antiche, riferite al 1820 o 1835 e al 1915 o 1917, sono quelle catastali. Mediante un lungo e paziente lavoro cartografico, curato dal geometra Pier Giuseppe Gardelli, sotto la direzione dello scrivente, sono state redatte le tavole originali in scala 1:5.000. Per la stampa queste carte sono state ridotte alla scala 1:10.000. In ciascuna carta la linea di spiaggia riferita ad un dato anno è stata rappresentata con un tratteggio particolare ed è stata contrassegnata dalla data. In tutte le tavole, poi, uno stesso tratteggio corrisponde ad un determinato anno. Nei tratti di litorale in cui non vi è stata variazione durante un certo intervallo di tempo è stato rappresentato solo il tratteggio riferito alla data più antica in cui la linea di spiaggia si è stabilizzata. In ogni tavola sono indicate con appositi trattini le posizioni di sovrapposizione e di contatto con la tavola precedente e successiva. Segni grafici particolari distinguono i limiti comunali e provinciali. La toponomastica è stata ridotta allo stretto necessario per definire con esattezza le varie zone.

⁽³¹⁾ Le misure sono state eseguite procedendo, in ciascuna tavola, dall'estremo nord del litorale considerato fino a raggiungere il limite di sovrapposizione con la tavola successiva, indicato da un apposito trattino. Quando in una singola tavola figuravano elementi significativi per l'evoluzione della spiaggia — come porti, foci fluviali ecc. — le lunghezze delle linee di spiaggia, nei singoli tratti così definiti, sono state mantenute distinte. Per questo in alcune tavole sono state evidenziate separatamente le variazioni presentate da due o addirittura da tre tratti costieri differenti.

Le valutazioni quantitative sono state eseguite con accuratezza, sono state ripetute almeno tre volte e come risultato è stato preso il valore medio ottenuto. Per valutare l'ampiezza delle superfici è stato usato il planimetro polare in tutti i casi in cui la forma e l'estensione delle superfici era tale da consentire un corretto impiego di tale strumento, altrimenti sono stati impiegati appositi reticoli millimetrici su carta trasparente. (la nota continua a pag. 78)

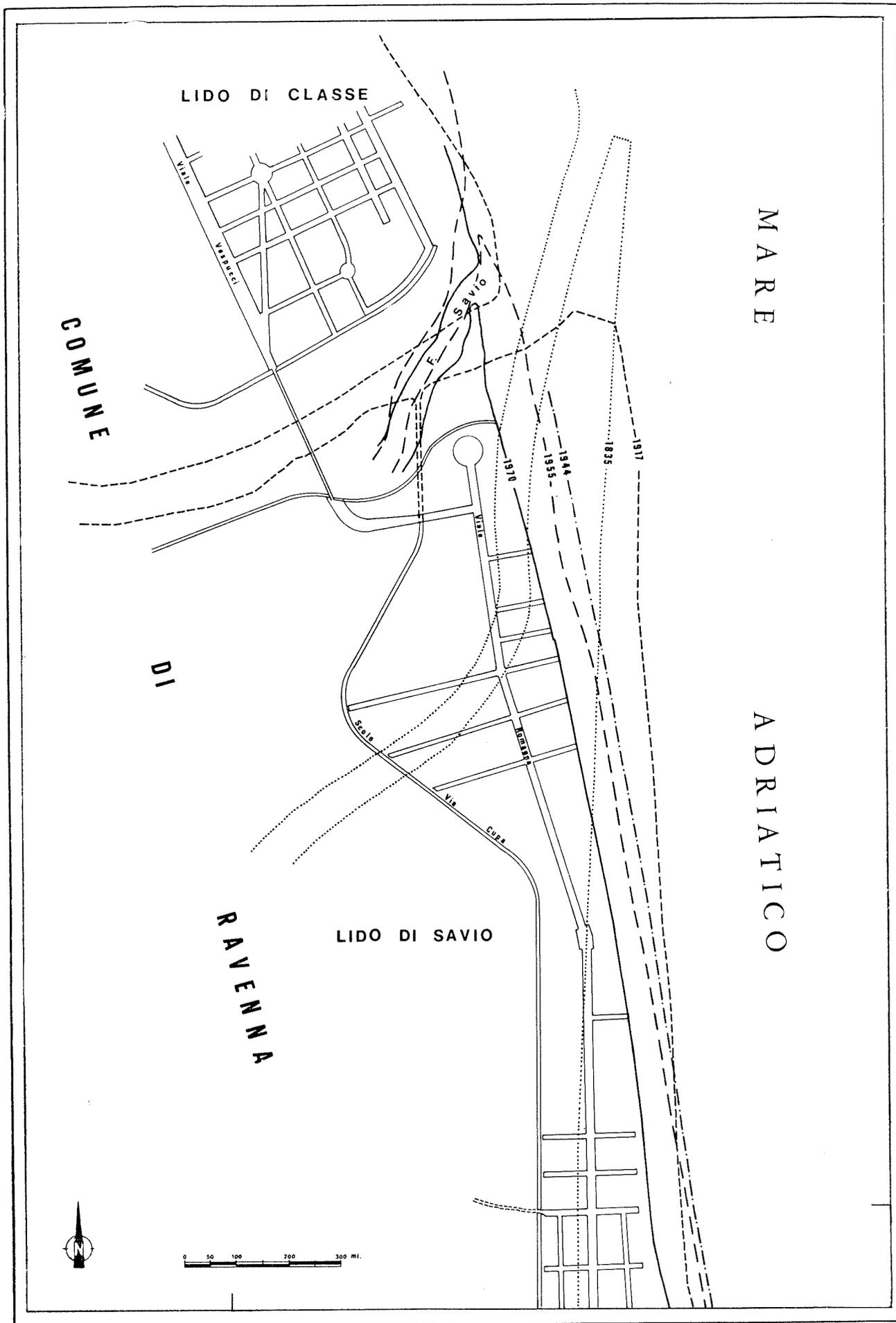


Figura n. 28

In questa tavola si possono osservare le variazioni della linea di spiaggia nel periodo 1835 - 1970 in prossimità di Lido del Savio (Ravenna).

Si nota, in particolare, una importante modifica nella foce del fiume Savio nell'intervallo tra il 1835 e il 1917.

Al protendimento della terra sul mare, ancora significativo nel 1917, segue un progressivo arretramento con un massimo in corrispondenza della foce fluviale.

L'avanzamento medio della terra sul mare, nel tratto a sud della foce del fiume Savio fino al limite dell'area di sovrapposizione con la tavola successiva, è stato di m. 1,24 all'anno tra il 1835 e il 1917.

L'arretramento medio della linea di spiaggia è stato di m. 1,59 all'anno tra il 1917 e il 1944, di metri 2,09 all'anno nel periodo 1944 - 1955 e di m. 3,60 all'anno nell'intervallo 1955 - 1970.

L'erosione marina, in corrispondenza della foce del fiume Savio, tende quindi a farsi sempre più rapida ed efficace.

Complessivamente nel periodo 1835 - 1970 la spiaggia considerata, lunga in media 1847 metri, è arretrata di 0,13 metri all'anno.

Figura n. 29

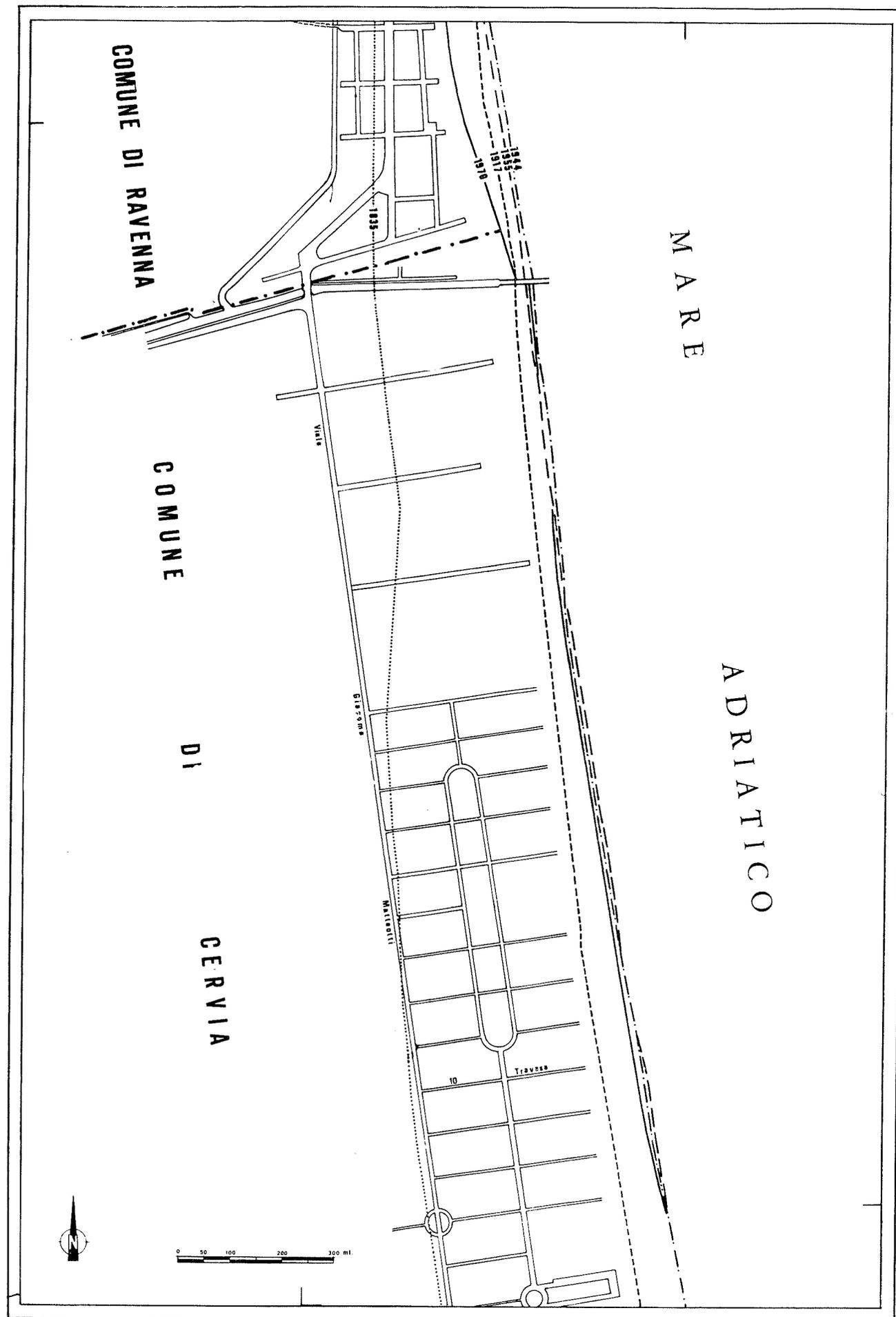
Questa tavola concerne la parte più settentrionale del Comune di Cervia e un breve tratto di quello di Ravenna.

In questo tratto del litorale il protendimento della terra emersa è continuato fino al 1944, data in cui si sono manifestati i primi cenni di stasi e di arretramento.

La crescita della terra sul mare, nella fascia tra la parte più settentrionale della tavola e il limite dell'area di sovrapposizione con la tavola successiva, è stata dapprima rapida con m. 3,58 in media all'anno nell'intervallo tra il 1835 e il 1917, poi più lenta con m. 1,85 in media all'anno nel periodo 1917 - 1944.

La successiva avanzata del mare ha fatto arretrare la linea di spiaggia prima in media di m. 0,27 all'anno tra il 1944 e il 1955, poi in media di 1,46 metri all'anno tra il 1955 e il 1970.

Complessivamente nel periodo 1835 - 1970 la spiaggia considerata, lunga in media 2.252 metri, è aumentata di 2,36 metri all'anno in media.



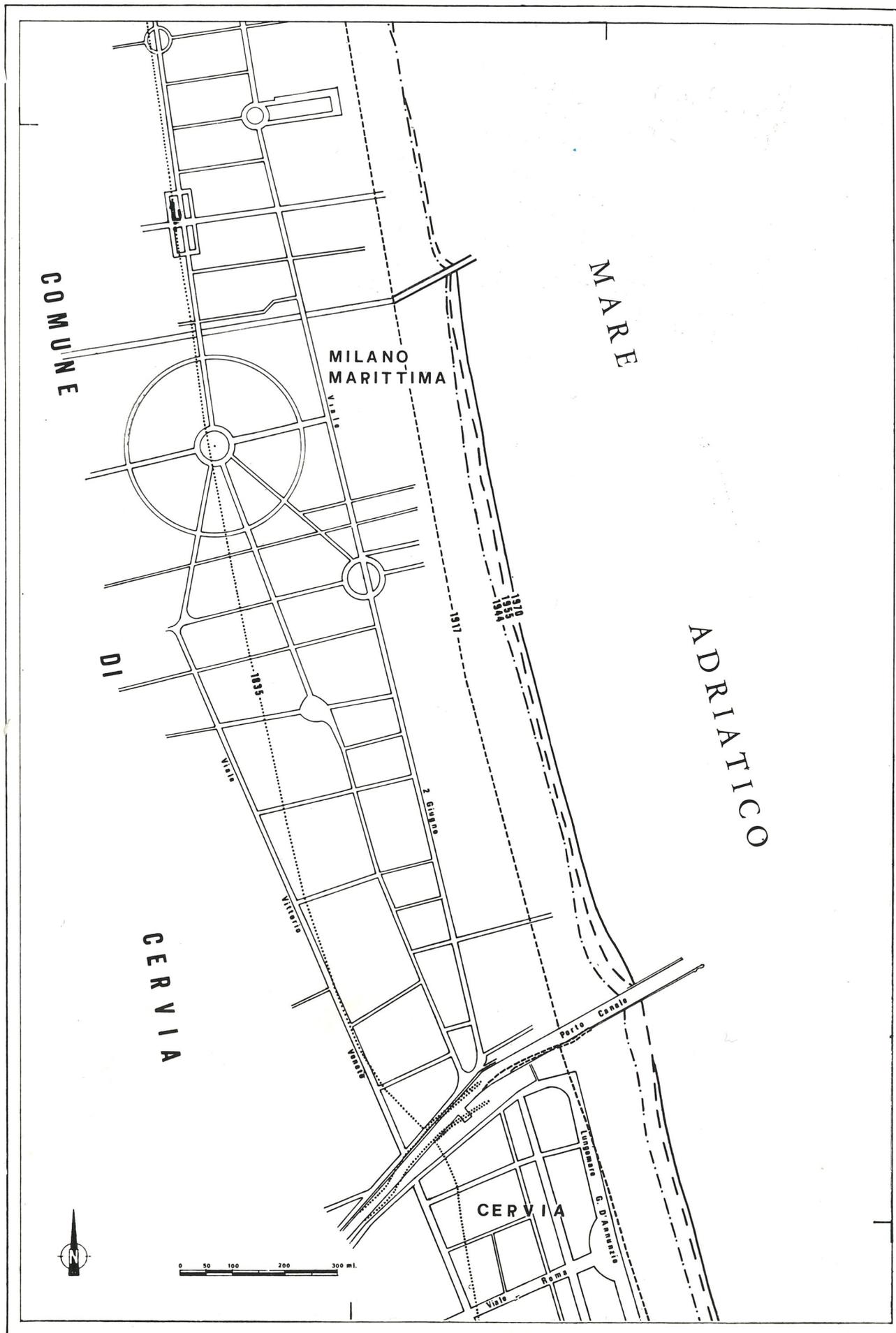


Figura n. 30

In questa tavola sono indicate le variazioni della linea di spiaggia lungo il litorale di Milano Marittima nei pressi del porto canale di Cervia.

Per descriverne le variazioni, il tratto costiero considerato viene suddiviso in tre parti, procedendo dall'alto verso il basso: la prima posta tra il limite della tavola e i moli di Milano Marittima; la seconda tra i moli di Milano Marittima e di Cervia; la terza, infine, tra il porto canale di Cervia e il limite di sovrapposizione con la tavola successiva.

La lunghezza media dei tre tratti considerati è rispettivamente di 514, di 1.441 e di 361 metri.

Nel primo tratto il protendimento diminuisce progressivamente fino al 1955 e successivamente si riduce a zero. La crescita della terra emersa, infatti, è stata di 4,63 metri all'anno tra il 1835 e il 1917; di 3,30 metri all'anno tra il 1917 e il 1944; di 0,45 metri all'anno tra il 1944 e il 1955; di 0 metri tra il 1955 e il 1970.

Nel secondo tratto, quello tra i moli di Milano Marittima e di Cervia, l'accrescimento della spiaggia continua ancora, pur manifestando un ritmo progressivamente meno intenso. Il protendimento medio annuo in questa zona infatti è progressivamente diminuito dai 4,82 metri del periodo tra il 1835 e il 1917; ai 2,81 metri tra il 1917 e il 1944; a 1,64 metri tra il 1944 e il 1955; ad 1,07 metri tra il 1955 e il 1970.

Nel terzo tratto, quello immediatamente a sud del porto di Cervia, l'aumento della terra sul mare è continuo pur subendo dopo il 1955 un'attenuazione ancora più evidente che nel tratto precedente. L'incremento, infatti, è stato di 2,48 metri all'anno tra il 1835 e il 1917; di 4,33 metri all'anno tra il 1917 e il 1944; di 3,27 metri all'anno tra il 1944 e il 1955; di 0,53 metri annui tra il 1955 e il 1970.

Il protendimento medio della spiaggia è stato rispettivamente di 3,50, di 3,74 e di 2,70 metri all'anno nel periodo tra il 1835 e il 1970.

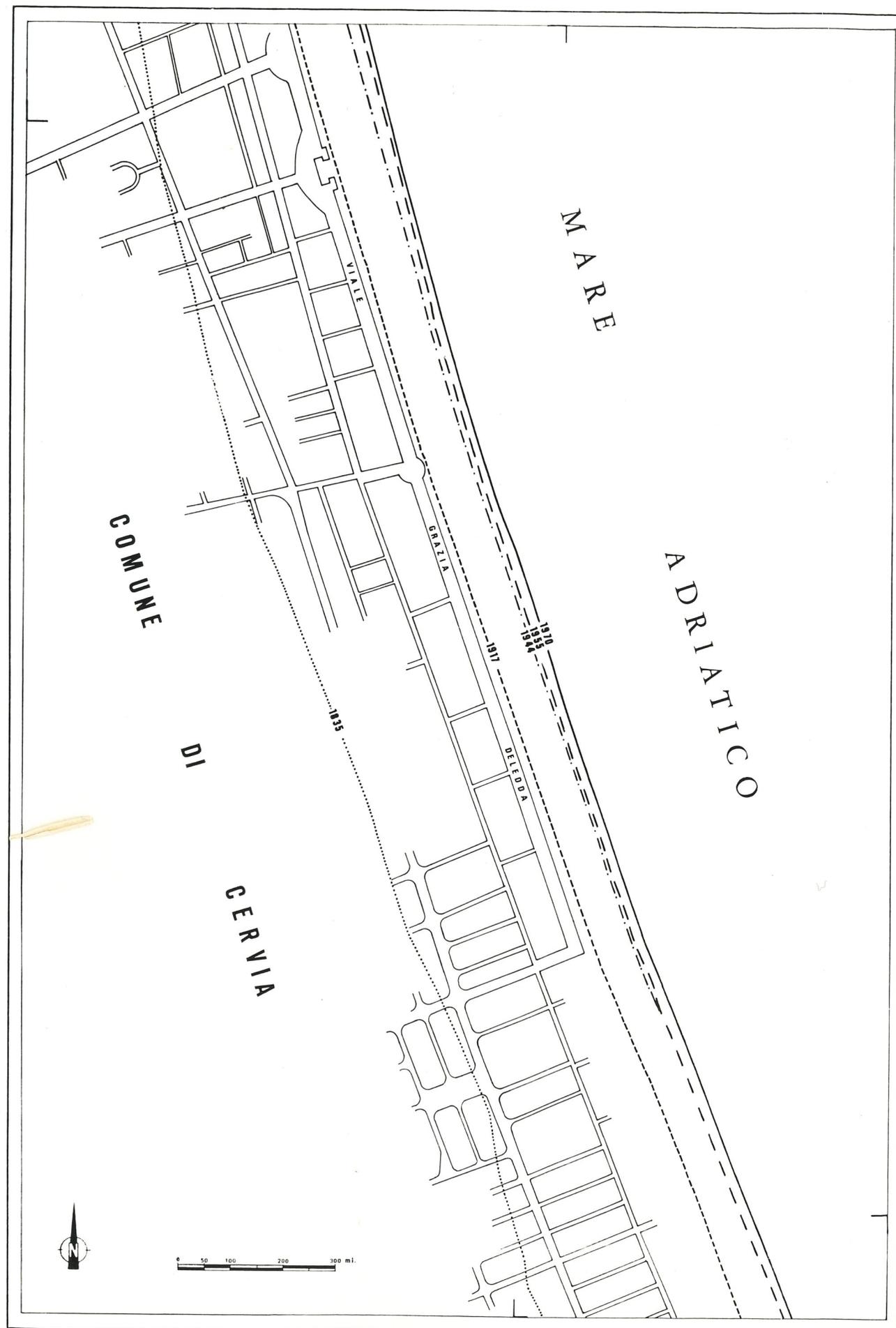
Figura n. 31

Questa tavola riguarda circa la metà del litorale del Comune di Cervia a sud del porto canale.

Lungo questo tratto costiero il protendimento è continuato ininterrottamente dal 1835 al 1970, pur attenuandosi nel tempo.

Tra il 1835 e il 1917 la spiaggia, nella fascia tra la parte più settentrionale della tavola e il limite dell'area di sovrapposizione con la tavola successiva, è avanzata sul mare di 3,86 metri all'anno; tra il 1917 e il 1944 di 2,89 metri annui; tra il 1944 e il 1955 di 1,00 metri annui; tra il 1955 e il 1970, infine, di 1,06 metri annui.

Complessivamente nel periodo tra il 1835 e il 1970 la spiaggia considerata, lunga in media 2.375 metri, si è accresciuta di 3,12 metri all'anno.



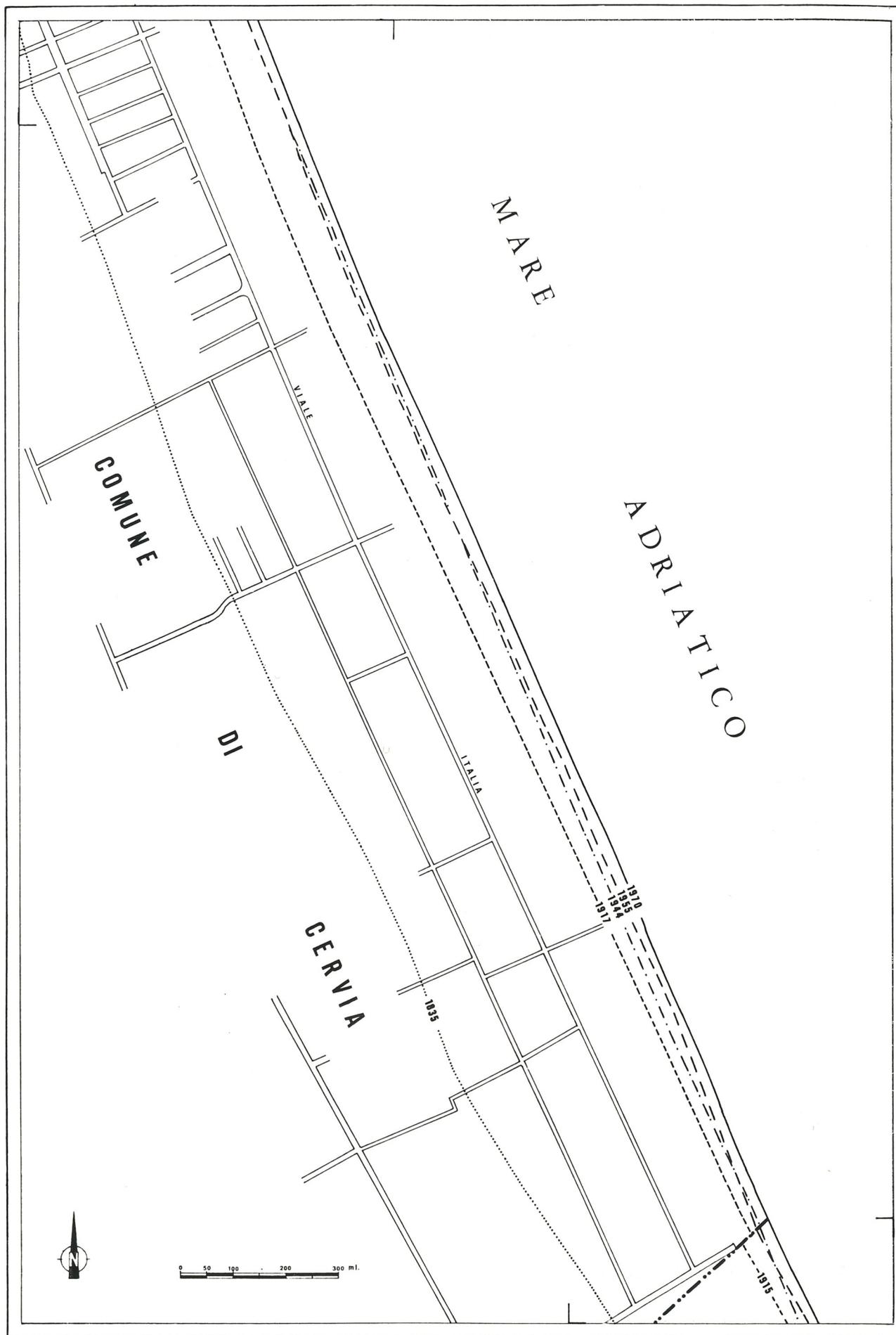


Figura n. 32

In questa tavola sono riportate le variazioni della linea di spiaggia nel tratto più meridionale del Comune di Cervia.

In questa zona, come nella precedente, il proscioglimento della terra emersa è continuato ininterrottamente dal 1835 al 1970.

Tra il 1835 e il 1917 l'aumento della spiaggia, nella fascia tra la parte più settentrionale della tavola e il limite dell'area di sovrapposizione con la tavola successiva, si è verificato al notevole ritmo di 4,38 metri all'anno in media; successivamente l'incremento è stato meno forte: di 1,81 metri annui tra il 1917 e il 1944; di 0,45 metri annui tra il 1944 e il 1955; di 1,47 metri annui tra il 1955 e il 1970.

Complessivamente nel periodo 1835 - 1970 la spiaggia considerata, lunga in media 2.561 metri, si è estesa di 3,22 metri all'anno.

Figura n. 33

Questa tavola mostra le variazioni della linea di spiaggia verificatesi nel tratto costiero del Comune di Cesenatico a nord del porto canale.

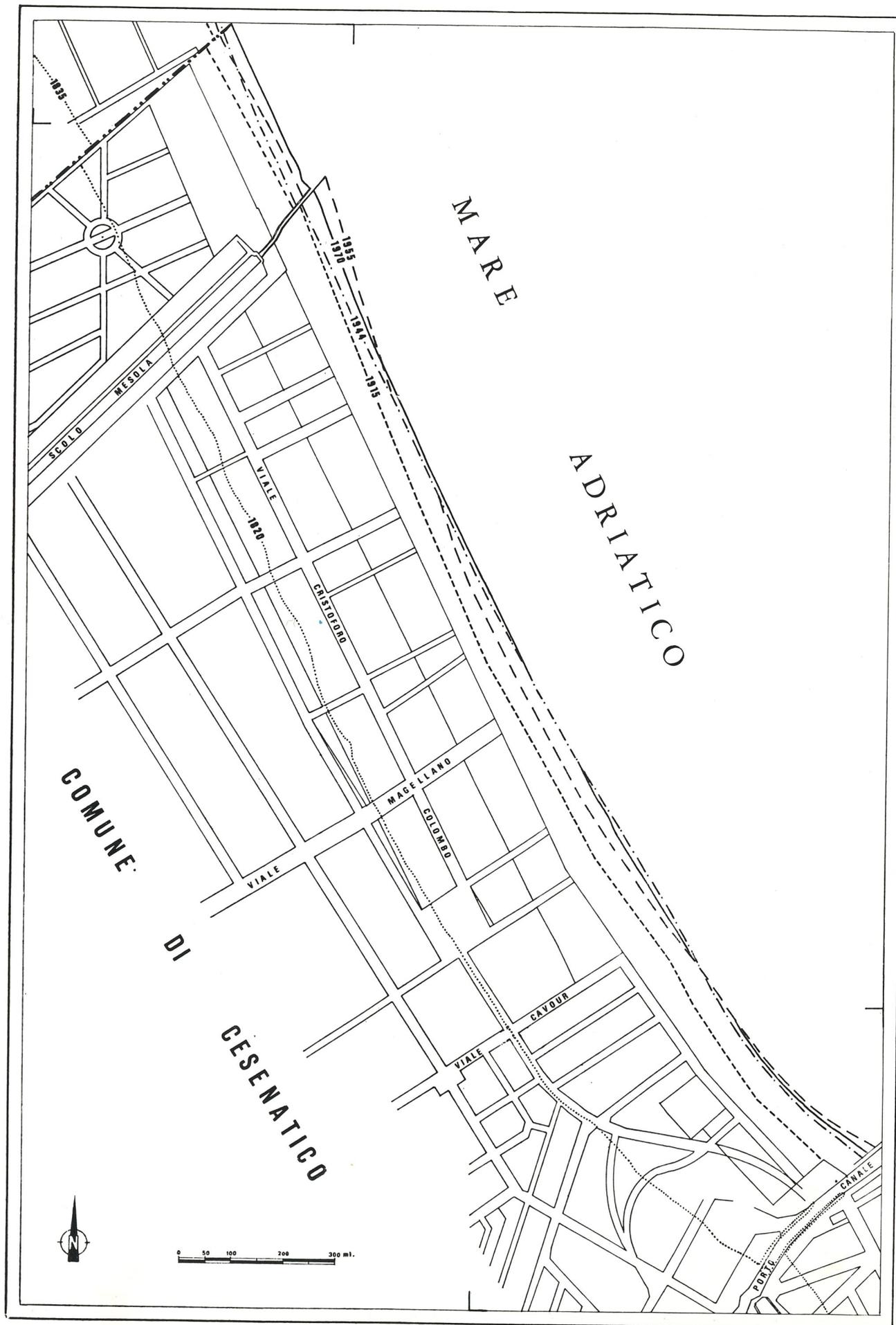
Il litorale in esame, per comodità descrittiva, può essere suddiviso in due parti: quella tra il limite provinciale e lo scolo Mesola e quella tra lo scolo Mesola e il limite di sovrapposizione con la tavola successiva.

La lunghezza media dei due tratti considerati è rispettivamente di 355 e di 1.720 metri.

Nel primo tratto l'incremento della terra sul mare è stato continuo tra il 1820 e il 1970, pur con una notevole attenuazione tra il 1915 e il 1955. L'aumento della terra emersa è stato, infatti, di 3,59 metri all'anno in media tra il 1820 e il 1915; di 0,69 metri all'anno tra il 1915 e il 1944; di 0,82 metri all'anno tra il 1944 e il 1955 di 1,20 metri all'anno tra il 1955 e il 1970.

Nel secondo tratto l'aumento della terra emersa ha subito una interruzione tra il 1944 e il 1955, quando si è manifestata una limitata retrocessione. Il protendimento medio annuo è stato di 3,03 metri tra il 1820 e il 1915; di 1,59 metri tra il 1915 e il 1944; di 0,67 metri tra il 1955 e il 1970. L'arretramento medio annuo è stato di 0,45 metri tra il 1944 e il 1955.

Complessivamente nel periodo 1820 - 1970 i due tratti di spiaggia considerati si sono accresciuti rispettivamente di 2,59 e di 2,26 metri all'anno.



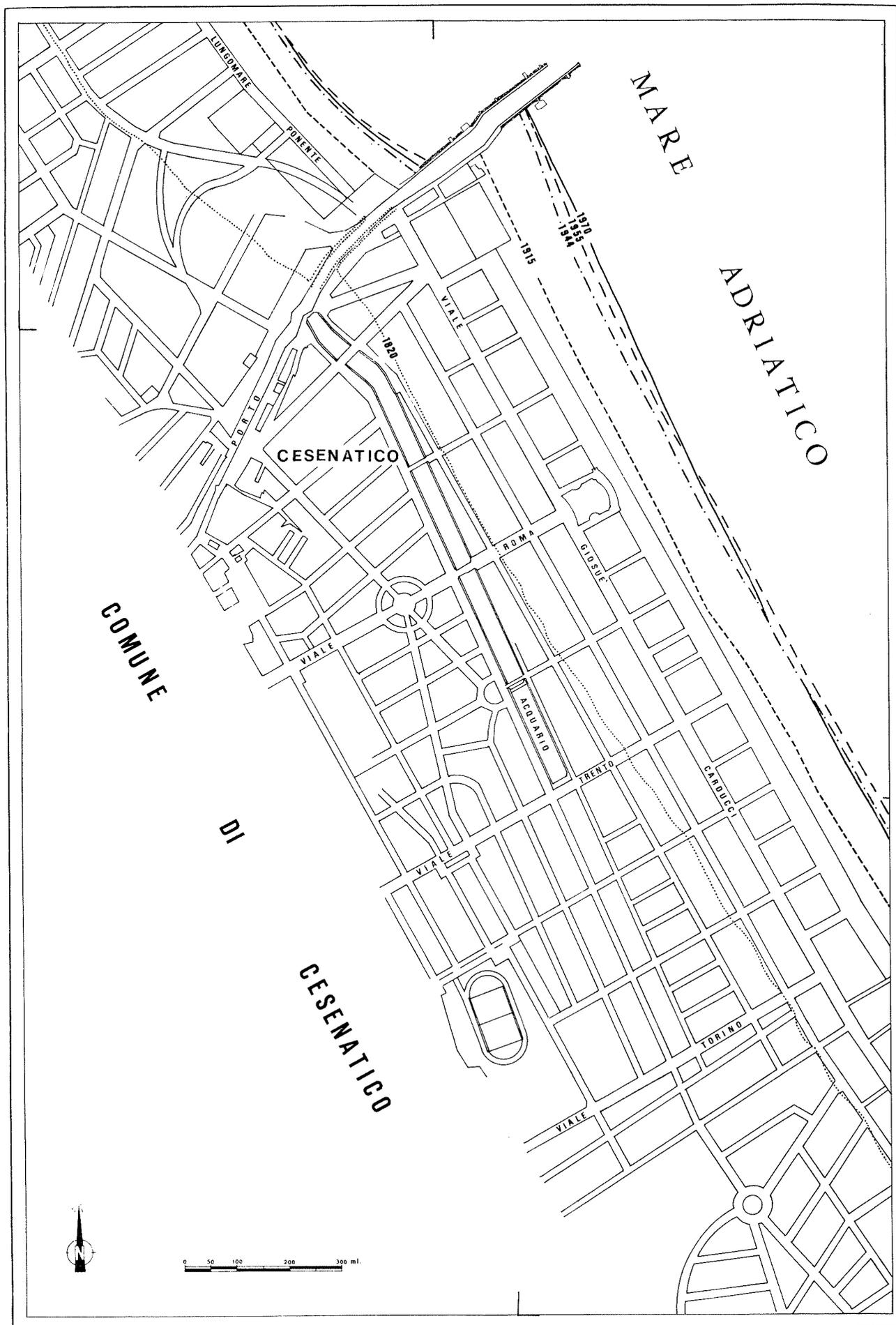


Figura n. 34

In questa tavola sono evidenti le variazioni della linea di spiaggia tra il 1820 e il 1970 nei pressi del porto canale di Cesenatico.

Il tratto costiero considerato viene suddiviso nelle seguenti due parti: quella tra la parte nord della tavola e il porto Canale di Cesenatico e quella tra il porto canale e il limite di sovrapposizione con la tavola successiva.

La lunghezza media dei due tratti considerati è rispettivamente di 488 e di 1.407 metri.

Nella zona fino al porto di Cesenatico il protendimento verso il mare della linea di costa è continuato fino al 1955; successivamente si è avuto un limitato arretramento. L'aumento della terra emersa è stato in media di 3,36 metri all'anno tra il 1820 e il 1915; di 1,27 metri annui tra il 1915 e il 1944; di 1,27 metri tra il 1944 e il 1955. L'arretramento è stato di 0,47 metri all'anno tra il 1955 e il 1970.

Nel tratto a sud del porto di Cesenatico il protendimento è continuato, in misura sempre più ridotta, fino al 1955. Si è poi verificato un leggero arretramento. I guadagni sul mare sono stati in media di 3,26 metri annui tra il 1820 e il 1915; di 2,79 metri annui tra il 1915 e il 1944; di 1,54 metri annui tra il 1944 e il 1955. Le perdite rispetto al mare sono state di m. 0,07 annui nel periodo tra il 1955 e il 1970.

Complessivamente nel periodo tra il 1820 e il 1970 i due tratti di spiaggia considerati sono aumentati rispettivamente di 2,42 e di 2,71 metri.

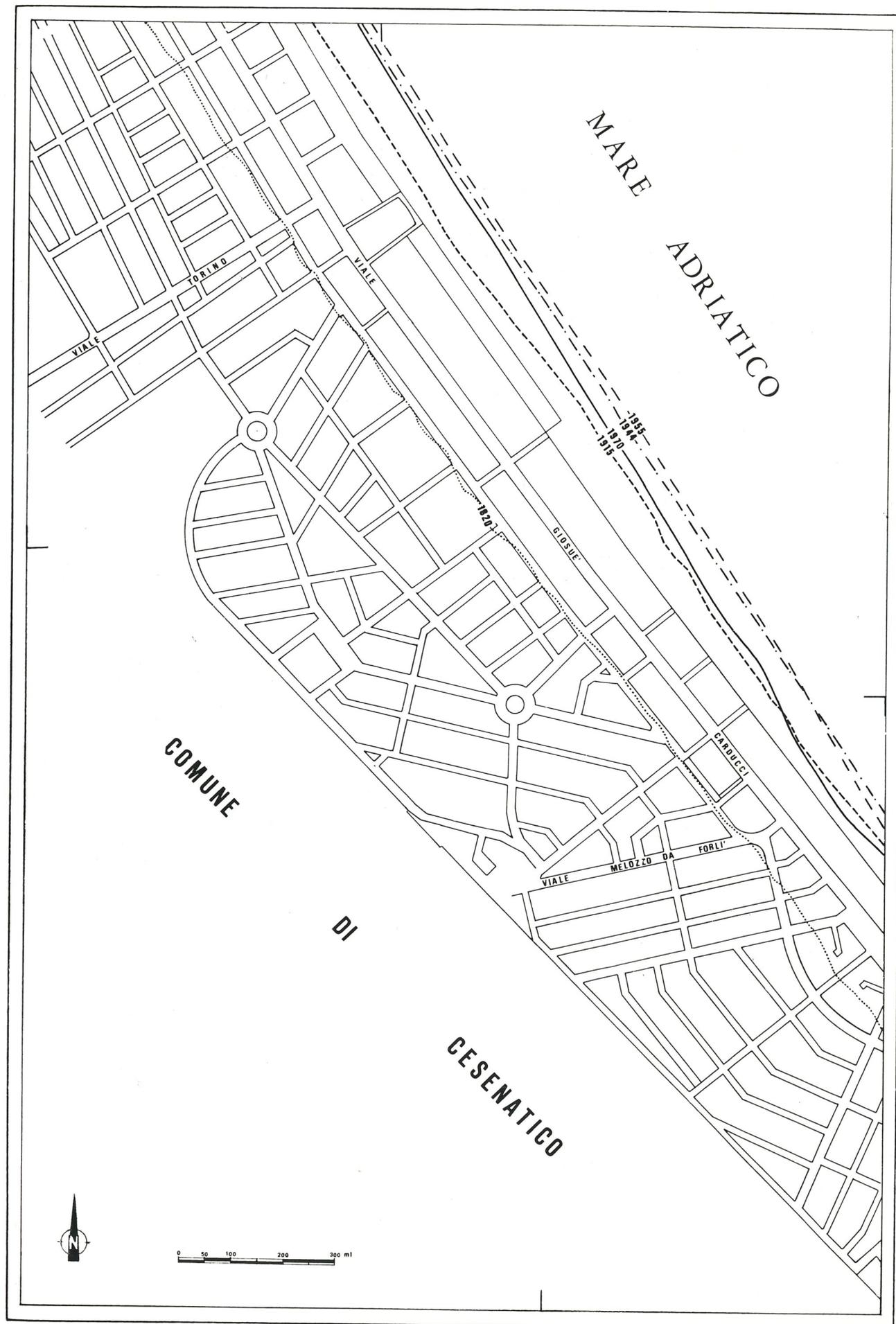
Figura n. 35

In questa tavola si possono osservare le variazioni della linea di spiaggia lungo il litorale del Comune di Cesenatico tra il viale Torino e il viale Mezzo.

Lungo questo tratto costiero il protendimento della terra emersa è continuato fino al 1955, successivamente il mare ha cominciato a riguadagnare le posizioni perdute.

L'arretramento del mare, nella fascia tra la parte più settentrionale della tavola e il limite dell'area di sovrapposizione con la tavola successiva, è stato in media di 2,54 metri all'anno tra il 1820 e il 1915; di 2,21 metri all'anno tra il 1915 e il 1944; di 1,18 metri all'anno tra il 1944 e il 1955. L'arretramento medio della linea di spiaggia è stato poi di 2,70 metri all'anno tra il 1955 e il 1970.

Complessivamente nel periodo tra il 1820 e il 1970 la spiaggia considerata, lunga in media 1.542 metri, è aumentata di 1,85 metri all'anno.



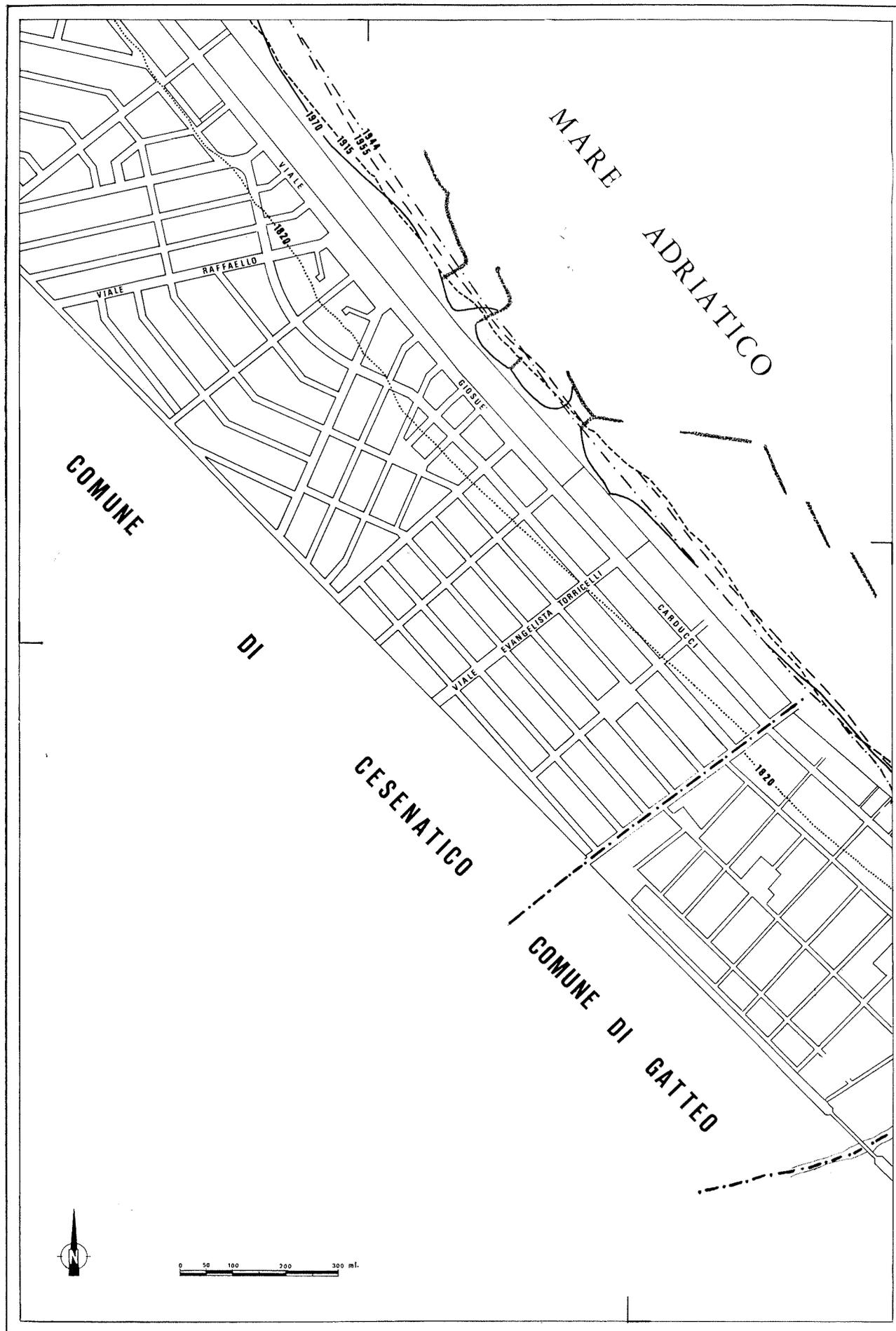


Figura n. 36

Questa tavola mostra le variazioni della linea di spiaggia avvenute nel tratto più meridionale della costa del Comune di Cesenatico.

Lungo questa parte del litorale il protendimento della terra sul mare è stato notevole tra il 1820 e il 1915 e poco significativo tra il 1915 e il 1944. La successiva avanzata del mare, appena configuratasi tra il 1944 e il 1955, si è successivamente dimostrata assai attiva.

Tra il 1820 e il 1915 l'aumento della spiaggia, nella fascia tra la parte più settentrionale della tavola e il limite dell'area di sovrapposizione con la tavola successiva, è stato in media di 2,05 metri annui e tra il 1915 e il 1944 di 0,76 metri annui. L'arretramento medio della linea di spiaggia è stato di 0,17 metri all'anno tra il 1944 e il 1955 e di 2,47 metri tra il 1955 e il 1970.

Complessivamente nel periodo tra il 1820 e il 1970 la spiaggia considerata, lunga in media 1.243 metri, si è accresciuta di 1,19 metri all'anno.

Lungo la linea di spiaggia si possono osservare le prime opere di difesa contro l'erosione ad opera del mare.

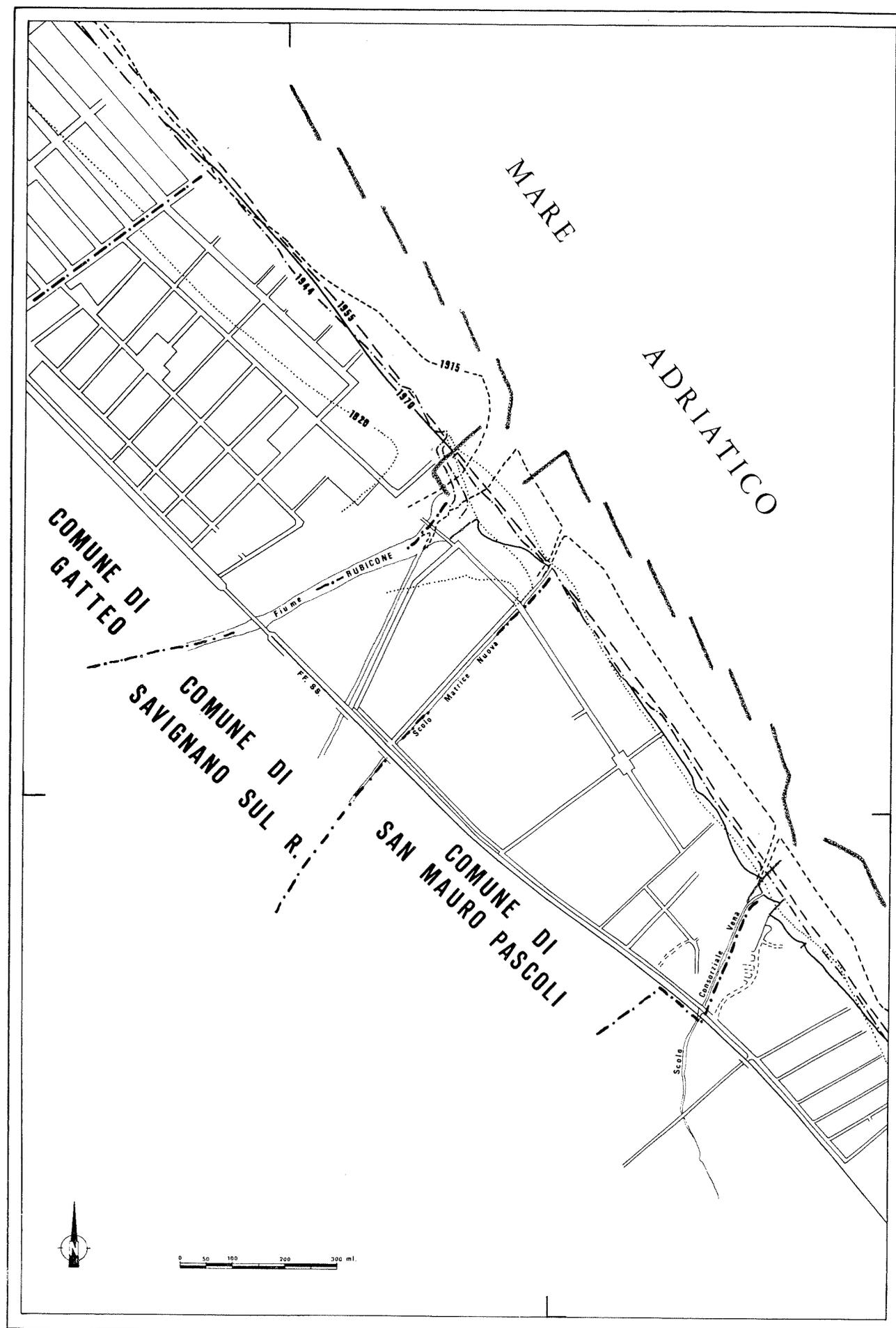
Figura n. 37

In questa tavola sono evidenti le variazioni della linea di spiaggia verificatesi nel litorale dei Comuni di Gatteo, di Savignano sul Rubicone e di S. Mauro Pascoli.

In questo tratto costiero, tra il 1820 e il 1970, si sono alternate fasi di protendimento e di arretramento della terra emersa.

Tra il 1820 e il 1915, nella fascia tra la parte più settentrionale della tavola e il limite dell'area di sovrapposizione con la tavola successiva, si è verificato l'arretramento più significativo del mare, che ha raggiunto in media valori di 1,39 metri all'anno. Successivamente il mare ha ripreso ad avanzare di 1,93 metri all'anno tra il 1915 e il 1944. Questa fase è stata interrotta da un nuovo arretramento di 1,27 metri all'anno tra il 1944 e il 1955. Il mare, poi, ha ripreso ad avanzare di 1,33 metri all'anno tra il 1955 e il 1970.

Complessivamente nel periodo tra il 1820 e il 1970 la spiaggia considerata, lunga in media 1.962 metri, si è accresciuta di 0,47 metri all'anno.



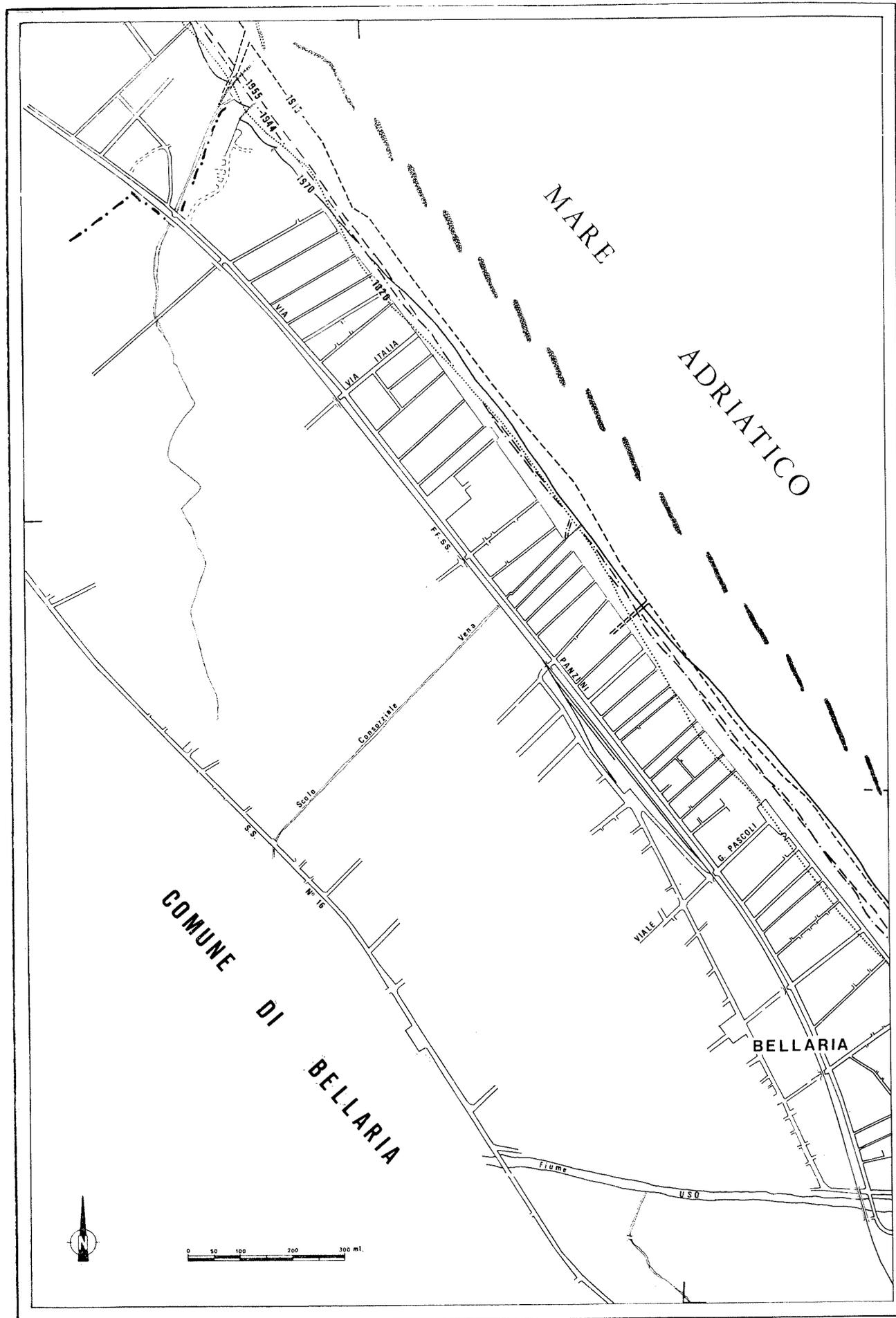


Figura n. 38

In questa tavola sono riportate le variazioni della linea di spiaggia verificatesi nella parte più settentrionale della costa del Comune di Bellaria e Igea Marina.

In questo tratto i protendimenti e gli arretramenti della terra emersa sono sempre stati piuttosto limitati nel periodo 1820 - 1970 considerato.

Tra il 1820 e il 1915 la terra è avanzata sul mare in media, nella fascia tra la parte più settentrionale della tavola e il limite di sovrapposizione con la tavola successiva, di 0,57 metri all'anno. Tra il 1915 e il 1944 ha subito un arretramento di 0,97 metri all'anno. Dopo questa data vi è stato un certo protendimento medio di 0,36 metri annui tra il 1944 e il 1955 e di 0,27 metri annui tra il 1955 e il 1970.

Complessivamente nel periodo tra il 1820 e il 1970 la spiaggia considerata, lunga in media 1.840 metri, è aumentata di 0,22 metri all'anno.

Figura n. 39

Questa tavola mostra le variazioni della linea di spiaggia attorno alla foce del fiume Uso nel Comune di Bellaria e Igea Marina.

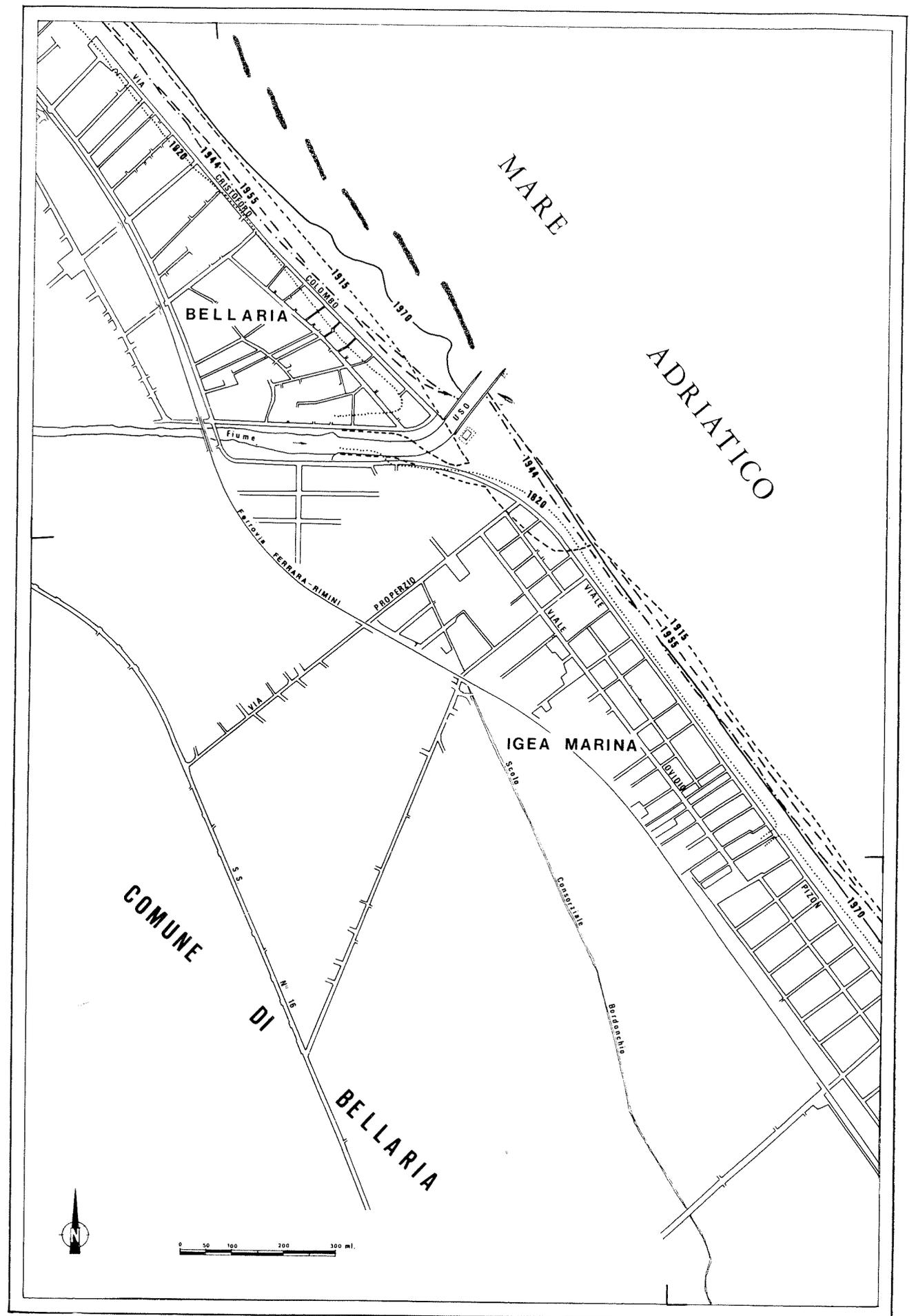
Il litorale in esame viene suddiviso in due parti : quella tra la parte nord della tavola e il porto canale e quella tra il porto canale e il limite di sovrapposizione con la tavola successiva.

La lunghezza media dei due tratti di spiaggia considerati è rispettivamente di 1.009 e di 1.031 metri.

Nel primo tratto il mare è arretrato di 0,73 metri all'anno tra il 1820 e il 1915; è avanzato di 0,83 metri all'anno tra il 1915 e il 1944; si è nuovamente ritirato di 0,27 metri all'anno tra il 1944 e il 1955 e di 3,60 metri all'anno tra il 1955 e il 1970. La costruzione delle scogliere frangiflutto ha consentito questo sensibile aumento della spiaggia.

Nel secondo tratto il mare si è allontanato in media di 0,31 metri all'anno tra il 1820 e il 1915; di 0,05 metri all'anno tra il 1915 e il 1944 e di 1,73 metri all'anno tra il 1944 e il 1955. Il mare è poi tornato ad avanzare sulla terra di 1,00 metri all'anno tra il 1955 e il 1970.

Complessivamente nel periodo tra il 1820 e il 1970 i due tratti di spiaggia considerati si sono accresciuti rispettivamente di 0,68 e di 0,23 metri all'anno.



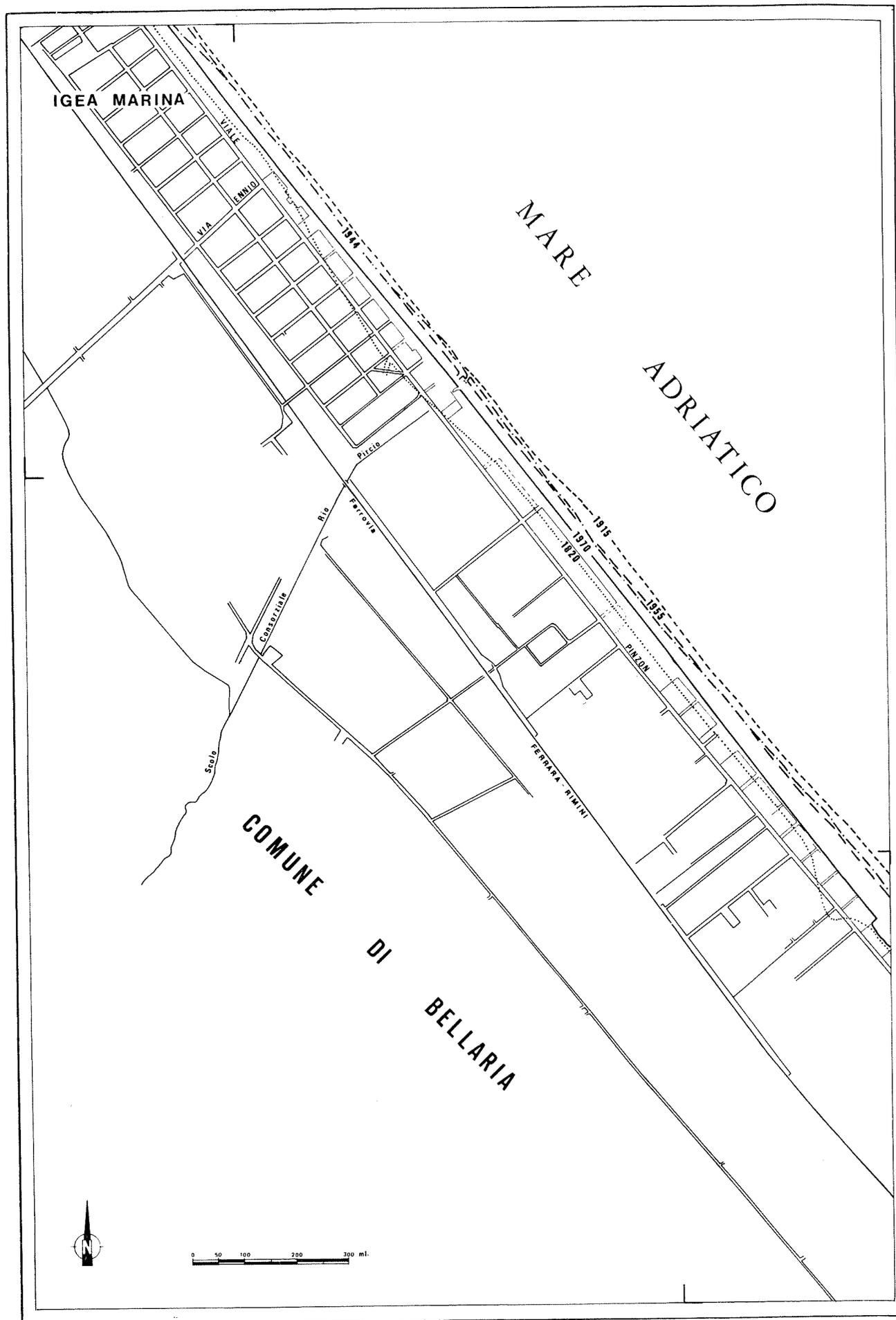


Figura n. 40

In questa tavola si possono osservare le variazioni della linea di spiaggia lungo la costa di Igea Marina nel Comune di Bellaria e Igea Marina.

Dopo un protendimento della terra emersa sul mare protrattosi dal 1820 al 1915, lungo questa fascia litoranea si è verificato un costante progresso del mare.

Tra il 1820 e il 1915 il progresso della spiaggia sul mare è stato in media, nel tratto interposto tra la parte più settentrionale della tavola e il limite di sovrapposizione con la tavola successiva, di 0,78 metri annui. Il regresso è stato di 0,48 metri annui tra il 1915 e il 1944; di 0,18 metri annui tra il 1944 e il 1955 e di 1,87 metri annui tra il 1955 e il 1970.

Complessivamente nel periodo tra il 1820 e il 1970 la spiaggia considerata, lunga in media 2.030 metri, è aumentata di 0,20 metri all'anno.

Figura n. 41

In questa tavola sono evidenti le variazioni della linea di spiaggia avvenute nel tratto costiero più meridionale del Comune di Bellaria e Igea Marina e nei pressi di Torre Pedrera in Comune di Rimini.

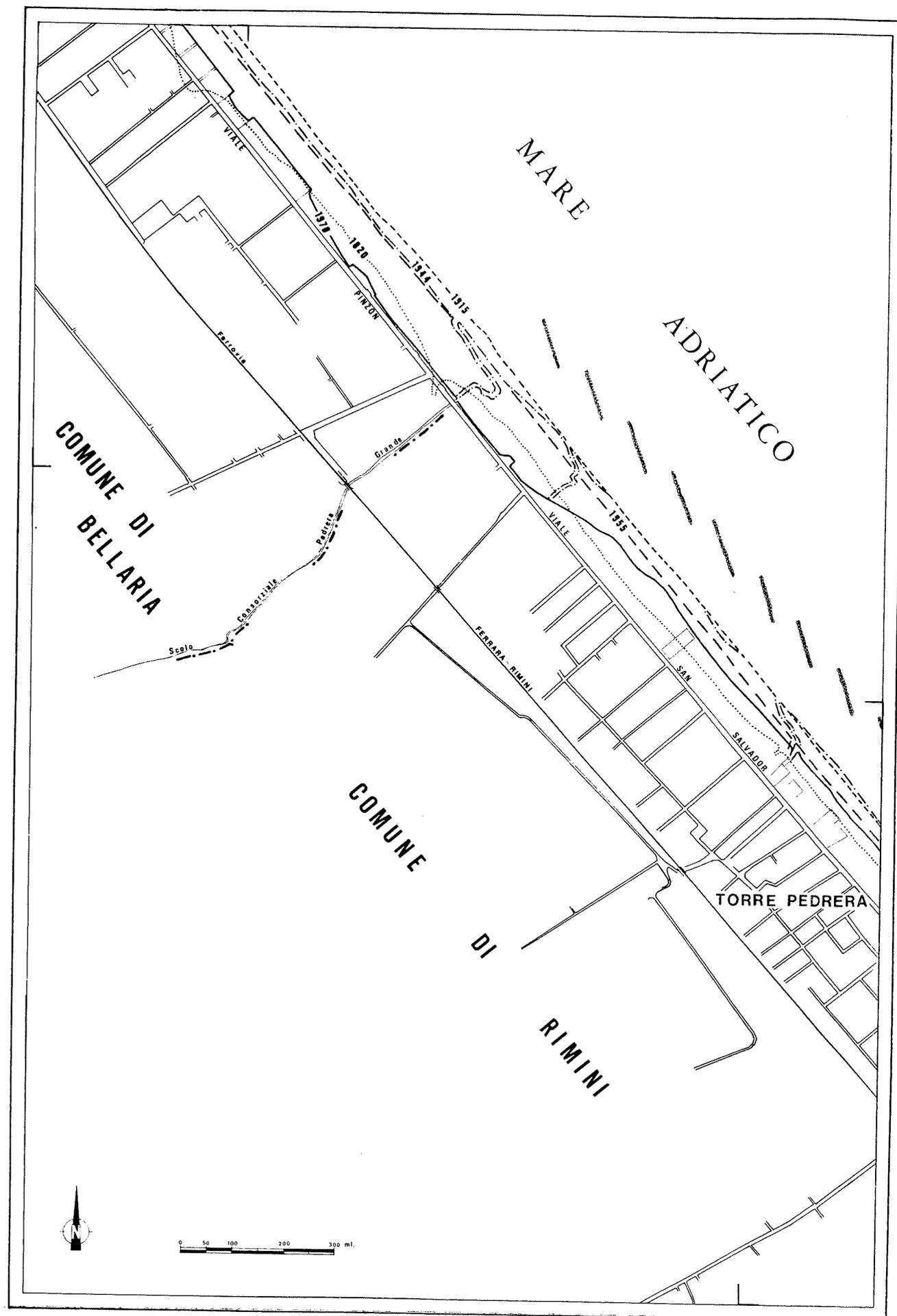
Il tratto in esame viene suddiviso in due parti: quella tra la parte nord della tavola e lo scolo consorziale Pedrera Grande e quella successiva fino al limite di sovrapposizione con la tavola successiva. Viene distinta, in pratica, la zona non protetta da scogliere frangiflutto da quella difesa da tali opere.

La lunghezza media dei due tratti costieri considerati è rispettivamente di 850 e di 825 metri.

Nella prima parte, dopo un protendimento medio della costa sul mare di 0,98 metri all'anno tra il 1820 e il 1915, si è verificato un costante arretramento dal 1915 in poi, con una brusca accelerazione tra il 1955 e il 1970. Il mare è infatti avanzato di 0,62 metri all'anno tra il 1915 e il 1944; di 0,64 metri all'anno tra il 1944 e il 1955 e di 4,53 metri all'anno tra il 1955 e il 1970.

Nella seconda parte l'andamento del fenomeno è analogo. Il mare è arretrato di 0,82 metri all'anno tra il 1820 e il 1915; è successivamente avanzato di 0,17 metri all'anno tra il 1915 e il 1944, di 1,82 metri all'anno tra il 1944 e il 1955 e di 3,13 metri all'anno tra il 1955 e il 1970.

Complessivamente nel periodo tra il 1820 e il 1970 i due tratti di spiaggia considerati sono aumentati rispettivamente di 0,00 e di 0,04 metri all'anno.



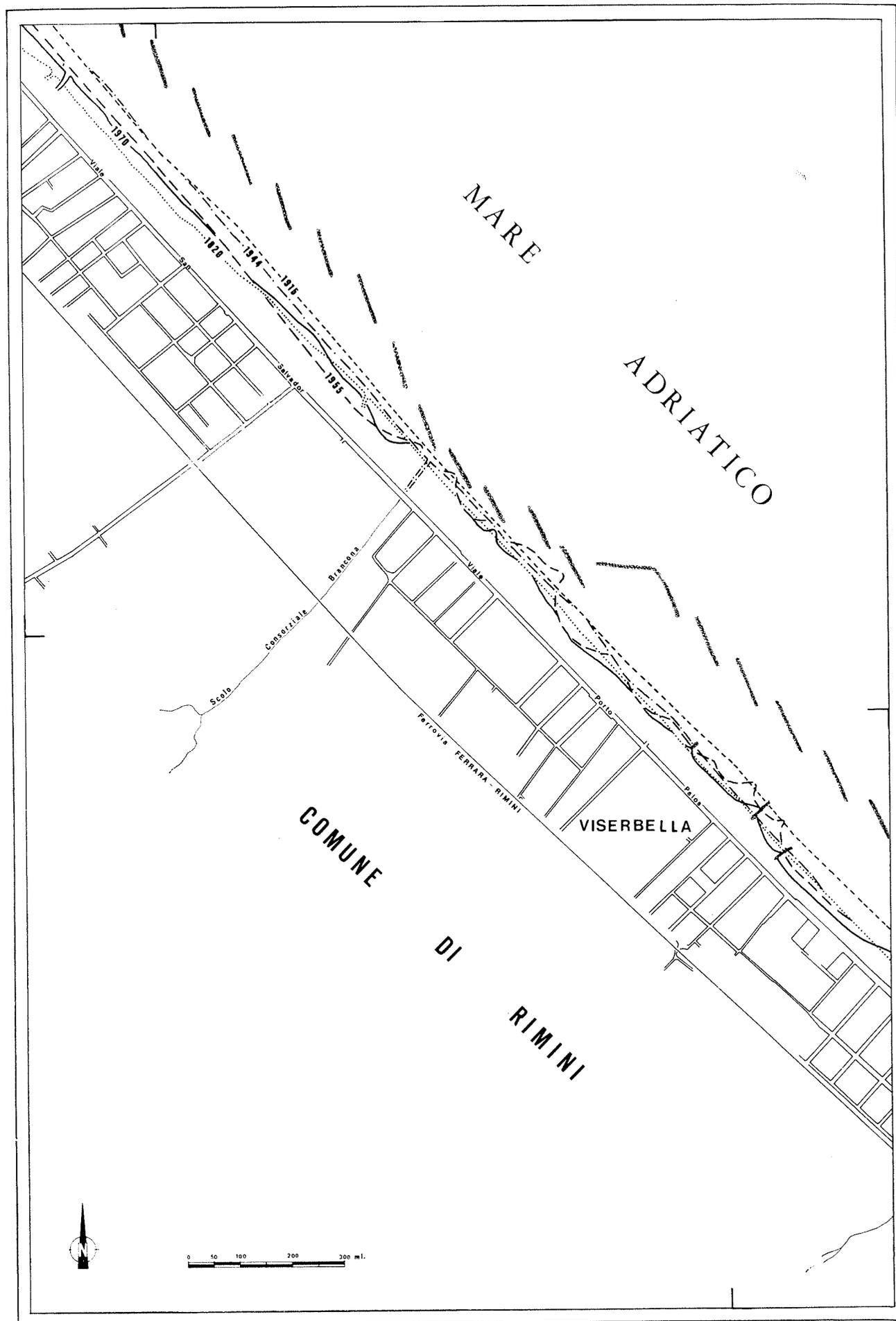


Figura n. 42

Questa tavola mostra le variazioni della linea di spiaggia lungo il litorale del Comune di Rimini tra Torre Pedrera e Viserbella.

Dopo un limitato protendimento iniziale nel periodo 1820 - 1915, la spiaggia in media è sempre arretrata, con una velocità massima nel periodo 1944-1955.

Il mare risulta essersi ritirato di 0,39 metri all'anno in media nell'intervallo di tempo tra il 1820 e il 1915; è poi avanzato, sempre nella fascia interposta tra la parte più settentrionale della tavola e il limite di sovrapposizione con la tavola successiva, di 0,38 metri all'anno nel periodo 1915-1944; di 1,91 metri all'anno nel periodo 1944-1955 e di 0,40 metri all'anno nel periodo 1955-1970.

Complessivamente nel periodo tra il 1820 e il 1970 la spiaggia considerata, lunga in media 1.952 metri, è arretrata di 0,01 metri all'anno.

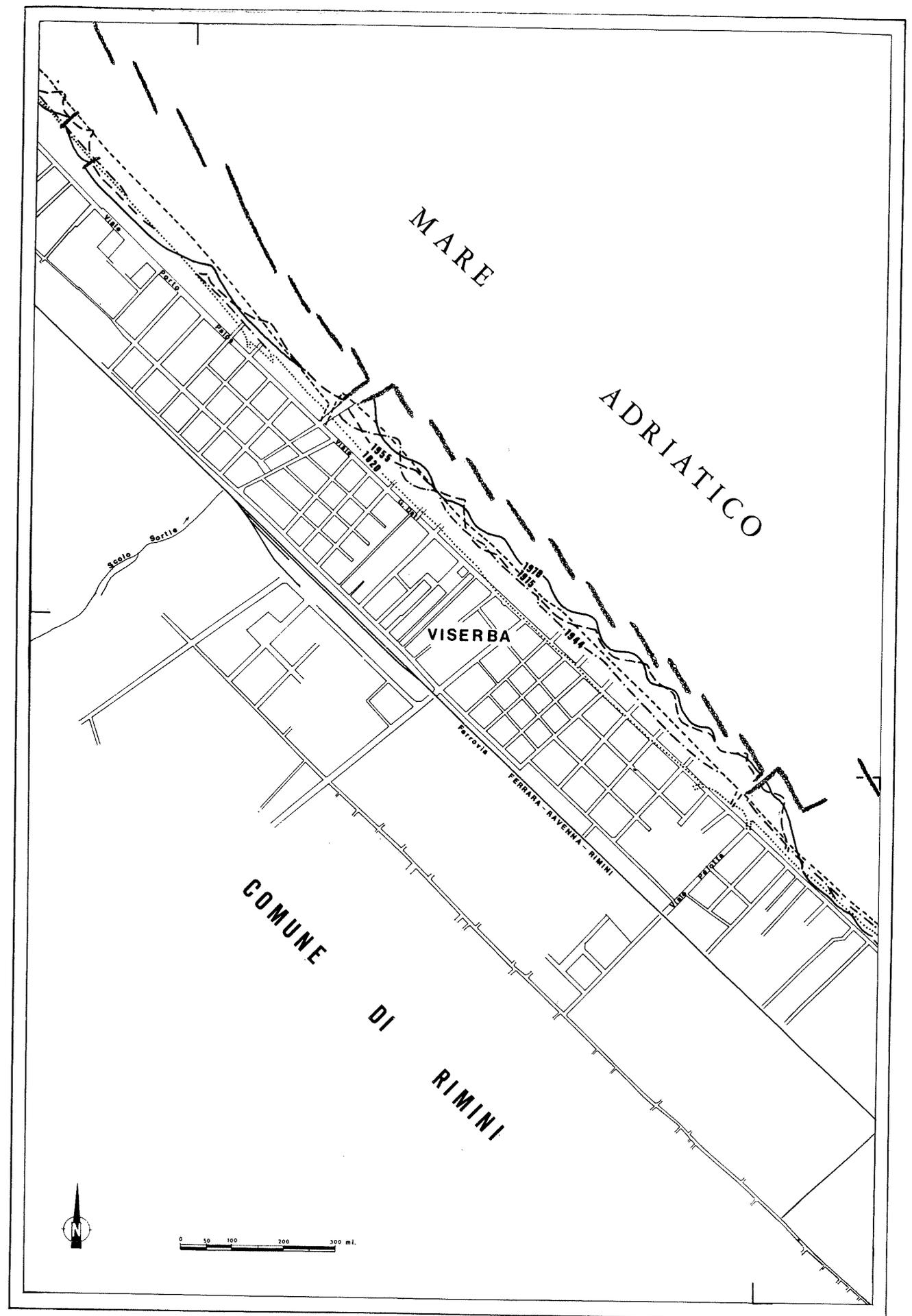
Figura n. 43

Da questa tavola risultano le variazioni della linea di spiaggia nel litorale del Comune di Rimini nella zona di Viserba.

La spiaggia in questo tratto, è arretrata nel periodo 1915-1944; negli altri intervalli è avanzata sul mare.

Tra il 1820 e il 1915 vi è stato un progresso della terra sul mare, nella fascia interposta tra la parte più settentrionale della tavola e il limite di sovrapposizione con la tavola successiva, di 0,45 metri all'anno; tra il 1915 e il 1944 il regresso è stato di 0,69 metri all'anno; in seguito il nuovo progresso è stato di 1,45 metri annui tra il 1944 e il 1955 e di 0,33 metri annui tra il 1955 e il 1970.

Complessivamente nel periodo tra il 1820 e il 1970 la spiaggia considerata, lunga in media 1.962 metri, è aumentata di 0,29 metri all'anno.



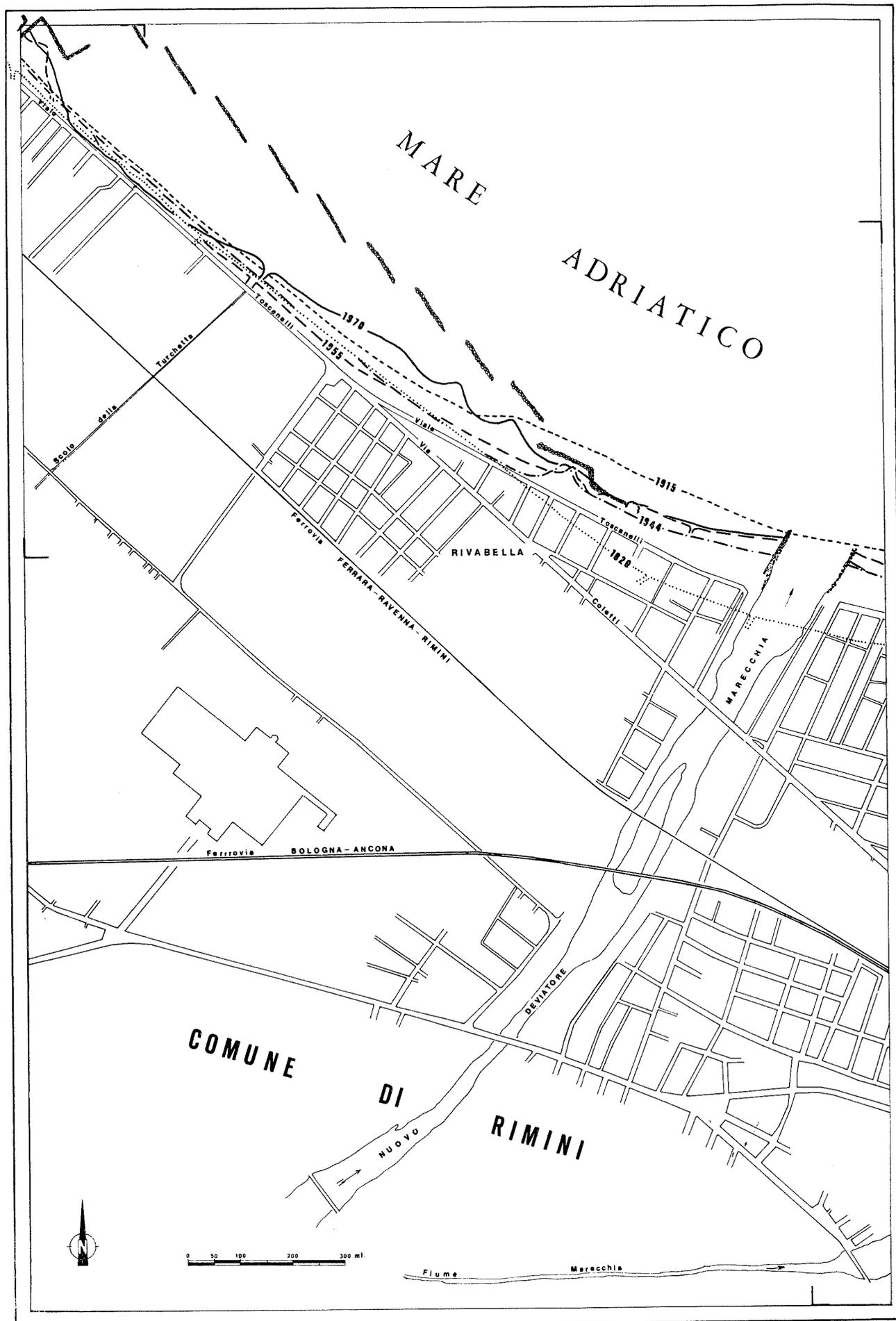


Figura n. 44

In questa tavola si possono osservare le variazioni della linea di spiaggia nell'intervallo 1820-1970 sulla sinistra del deviatore del fiume Marecchia.

In questo tratto di costa un arretramento significativo della spiaggia si è verificato tra il 1915 e il 1944. Nei restanti intervalli di tempo il mare si è ritirato.

Tra il 1820 e il 1915, nella fascia interposta tra la parte più settentrionale della tavola e il deviatore del fiume Marecchia, il mare è arretrato di 0,77 metri all'anno in media; successivamente è avanzato di 1,31 metri all'anno nel periodo 1915 - 1944; è poi nuovamente arretrato di 0,27 metri all'anno nel periodo 1944 - 1955 e di 1,40 metri all'anno nel periodo 1955 - 1970.

Complessivamente nel periodo tra il 1820 e il 1970 la spiaggia considerata, lunga in media 1.730 metri, è aumentata di 0,39 metri all'anno.

Figura n. 45

In questa tavola sono evidenti le variazioni della linea di spiaggia tra il 1820 e il 1970 nei pressi del porto canale di Rimini.

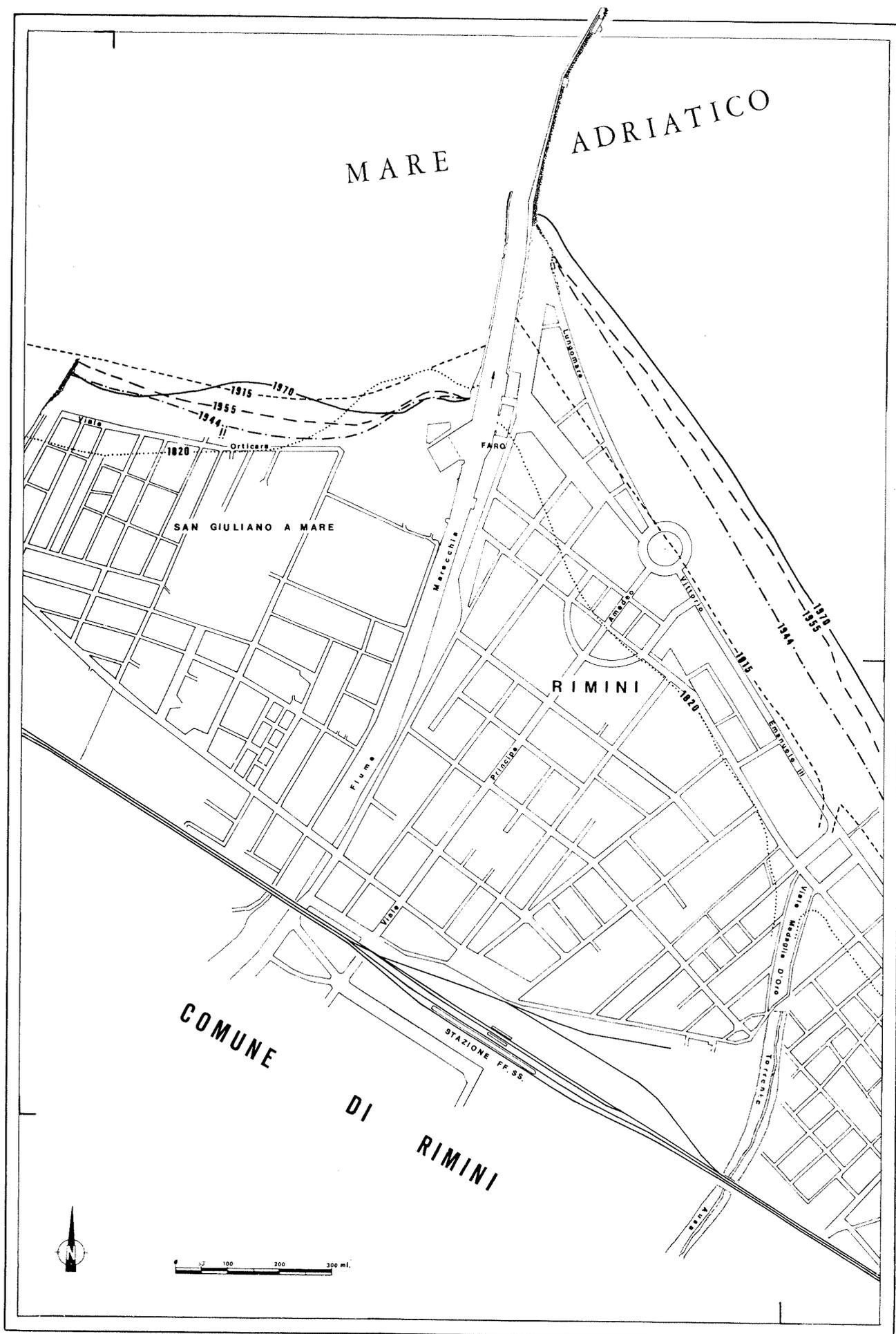
Il tratto costiero considerato viene suddiviso in due parti: quella a sinistra del porto canale di Rimini e quella a destra di tale opera fino al limite di sovrapposizione con la tavola successiva.

Nella zona a sinistra del porto il protendimento della spiaggia è stato in media di 0,91 metri all'anno tra il 1820 e il 1915. Successivamente, tra il 1915 e il 1944, la spiaggia è arretrata mediamente di 1,96 metri all'anno. Dopo il 1944 la terra emersa ha ricominciato ad estendersi in media al ritmo di 1,64 metri all'anno tra il 1944 e il 1955 e di 0,60 metri annui tra il 1955 e il 1970.

In questo tratto costiero il protendimento medio annuo della spiaggia tra il 1820 e il 1970 è stato di 0,37 metri. La lunghezza media della linea di spiaggia è risultata di 872 metri.

A destra del porto canale il protendimento della spiaggia risulta ininterrotto tra il 1820 e il 1970. Tra il 1820 e il 1915 l'incremento è stato in media di 1,55 metri all'anno. Nel periodo 1915-1944, l'aumento della terra emersa ha raggiunto un massimo di 3,65 metri all'anno. In seguito il protendimento è stato meno veloce: di 3,00 metri annui tra il 1944 e il 1955 e 1,93 metri annui nel periodo 1955-1970.

A destra del porto canale di Rimini il protendimento medio nel periodo 1820-1970 è stato di 2,10 metri annui. La lunghezza media della linea di spiaggia è di 987 metri.



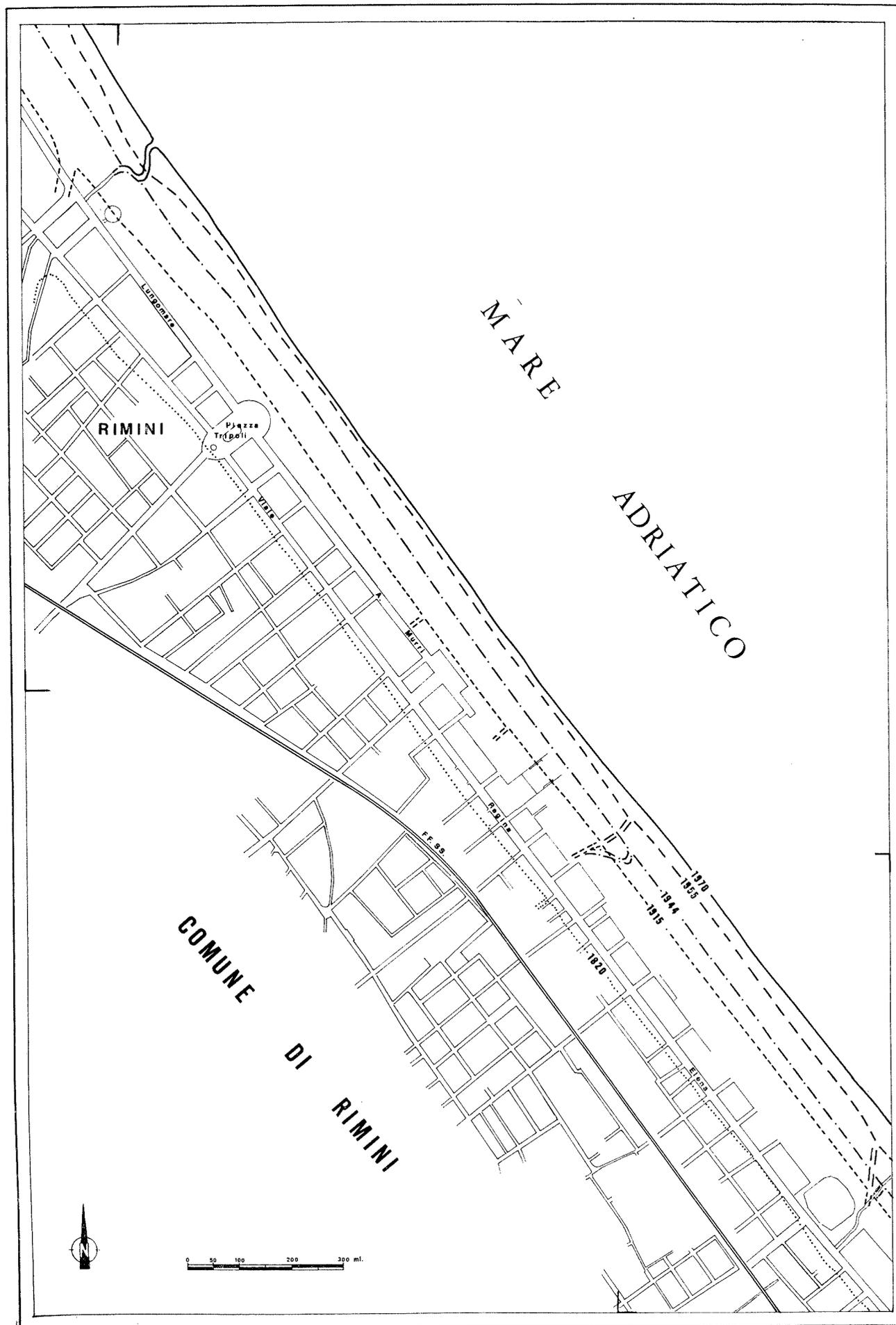


Figura n. 46

Questa tavola mostra le variazioni della linea di spiaggia in un tratto del litorale riminese a sud del porto canale.

In questa parte della costa l'aumento della spiaggia si è verificato regolarmente nell'intero periodo considerato: infatti il protendimento medio è stato di 1,52 metri annui tra il 1820 e il 1915; di 2,24 metri annui tra il 1915 e il 1944; di 3,63 metri annui tra il 1944 e il 1955; di 1,26 metri annui tra il 1955 e il 1970.

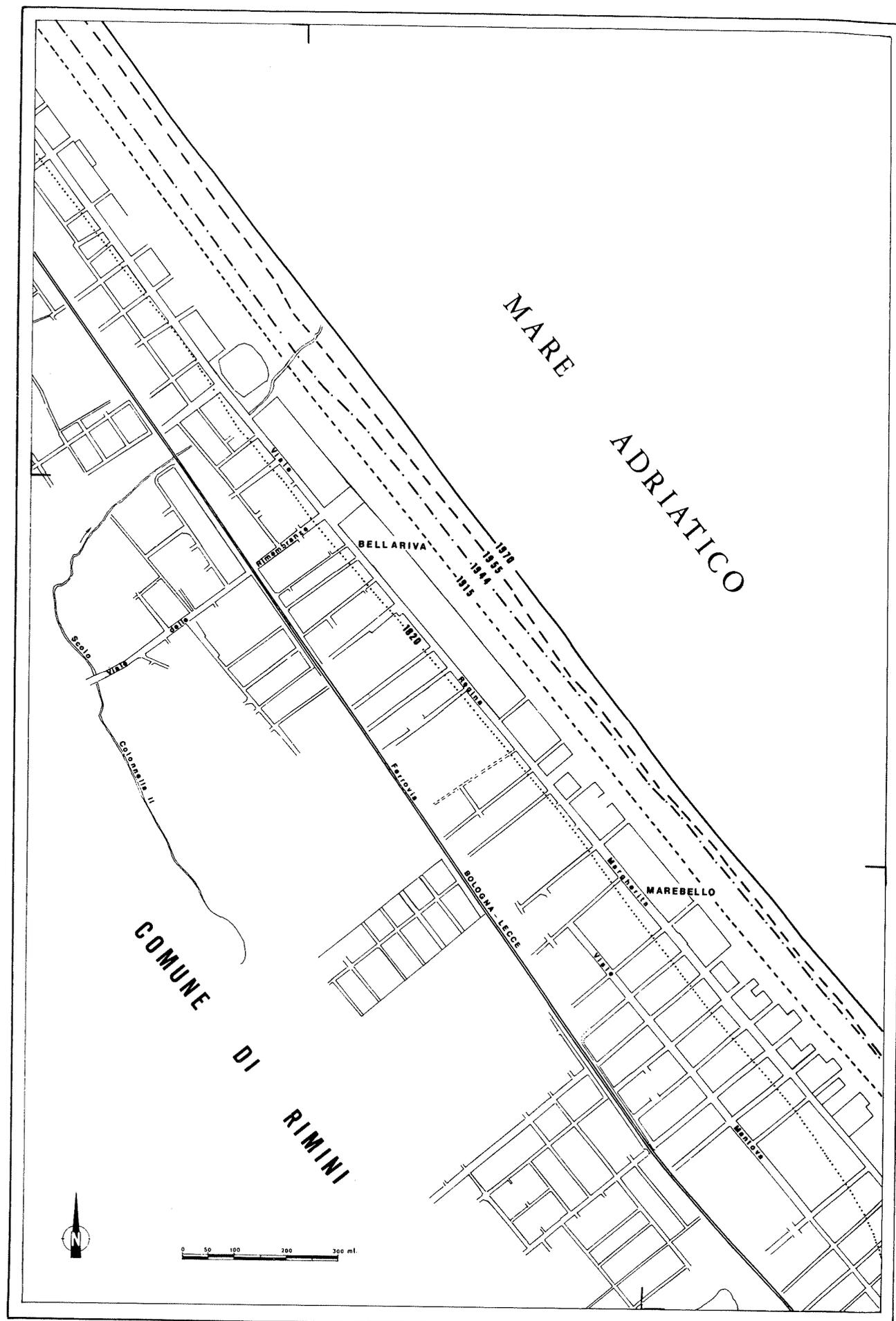
Il protendimento medio della spiaggia nella zona è stato di 1,79 metri annui nel periodo 1820-1970. La lunghezza media della linea di spiaggia nel tratto considerato tra l'estremo nord della tavola e il limite di sovrapposizione con la tavola successiva è di 1.906 metri.

Figura n. 47

Questa tavola mostra le variazioni della linea di spiaggia nel litorale riminese di Bellariva.

In questo tratto di costa il protendimento della spiaggia è continuato ininterrottamente nel periodo dal 1820 al 1970. L'incremento della spiaggia, nella fascia tra la parte più settentrionale della tavola e il limite dell'area di sovrapposizione con la tavola successiva, è stato in media di 1,41 metri annui tra il 1820 e il 1915, di 1,42 metri annui tra il 1915 e il 1944, di 3,09 metri annui tra il 1944 e il 1955, di 2,13 metri annui tra il 1955 e il 1970.

Nella spiaggia in esame il protendimento medio annuo tra il 1820 e il 1970 è stato di 1,61 metri. La lunghezza media della linea di spiaggia è di 2.012 metri.



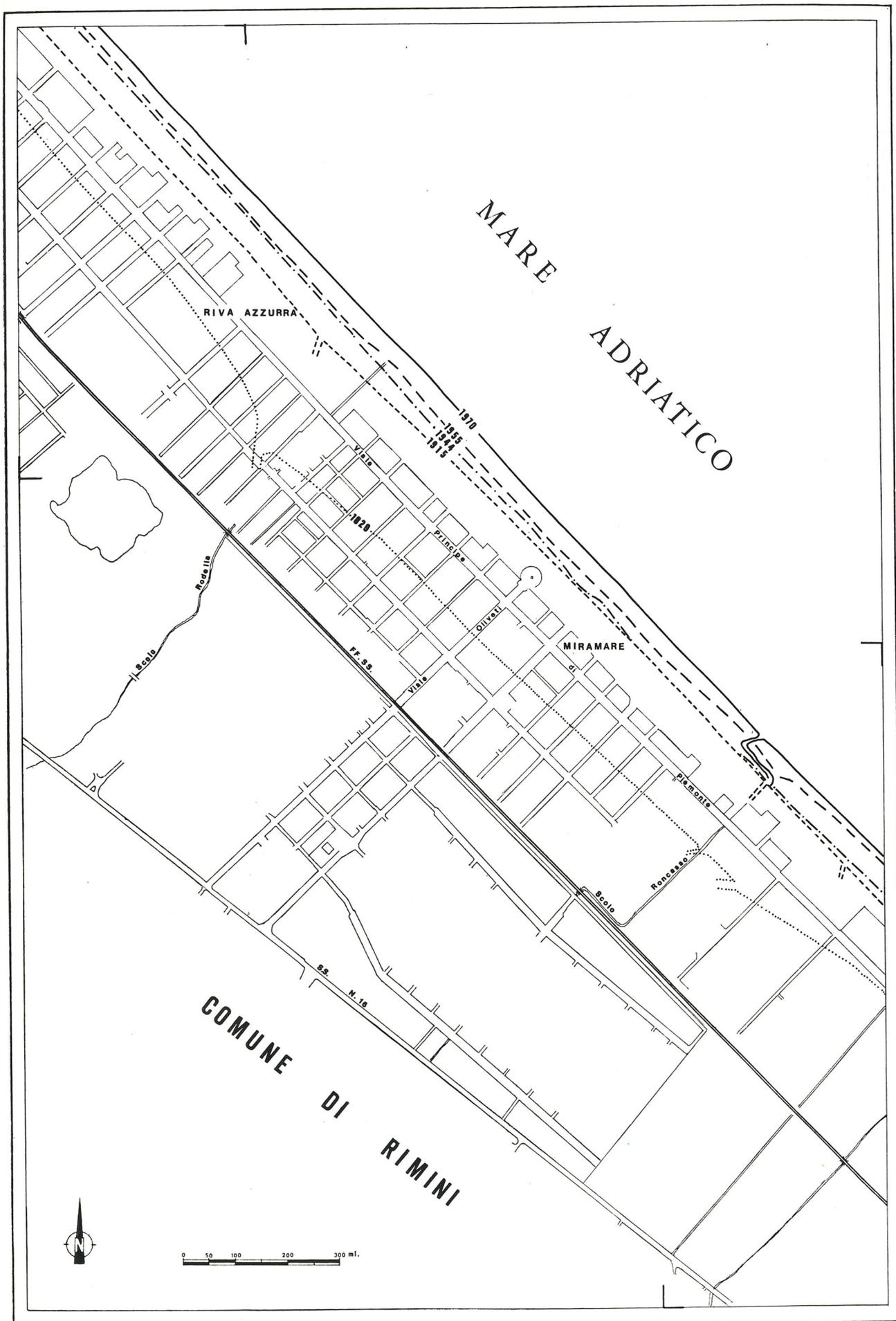


Figura n. 48

In questa tavola si possono osservare le variazioni della linea di spiaggia nel litorale del Comune di Rimini tra Rivazzurra e Miramare.

Lungo questo tratto costiero il protendimento della terra emersa, nella fascia tra la parte più settentrionale della tavola e il limite dell'area di sovrapposizione con la tavola successiva, è continuato ininterrottamente dal 1820 al 1970. L'aumento ha seguito, in media, il seguente ritmo: 1,99 metri all'anno tra il 1820 e il 1915; 1,17 metri all'anno tra il 1915 e il 1944; 1,36 metri all'anno tra il 1944 e il 1955; 2,13 metri all'anno tra il 1955 e il 1970.

Nella spiaggia di Rivazzurra e Miramare in esame il protendimento medio annuo nel periodo 1820-1970 è stato di 1,80 metri. La lunghezza media della linea di spiaggia considerata è di 1.666 metri.



Figura n. 49

In questa tavola sono riportate le variazioni della linea di spiaggia nella parte più meridionale del litorale riminese e in quella più settentrionale della costa di Riccione.

In questo tratto costiero il protendimento della spiaggia sul mare si è verificato costantemente nel periodo 1820-1970. L'andamento medio di questo fenomeno, nella fascia tra la parte più settentrionale della tavola e il limite di sovrapposizione con la tavola successiva, ha assunto i seguenti valori: 1,79 metri all'anno nel periodo 1820-1915; 0,31 metri all'anno nel periodo 1915-1944; 2,00 metri all'anno nel periodo 1944-1955; 1,53 metri all'anno nel periodo 1955-1970.

Nel tratto costiero in esame il protendimento medio annuo della spiaggia nel periodo 1820-1970 è stato di 1,49 metri. La lunghezza media della linea di spiaggia considerata è di 2.015 metri.

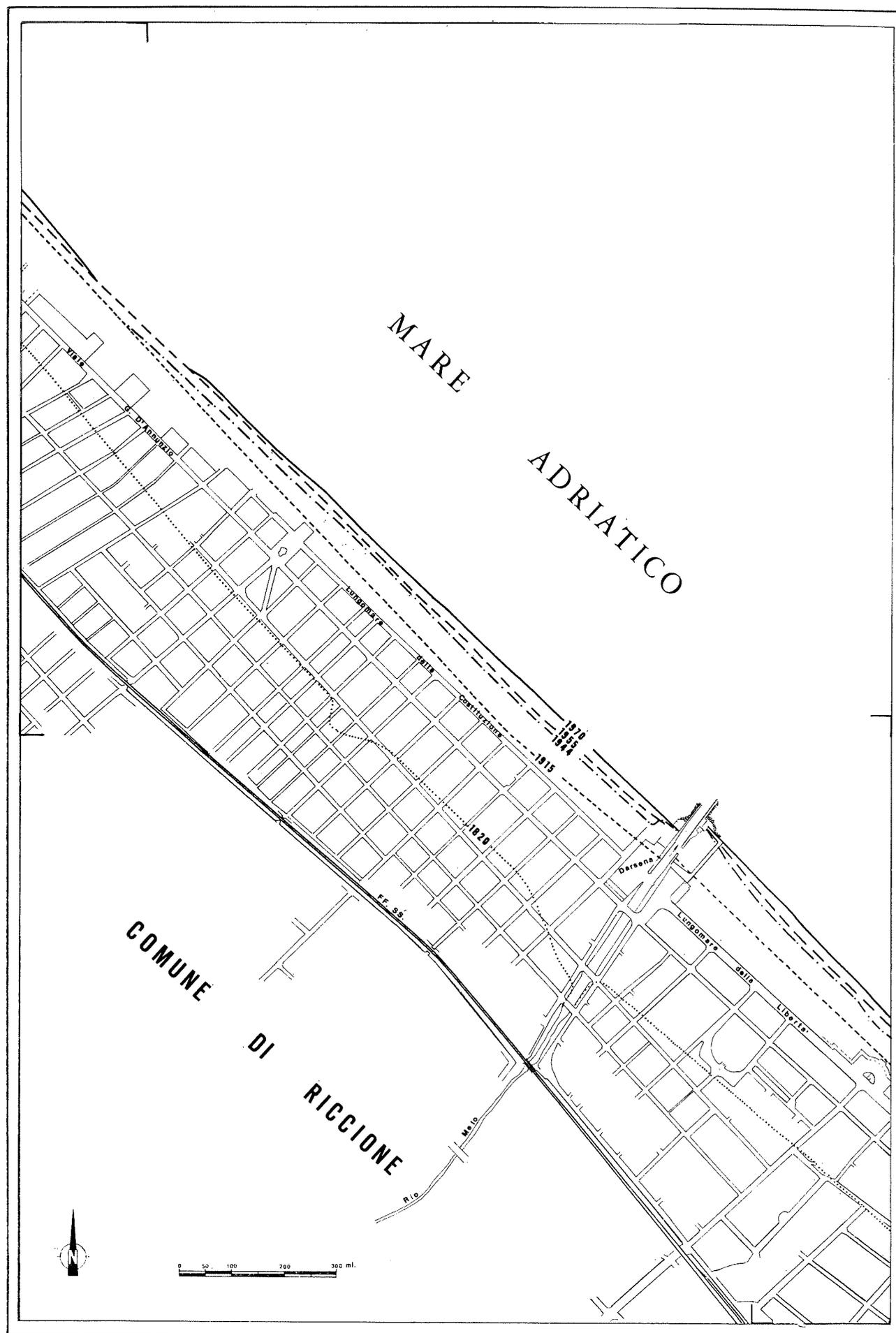


Figura n. 50

Questa tavola presenta le variazioni della spiaggia nei pressi del porto canale di Riccione.

Il tratto costiero in esame viene suddiviso in due parti, poste rispettivamente a nord e a sud del porto canale. In entrambe l'aumento della spiaggia si è verificato ininterrottamente nell'intervallo di tempo tra il 1820 e il 1970.

Nel litorale a nord del porto di Riccione l'incremento medio della spiaggia è stato di 1,98 metri annui nel periodo 1820 - 1915; di 1,10 metri annui nel periodo 1915 - 1944; di 1,09 metri annui nel periodo 1944 - 1955; di 0,80 metri annui nel periodo 1955 - 1970. Il protendimento medio annuo della spiaggia, nella fascia considerata tra la parte più settentrionale della carta e il porto canale, è stato di 1,63 metri annui tra il 1820 e il 1970. La lunghezza media della linea di spiaggia considerata è di 1.720 metri.

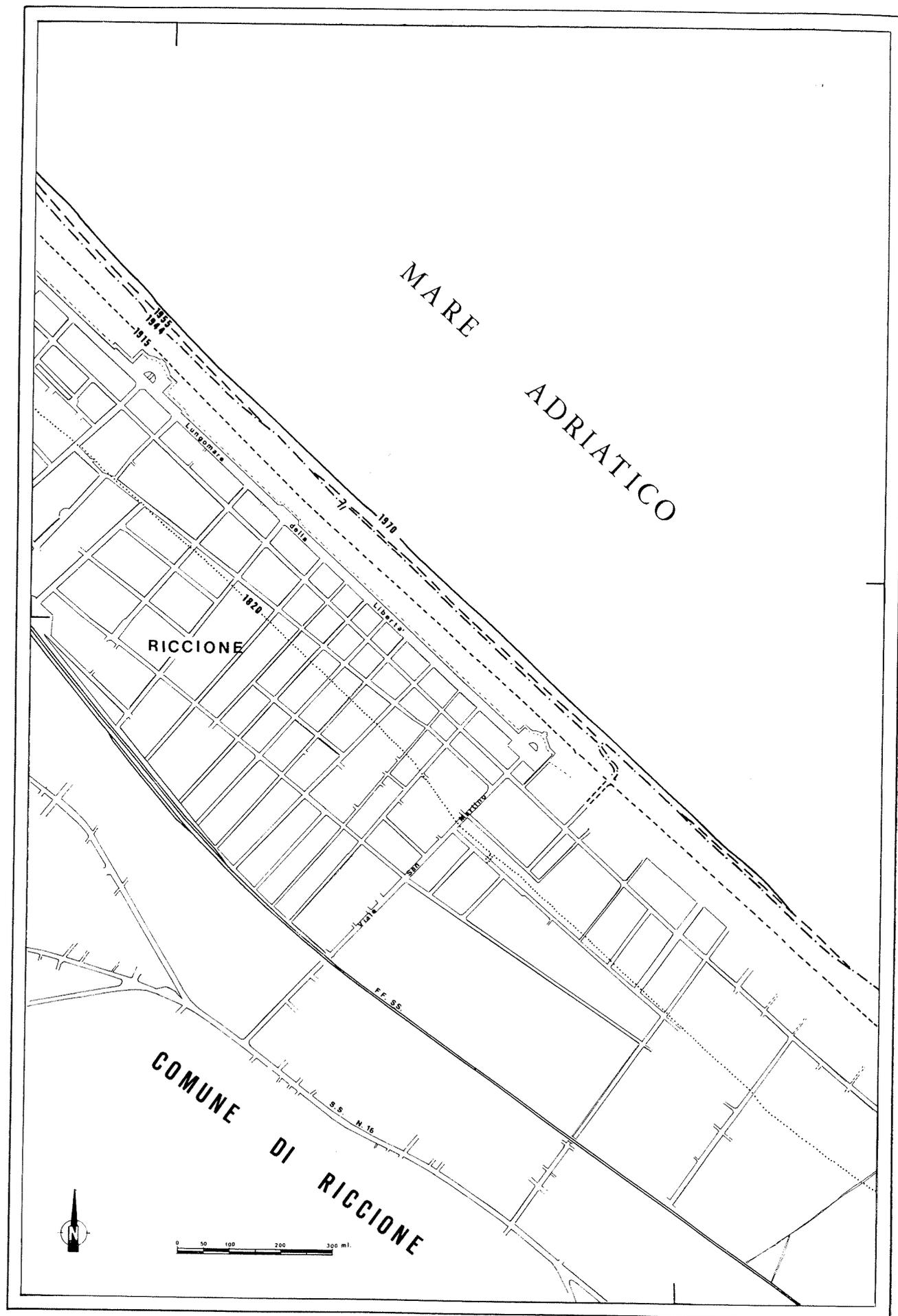
Nel litorale a sud del porto di Riccione, considerando la fascia costiera tra questa opera marittima e il limite di sovrapposizione con la tavola successiva, l'aumento della spiaggia è stato in media di 2,85 metri annui tra il 1820 e il 1915, di 1,69 metri annui tra il 1915 e il 1944, di 0,63 metri annui tra il 1944 e il 1955, di 0,53 metri annui tra il 1955 e il 1970. Il protendimento medio annuo della spiaggia è stato di 2,23 metri tra il 1820 e il 1970. La lunghezza media della linea di spiaggia considerata è di 228 metri.

Figura n. 51

In questa tavola sono riportate le variazioni della linea di spiaggia in un tratto del Comune di Riccione a sud del porto canale.

Lungo questo tratto della costa l'aumento della spiaggia è stato senza interruzioni nell'intero periodo considerato. L'incremento è stato in media di 2,46 metri annui tra il 1820 e il 1915; di 1,65 metri annui tra il 1915 e il 1944; di 0,68 metri annui tra il 1944 e il 1955; di 1,20 metri annui tra il 1955 e il 1970.

Il protendimento medio della spiaggia nel periodo 1820 - 1970 è stato di 2,05 metri annui. La lunghezza media della linea di spiaggia, nel tratto considerato tra l'estremo settentrionale della tavola e il limite di sovrapposizione con la tavola successiva, è di 1.722 metri.



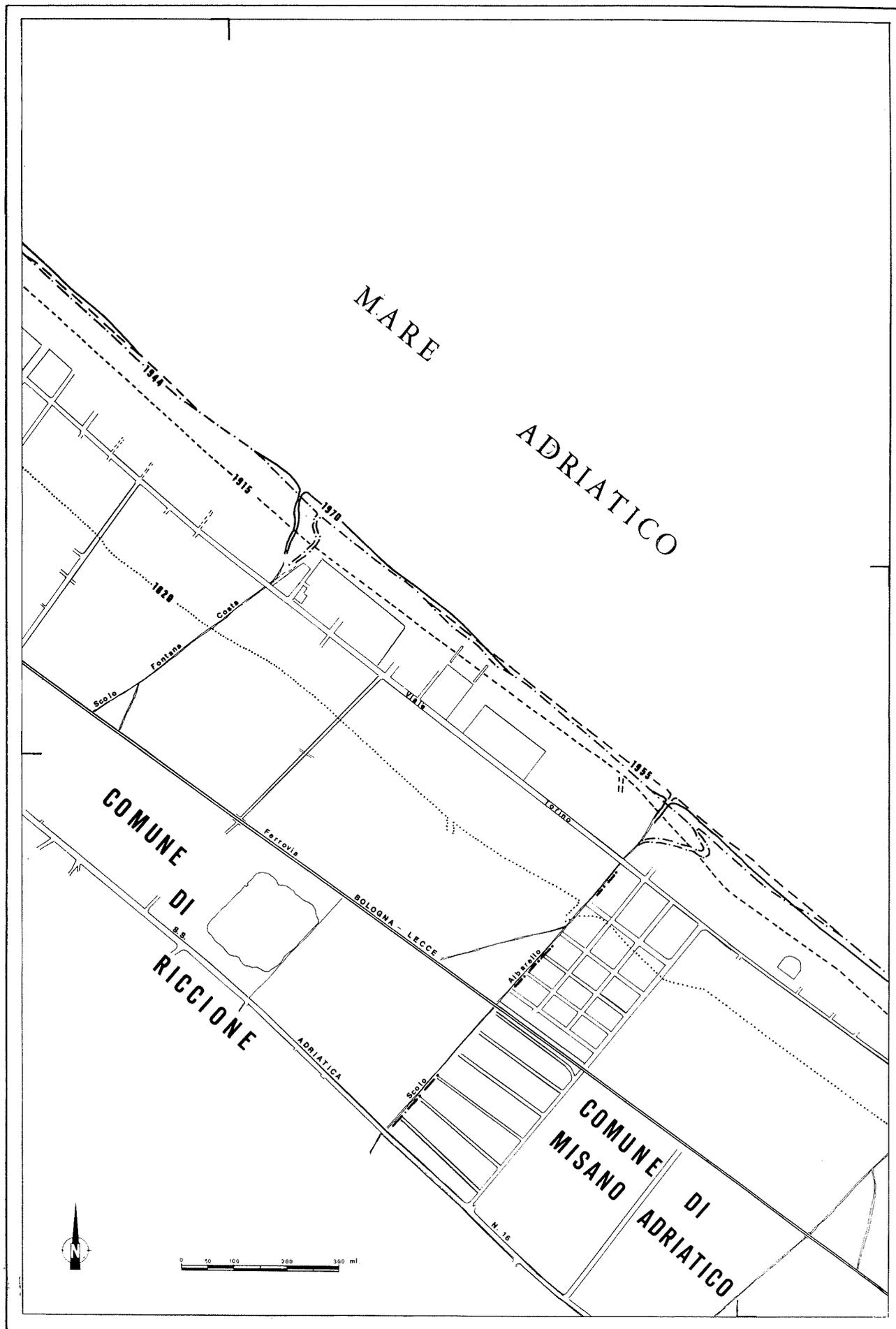


Figura n. 52

In questa tavola sono riportate le variazioni della linea di spiaggia nella parte più meridionale del litorale del Comune di Riccione e nella parte più settentrionale della costa del Comune di Misano.

In questa zona, lungo la fascia tra il limite settentrionale della tavola e il tratto di sovrapposizione con la tavola seguente, il protendimento si è mantenuto ininterrottamente nel periodo considerato, pur subendo una progressiva attenuazione. Tra il 1820 e il 1915, infatti, l'aumento della spiaggia è stato in media di 2,49 metri all'anno. Successivamente i valori medi sono rapidamente calati da 1,44 metri annui tra il 1915 e il 1944, a 0,91 metri annui tra il 1944 e il 1955, a 0,06 metri annui tra il 1955 e il 1970.

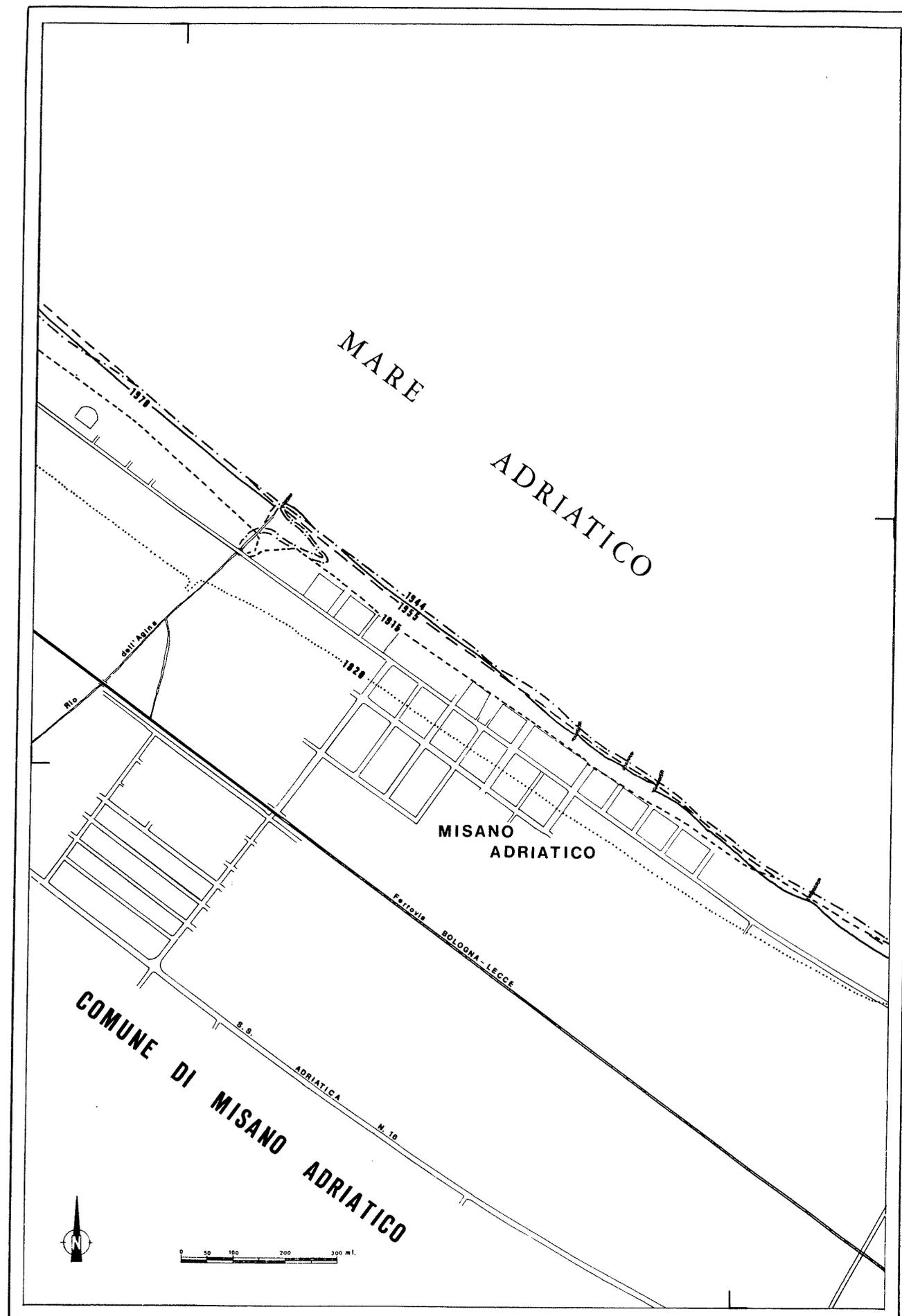
L'aumento medio annuo della spiaggia è stato di 1,93 metri annui tra il 1820 e il 1970. La lunghezza media della linea di spiaggia considerata è di 1.762 metri.

Figura n. 53

Questa tavola mostra le variazioni della linea di spiaggia nel litorale di Misano Adriatico.

In questo tratto costiero l'aumento della spiaggia è continuato fino al 1944, successivamente si è verificato un arretramento fino al 1970. La crescita della terra sul mare, nella fascia tra l'estremo settentrionale della tavola e il limite di sovrapposizione con la tavola successiva, è stato in media di 1,28 metri annui nel periodo 1820 - 1915; di 1,79 metri annui nel periodo 1915 - 1944. La successiva riduzione della spiaggia è stata in media di 0,36 metri annui tra il 1944 e il 1955 e di 0,20 metri annui tra il 1955 e il 1970.

Il protendimento medio della spiaggia in questa zona è stato di 1,11 metri all'anno nel periodo 1820-1970. La lunghezza media della linea di spiaggia considerata è di 1.670 metri.



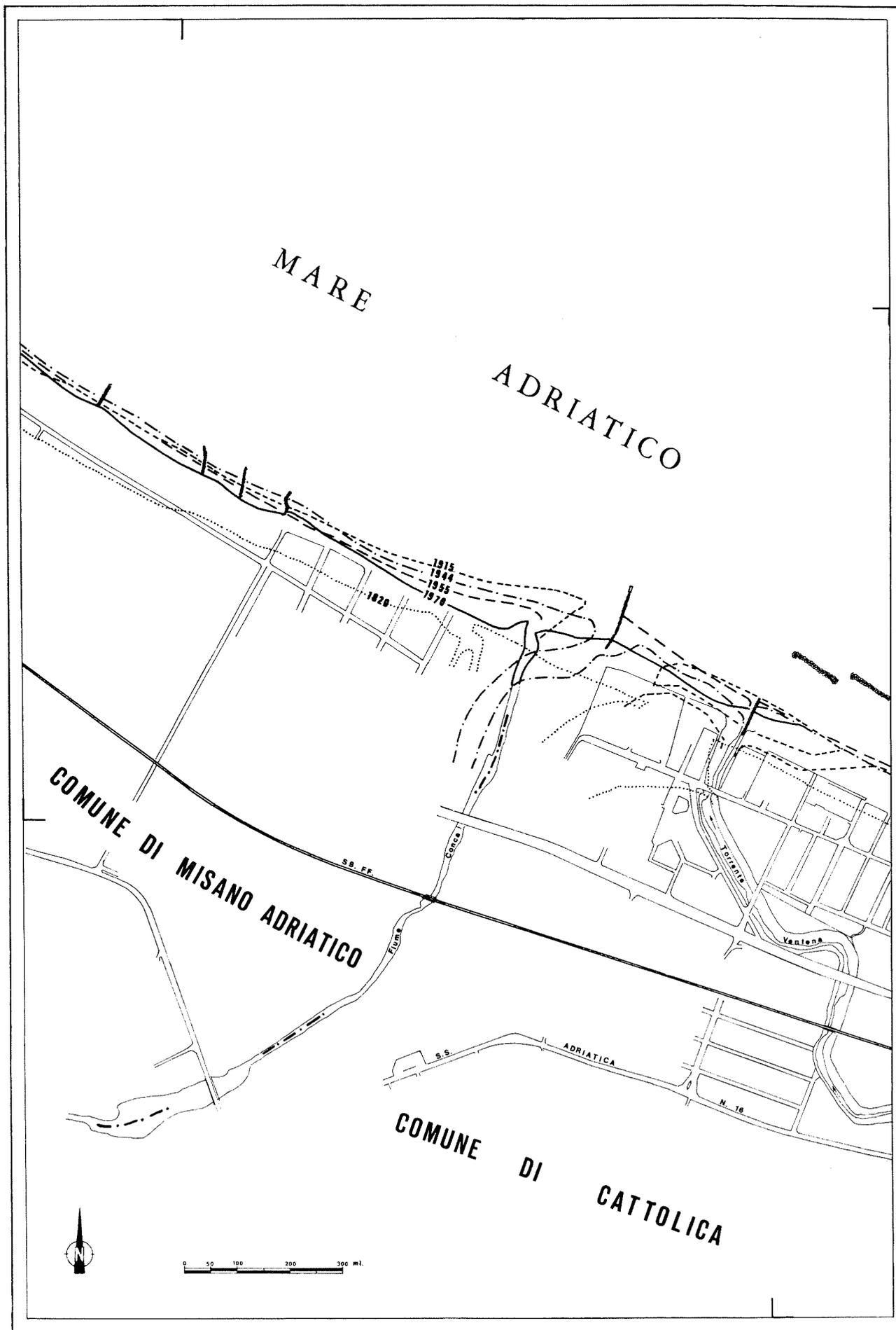


Figura n. 54

Questa tavola mostra le variazioni della linea di spiaggia nei pressi della foce del fiume Conca.

Il litorale in esame viene suddiviso in due parti poste rispettivamente a sinistra e a destra della foce fluviale.

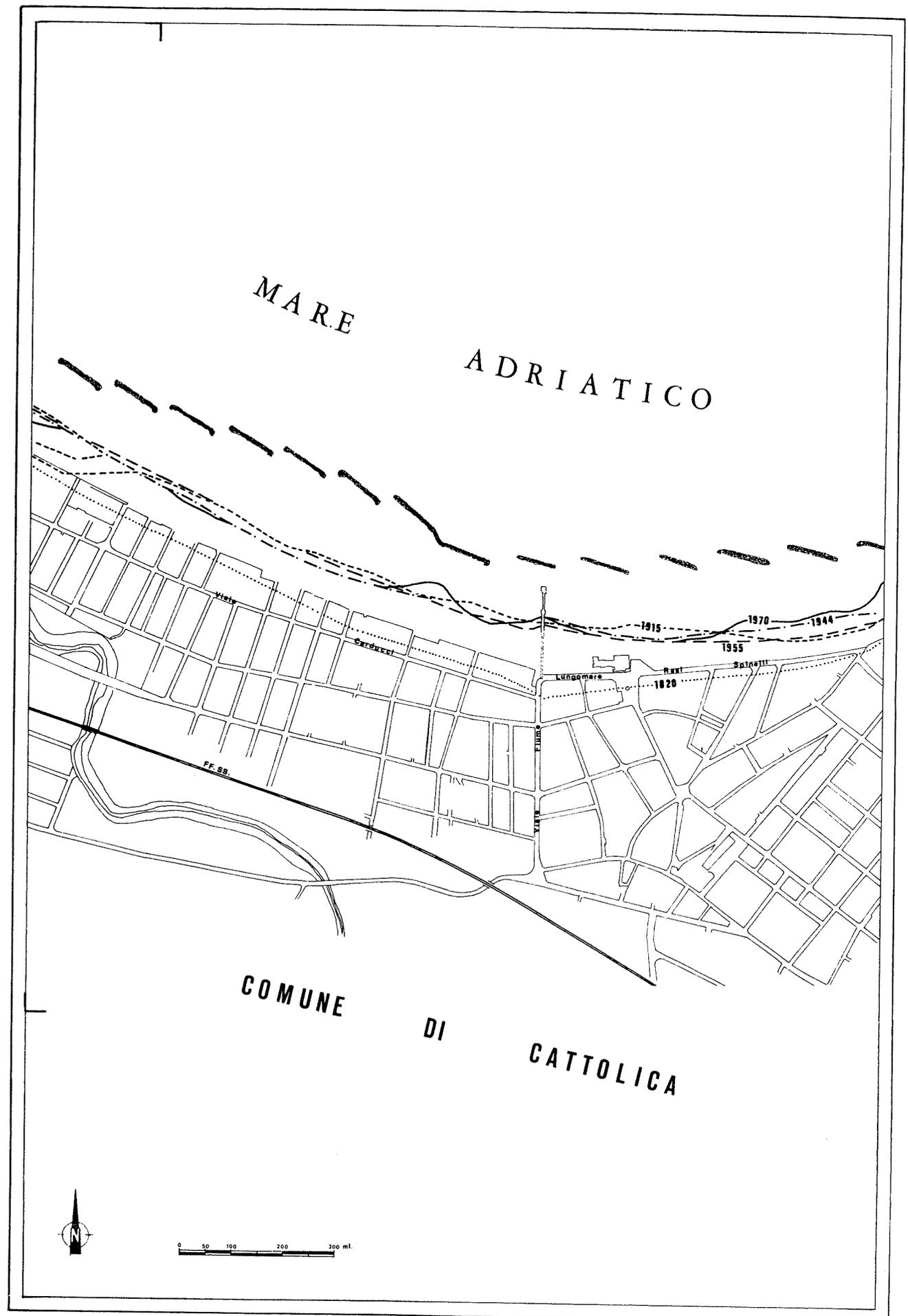
A sinistra della foce del fiume Conca, nella fascia costiera tra il limite settentrionale della tavola e questo corso d'acqua, la spiaggia è aumentata in media di 1,09 metri all'anno nel periodo 1820-1915; successivamente è diminuita in media di 0,03 metri all'anno nel periodo 1915-1944, di 1,27 metri all'anno nel periodo 1944-1955 e di 1,27 metri all'anno nel periodo 1955-1970. Il protendimento medio annuo della spiaggia in questa zona è stato di 0,47 metri nel periodo 1820-1970. La lunghezza media della linea di spiaggia è di 1.122 metri.

A destra della foce del fiume Conca, nella fascia costiera tra questo corso d'acqua e il limite di sovrapposizione con la tavola successiva, si sono succedute nel tempo fasi di aumento e di riduzione della spiaggia. I protendimenti medi annui sono stati di 1,27 metri tra il 1820 e il 1915 e di 1,81 metri tra il 1944 e il 1955; gli arretramenti medi annui sono stati di 0,93 metri tra il 1915 e il 1944 e di 2,26 metri tra il 1955 e il 1970. Il protendimento medio annuo nel periodo 1820-1970 è stato di 0,53 metri. La lunghezza media della linea di spiaggia è, nel tratto considerato, di 442 metri.

Figura n. 55

In questa tavola si possono osservare le variazioni della linea di spiaggia nel litorale del Comune di Cattolica.

In questo tratto costiero, lungo in media 1.510 metri, il protendimento medio della spiaggia è stato di 0,66 metri all'anno tra il 1820 e il 1970. Tuttavia ad un protendimento iniziale della spiaggia di 1,10 metri annui nel periodo 1820 - 1915 è seguita una fase di arretramento di 0,27 metri annui tra il 1915 e il 1944. Si è poi verificato un nuovo, ma limitato, aumento della spiaggia dell'ordine di 0,27 metri all'anno nel periodo 1944 - 1955, al quale è seguita una nuova fase di arretramento di 0,06 metri annui tra il 1955 e il 1970.



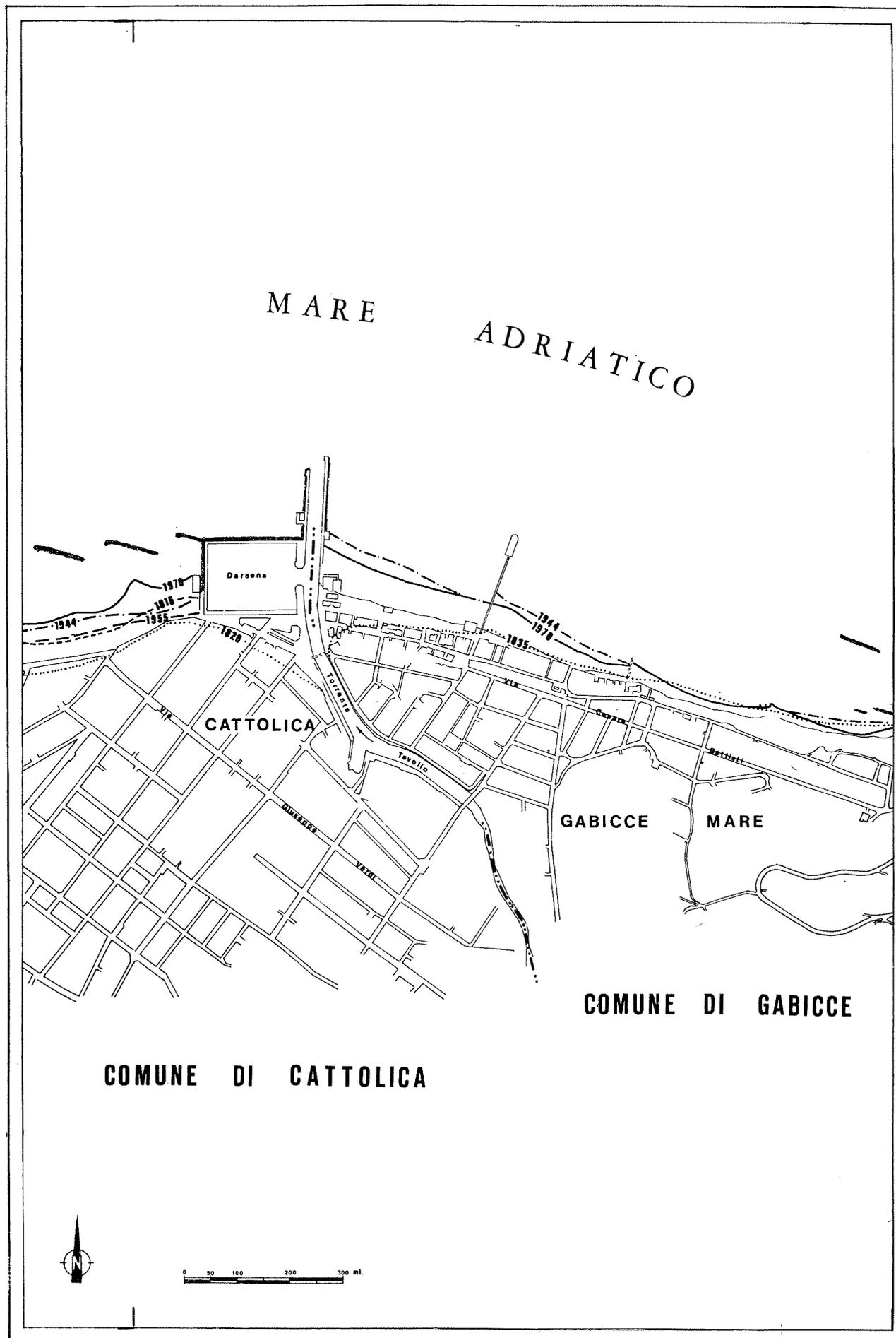


Figura n. 56

In questa tavola si possono osservare le variazioni della linea di spiaggia nei pressi del porto di Cattolica.

Il tratto di costa considerato viene suddiviso in due parti: quella a sinistra del porto appartenente alla Provincia di Forlì e quella a destra concernente il territorio della Provincia di Pesaro.

A sinistra del porto il protendimento verso il mare della linea di costa è continuato fino al 1944 con protendimenti medi annui di 0,80 metri tra il 1820 e il 1915 e di 0,51 metri tra il 1915 e il 1944. Successivamente tra il 1944 e il 1955, si è verificato un arretramento della spiaggia di 1,65 metri all'anno, al quale è seguito un nuovo protendimento di 3,13 metri annui. La lunghezza media della linea di spiaggia considerata è di 392 metri. Il protendimento medio della spiaggia è stato di 0,80 metri all'anno tra il 1820 e il 1970.

A destra del porto è stata considerata, per uniformità con la rimanente costa pesarese, solo la variazione media tra il 1835 e il 1970. In questo tratto costiero, lungo in media 840 metri, vi è stato un protendimento medio di 0,36 metri annui.

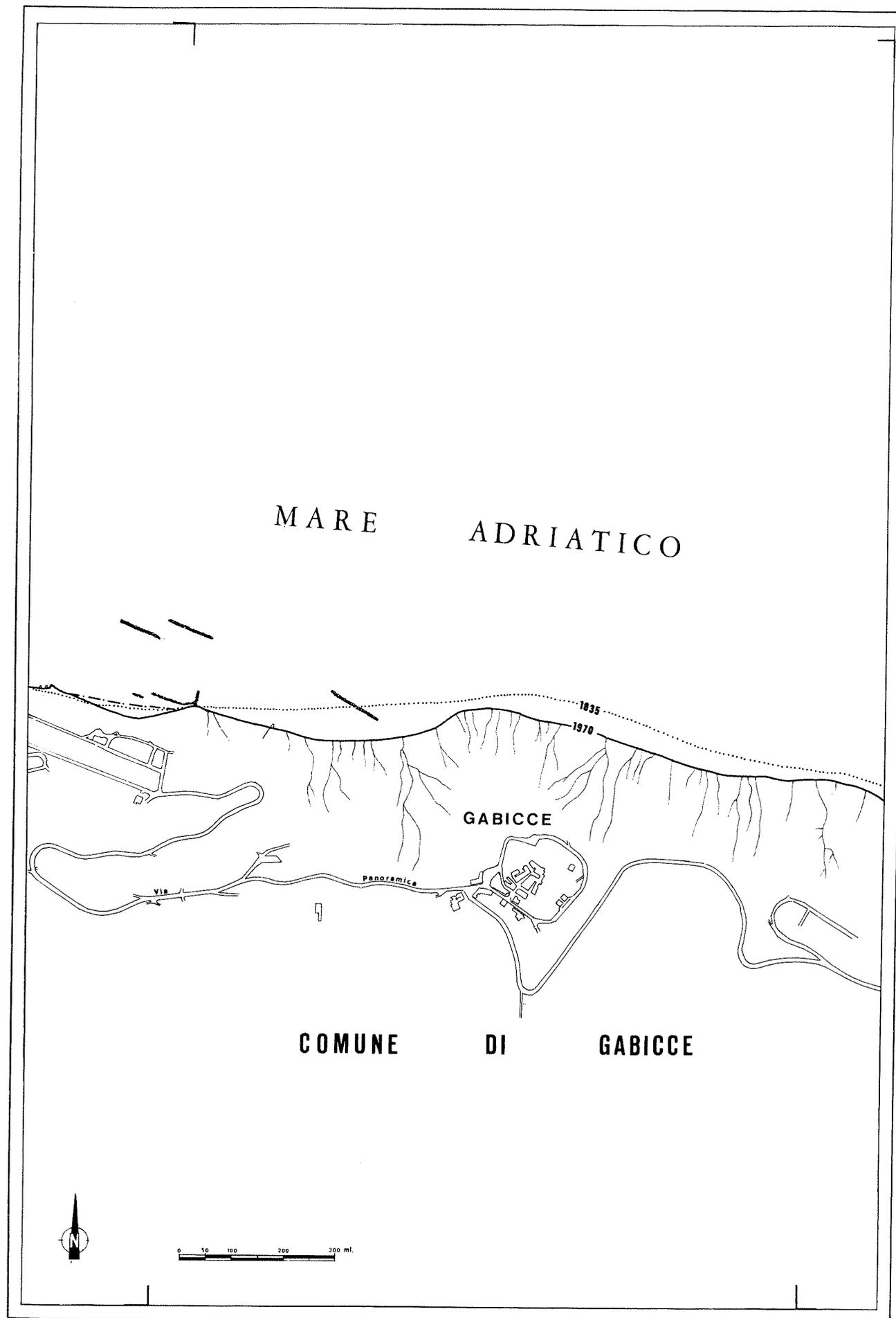


Figura n. 57

Questa tavola mostra le variazioni della costa nei pressi di Gabicce.

Nella zona, tra il 1835 e il 1970, si è verificato un arretramento medio della costa di 0,24 metri all'anno. Il tratto costiero considerato tra il limite occidentale della carta e il limite di sovrapposizione con la successiva, ha una lunghezza media di 1.490 metri.

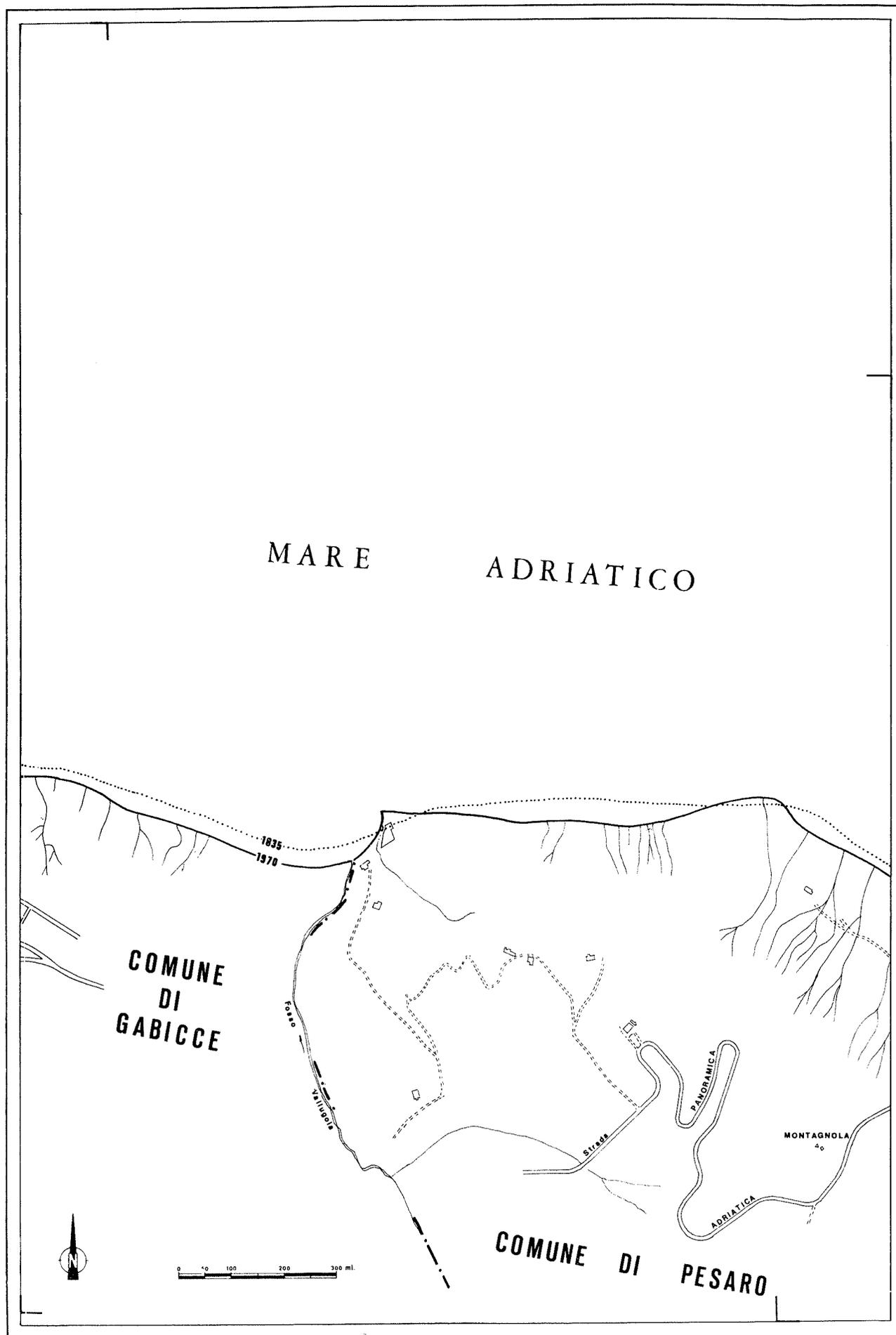


Figura n. 58

In questa tavola si osservano le variazioni della costa nei pressi del confine tra i Comuni di Gabicce e di Pesaro.

Nella zona, tra il 1835 e il 1970, si è verificato un arretramento medio della costa di 0,19 metri all'anno. Il tratto costiero considerato tra il limite occidentale della carta e il limite di sovrapposizione con la successiva, ha una lunghezza media di 1.450 metri.



Figura n. 59

In questa tavola si possono rilevare le variazioni della costa nei pressi di Castel di Mezzo.

Nella zona, tra il 1835 e il 1970, si è verificato un arretramento medio della costa di 0,11 metri all'anno. Il tratto costiero considerato, tra il limite occidentale della carta e il limite di sovrapposizione con la successiva, misura in media 1.670 metri.

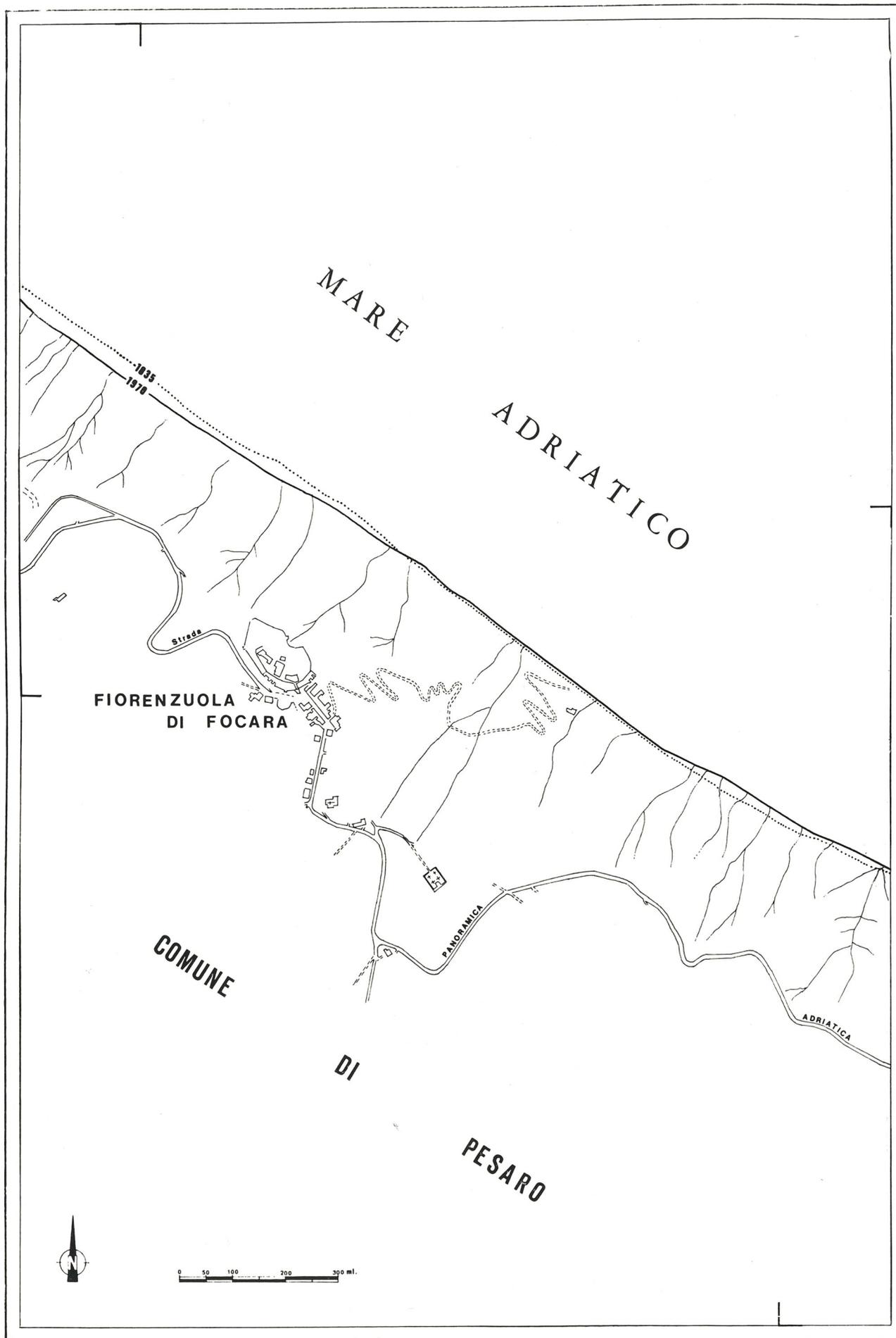


Figura n. 60

Questa tavola mostra le variazioni della costa nei pressi di Fiorenzuola di Focara.

Nella zona, tra il 1835 e il 1970, si è verificato un arretramento medio della costa di 0,05 metri all'anno. Il tratto costiero considerato, tra il limite occidentale della carta e il limite di sovrapposizione con la successiva, misura in media 1.740 metri.

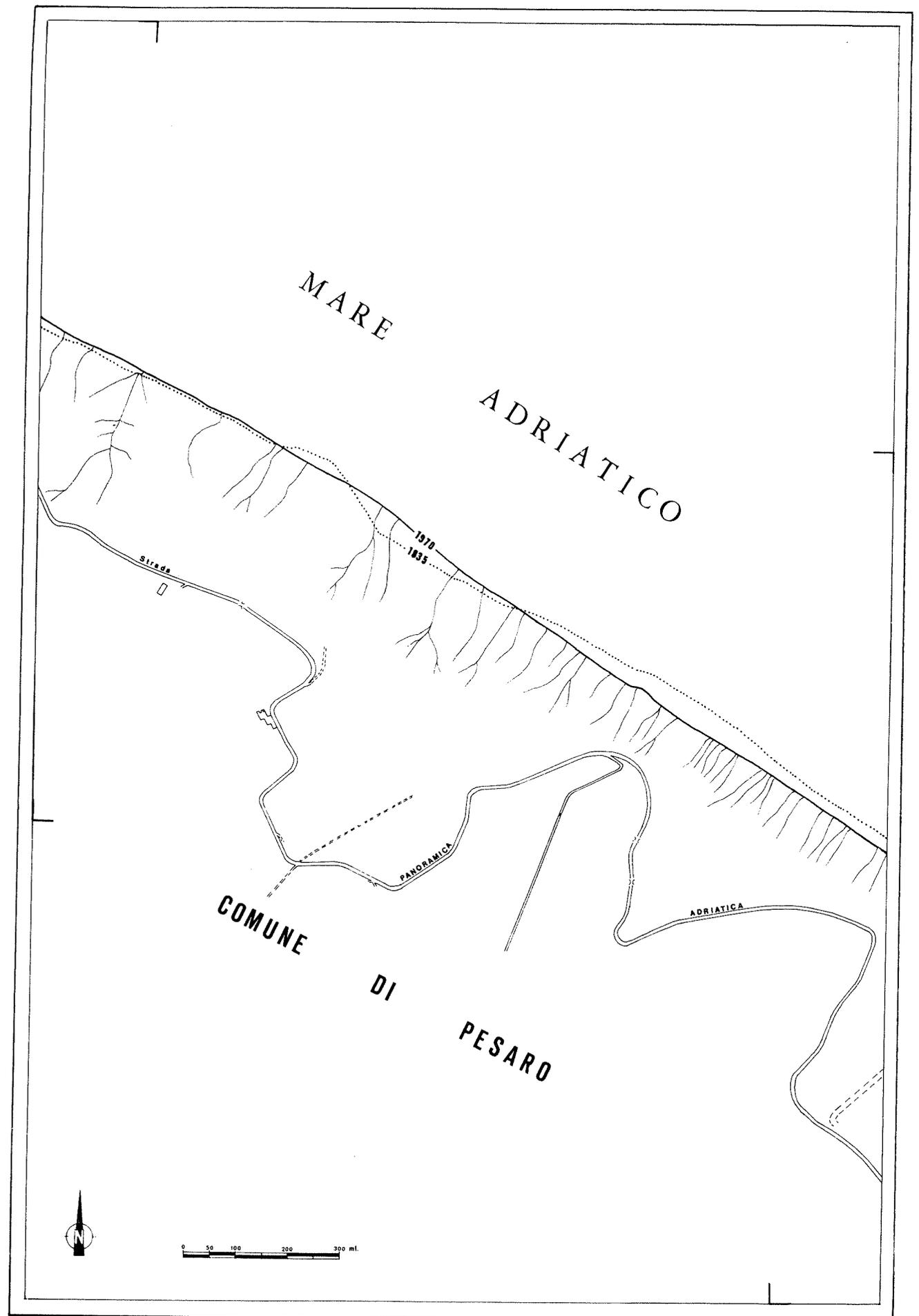


Figura n. 61

In questa tavola si può osservare un tratto della costa del Comune di Pesaro a sud-est di Fiorenzuola di Focara.

Nella zona, tra il 1835 e il 1970 si è verificato un arretramento medio della costa di 0,03 metri all'anno. Il tratto costiero considerato, tra il limite occidentale della carta e il limite di sovrapposizione con la successiva, misura in media a 1.660 metri.

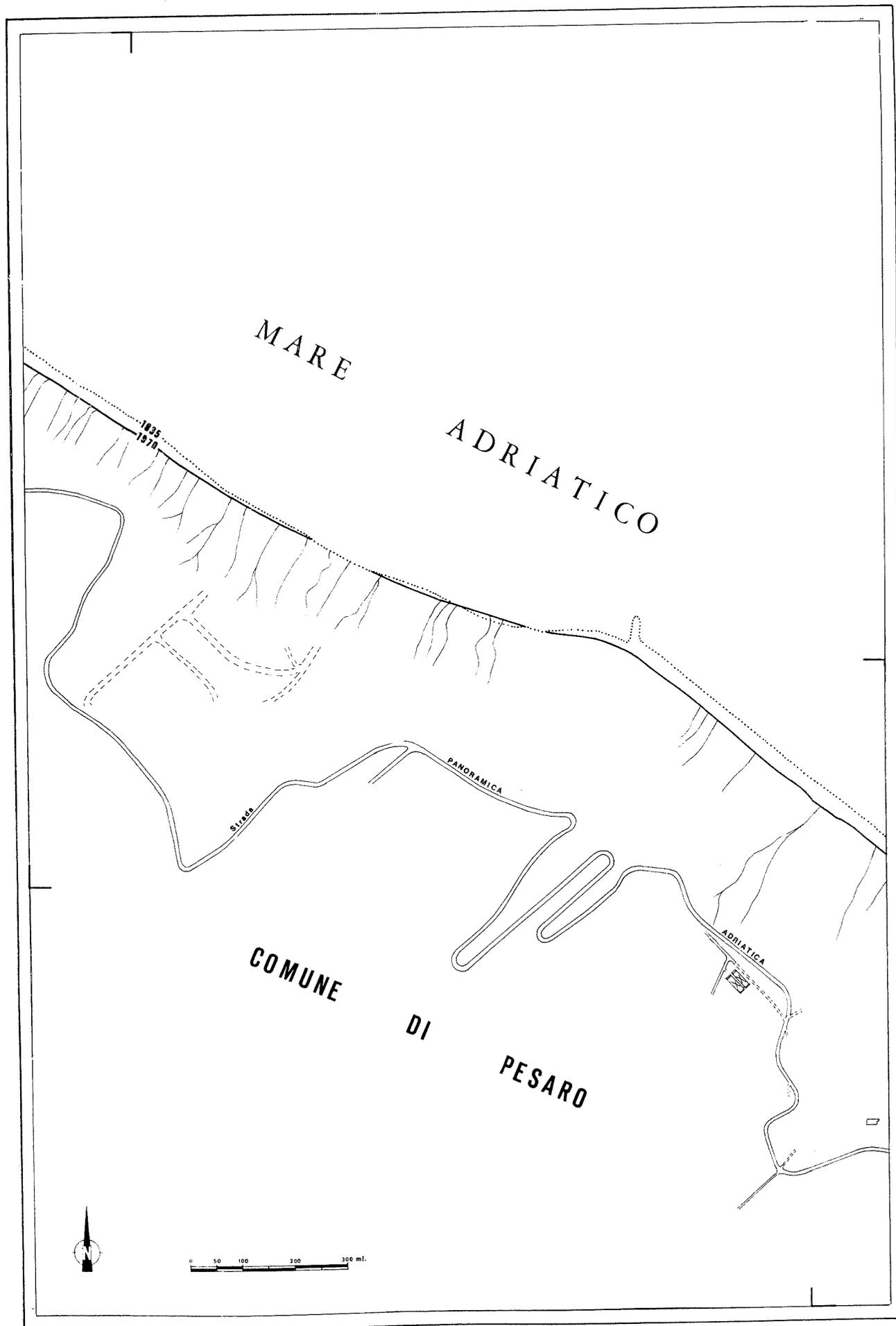


Figura n. 62

In questa tavola si osservano le variazioni della costa del Comune di Pesaro in un tratto a sud-est di Fiorenzuola di Focara.

Nella zona, tra il 1835 e il 1970 si è verificato un arretramento medio della costa di 0,14 metri all'anno. Il tratto costiero considerato, tra il limite occidentale della carta e il limite di sovrapposizione con la successiva, misura in media 1.730 metri.

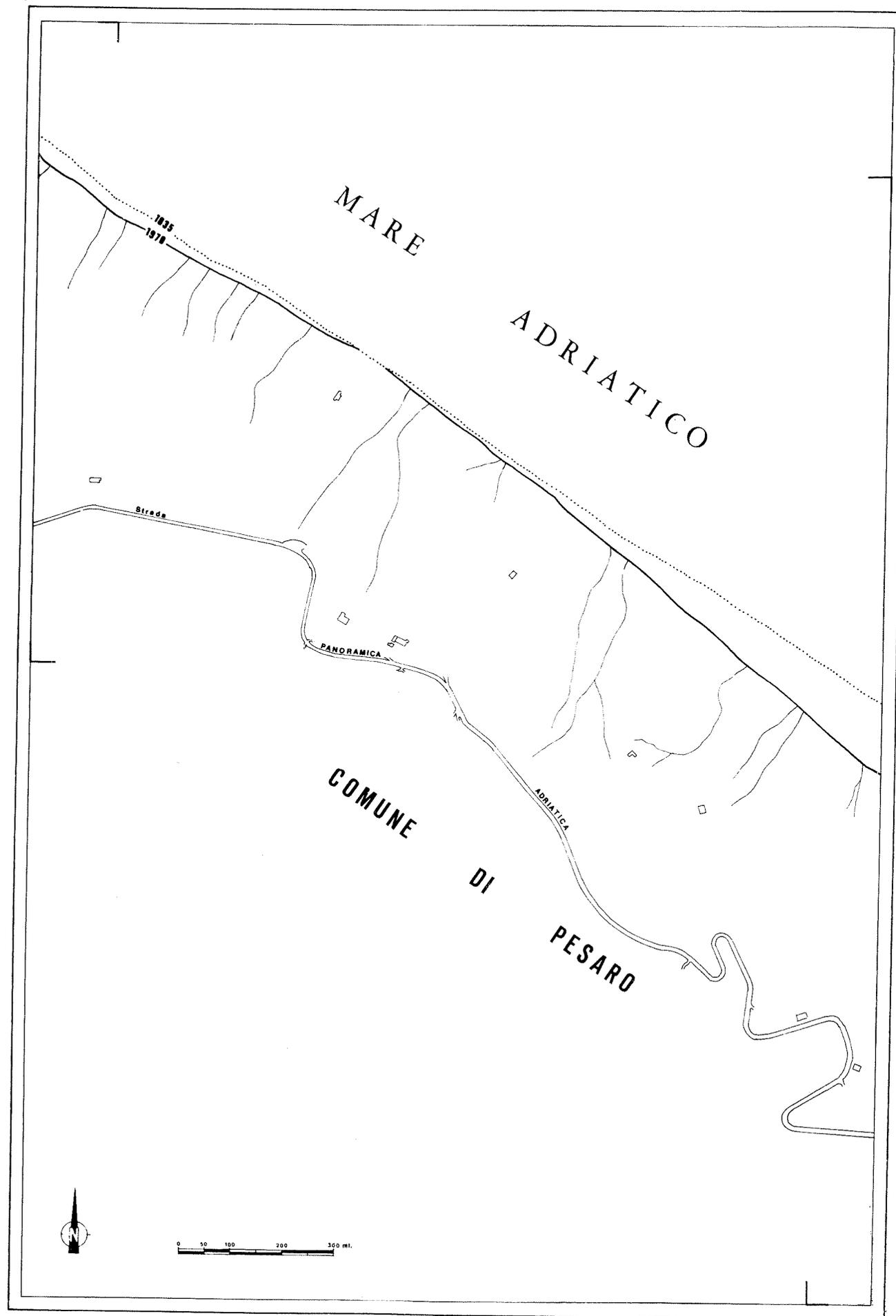


Figura n. 63

In questa tavola si possono rilevare le variazioni della costa immediatamente a nord-ovest di Pesaro.

Nella zona, tra il 1835 e il 1970 si è verificato un arretramento medio della costa di 0,22 metri all'anno. Il tratto costiero considerato, tra il limite occidentale della carta e il limite di sovrapposizione con la successiva, misura in media 1.800 metri.

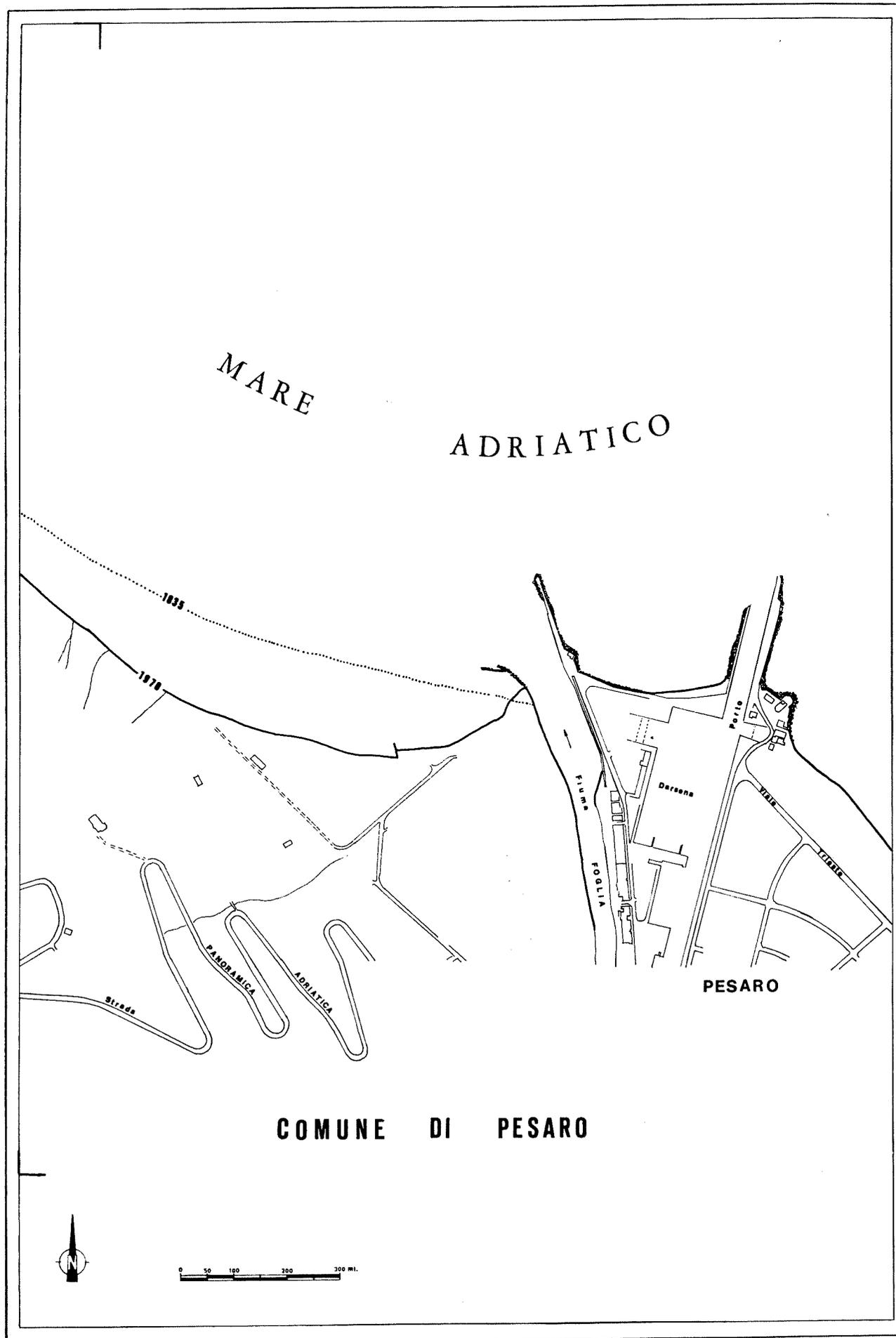


Figura n. 64

Questa tavola mostra la variazione della costa sulla sinistra del porto di Pesaro.

Nella zona, tra il 1835 e il 1970 si è verificato un arretramento medio della costa di 1,00 metri all'anno. Il tratto costiero considerato misura in media 1.089 metri.

arco costiero considerato, della lunghezza media di 53.323 metri, è tuttavia progressivamente diminuito nel tempo; infatti tra il 1835 e il 1915 l' aumento della spiaggia è stato di 1,96 metri all' anno, tra il 1915 e il 1944 di 0,80 metri all' anno, tra il 1944 e il 1955 di 0,68 metri all' anno e tra il 1955 e il 1970 di 0,05 metri all' anno. Posto pari a 100 l' aumento della spiaggia tra il 1835 e il 1915, successivamente l' incremento è sceso al 41% di tale valore tra il 1915 e il 1944; al 35% tra il 1944 e il 1955 e al 3% tra il 1955 e il 1970. Il protendimento medio nell' intero periodo considerato è stato di 1,40 metri all' anno.

La costa alta marchigiana tra le foci del torrente Tavollo e del fiume Foglia ha subito, nello stesso intervallo di tempo, un arretramento medio di 0,18 metri all' anno.

L'osservazione delle varie tavole e la lettura delle corrispondenti didascalie consente di acquisire una conoscenza analitica della situazione di ciascun tratto del litorale. E' parso, tuttavia, utile compiere un'elaborazione statistica dei dati in modo da definire le variazioni medie della spiaggia in tratti costieri particolarmente significativi. A tale fine la costa è stata suddivisa in dieci parti, come indicato nella tabella n. 3, delle quali nove appartengono alla spiaggia romagnola ed una alla costa marchigiana.

Nella tabella n. 3 i dati relativi alle variazioni della spiaggia sono stati elaborati in modo da essere tutti riferiti al 1915 e, per quanto concerne la costa forlivese, la situazione riferita al periodo 1835-1915 è ugualmente valida per l'intero periodo 1820-1915. La lunghezza dei tratti costieri considerati, in qualche caso, ha fatto sì che nelle medie siano scomparse variazioni negative della spiaggia significative, ma localizzate.

Dall'esame di questa tabella si può rilevare che fino al 1915 il protendimento medio annuo, pur con valori variabili, ha interessato l'intera spiaggia romagnola. Tra il 1915 e il 1944 arretramenti significativi si sono verificati tra la foce del fiume Uso e il porto di Rimini e tra la foce del fiume Conca e il porto di Cattolica. Successivamente nel periodo 1944-1955 gli arretramenti della costa si sono dimostrati particolarmente significativi dalla foce del fiume Savio ai moli di Milano Marittima e tra le foci dello scolo Pedrera e il porto di

Variazioni medie della costa tra il 1835 e il 1970

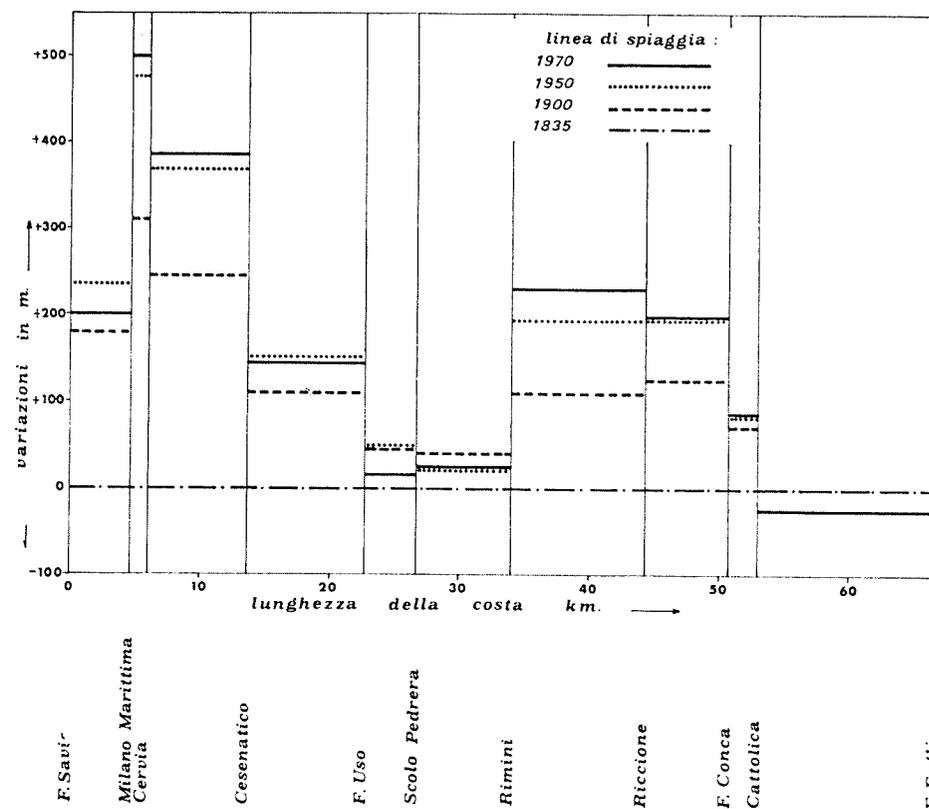


Figura n. 65

Per semplificare le ulteriori elaborazioni e per correggere le anomalie dovute alla suddivisione del litorale nelle varie tavole è stata determinata, in ciascun tratto considerato, la lunghezza media della linea di spiaggia, ottenendola dalle misure delle varie linee di spiaggia in esso evidenziate.

Gli incrementi o le riduzioni della spiaggia sono stati ottenuti, in ciascun intervallo di tempo, dividendo le aree misurate per la lunghezza media della linea di spiaggia nel tratto costiero considerato. Da questo dato è stata poi ottenuta zona per zona la variazione media della spiaggia in ciascun intervallo di tempo e in tutto il periodo studiato. I valori, arrotondati al centesimo, riportati nelle varie tabelle, sono stati sempre ottenuti direttamente dalle aree e dalle lunghezze misurate o dalle loro somme.

Alcune prove effettuate hanno rivelato che le differenze, tra le variazioni medie annue così ottenute e quelle determinabili dividendo preliminarmente ciascuna area misurata per la lunghezza del tratto costiero rispetto al quale è variata, restano normalmente contenute entro la seconda cifra dopo la virgola, nei tratti sufficientemente lunghi. Mentre usando quest'ultimo metodo si ottengono dei valori piuttosto anomali nei tratti costieri brevi, tagliati obliquamente dal limite della tavola.

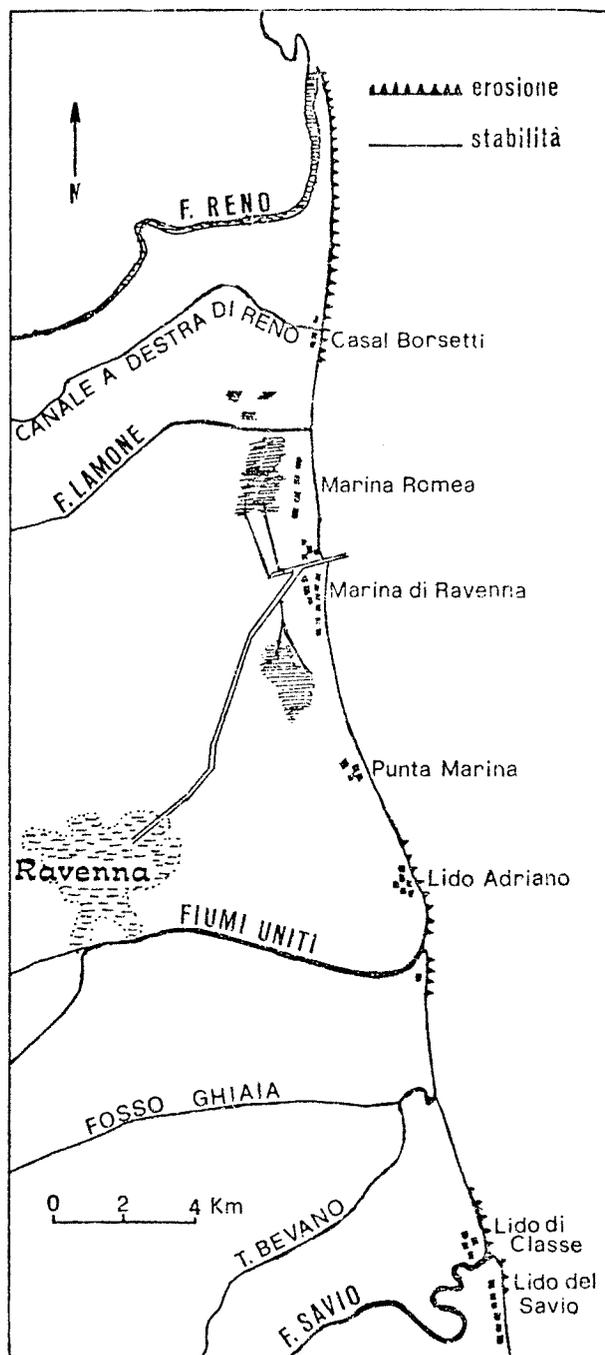


Figura n. 66

TAB. N. 3 — VARIAZIONI DELLA LINEA DI SPIAGGIA NEL LITORALE TRA LE FOCI DEI FIUMI SAVIO E FOGLIA.

Litorale considerato	Lunghezza media della linea di spiaggia m.	Variazioni medie annue nei periodi :				
		1835-1915 m	1915-1944 m	1944-1955 m	1955-1970 m	1835-1970 m
Dalla foce del fiume Savio al molo di Milano						
Marittima	4.613	+ 2,76	+ 0,78	- 0,92	- 2,15	+ 1,49
Dal molo di Milano Marittima al porto di Cervia	1.441	+ 4,82	+ 2,95	+ 1,64	+ 1,07	+ 3,74
Dal porto di Cervia al porto di Cesenatico	7.860	+ 3,74	+ 2,19	+ 0,62	+ 1,00	+ 2,85
Dal porto di Cesenatico alla foce dell' Uso	9.003	+ 1,73	+ 0,21	+ 0,80	- 0,65	+ 1,06
Dalla foce dell' Uso allo scolo Pedrera	3.911	+ 0,70	- 0,37	+ 0,22	- 2,22	+ 0,11
Dallo scolo Pedrera al porto di Rimini	7.341	+ 0,61	- 0,85	- 0,07	+ 0,03	+ 0,18
Dal porto di Rimini al porto di Riccione	10.306	+ 1,71	+ 1,47	+ 2,35	+ 1,61	+ 1,70
Dal porto di Riccione alla foce del fiume Conca	6.504	+ 1,94	+ 1,34	+ 0,14	+ 0,08	+ 1,46
Dalla foce del fiume Conca al porto di Cattolica	2.344	+ 1,08	- 0,26	+ 0,24	+ 0,06	+ 0,61
Dal porto di Cattolica alla foce del fiume Foglia	13.469	—	—	—	—	- 0,18

Rimini. Nel periodo 1955-1970, infine, si è accentuato l'arretramento nella zona tra la foce del fiume Savio e i moli di Milano Marittima ed ha raggiunto valori significativi tra la foce del fiume Uso e quella dello scolo Pedrera.

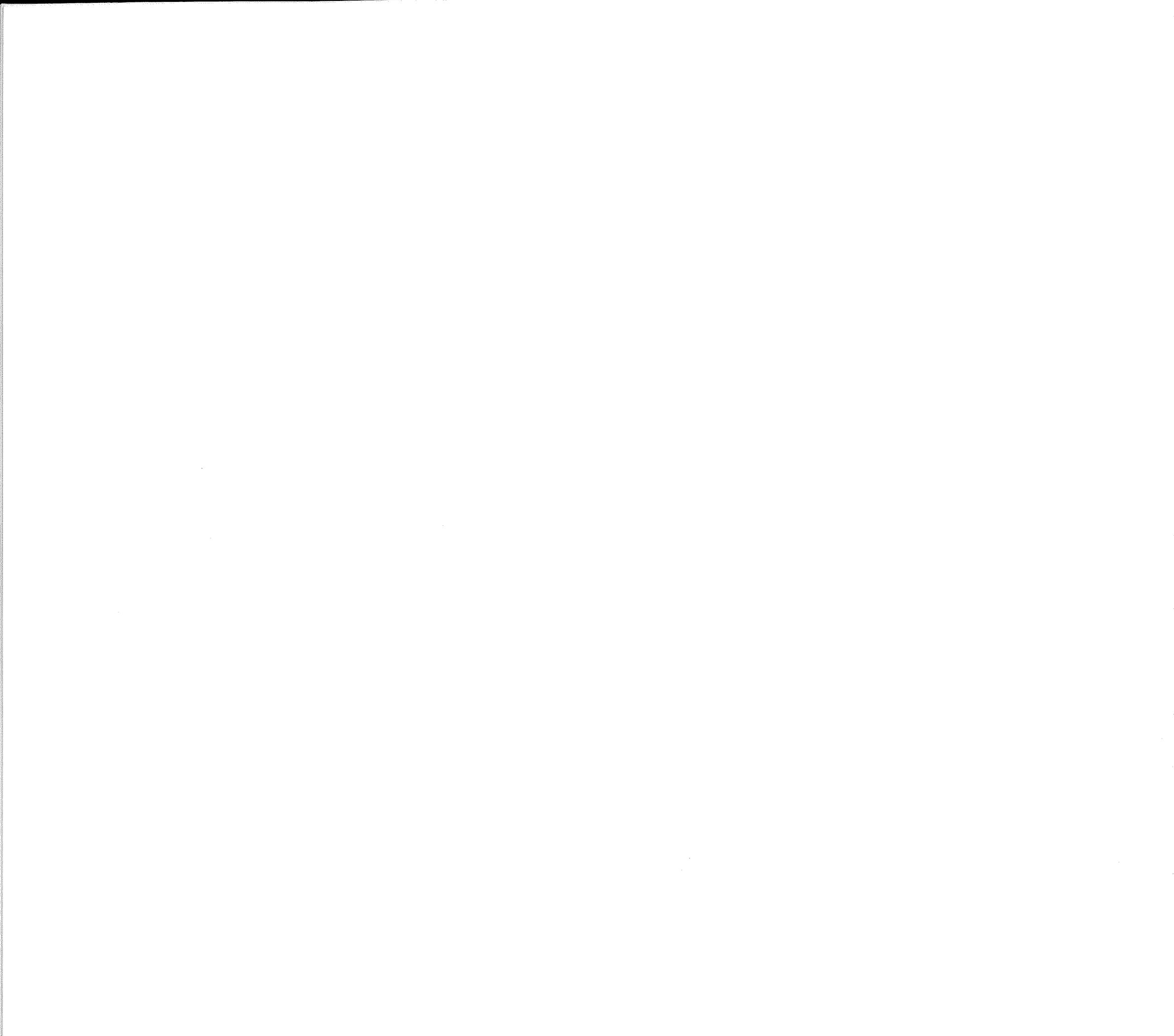
Le variazioni medie della costa tra il 1835

e il 1970 sono evidenti nella figura n. 65.

L'andamento dei fenomeni erosivi nel litorale immediatamente a nord della spiaggia in esame può essere osservato nella figura numero 66, tratta da un recente lavoro di Luigi Varani ⁽³²⁾.

(32) L. VARANI, *Nuove osservazioni sulle variazioni di spiaggia del litorale ravennate*, in « Studi Romagnoli », XX (1969), Faenza, Lega, 1972, p. 148.

Per un inquadramento sulle ricerche geografiche sulle variazioni del delta padano è essenziale consultare: D. ALBANI, *Indagine preventiva sulle recenti variazioni della linea di spiaggia delle coste italiane*, in « Ricerche sulle variazioni delle spiagge italiane », C.N.R., Roma, 1933; M. BARATTA, *Le « Valli d' Ambrogio ». Contributo allo studio dell' antico delta padano*, in « L' Universo », XII, 2, Firenze, 1931; M. BARATTA, *Il sito di Spina*, in « Athenaeum », X, Pavia, 1936; H. DONGUS, *Die Entwicklung der östlichen Po-ebene seit Frühgeschichte-lieber Zeit*, in « Erdkunde », XVII, Bonn, 1963; H. DONGUS, *Enteignung*, in « Erdkunde », XIX, Bonn, 1965; C. ERRERA, *I lineamenti geografici di Ravenna antica*, in « Boll. Soc. Geografica It. », ser. 6, VI, Roma, 1929; L. GAMBÌ, *L'insediamento umano nella regione della bonifica romagnola*, in « Mem. Geogr. Antropica », III (1948), Roma, 1949; L. GAMBÌ, *Cosa era la Padusa*, Lega, Faenza, 1950; G. MARINELLI, *Le curiose vicende del delta del Po*, in « Le via d'Italia », XXX, Milano, 1924; M. ORTOLANI, *Studi recenti sul litorale dell' Alto Adriatico*, in « Riv. Geografica Ital. », LXXXIV, 2, Firenze, 1967; M. ORTOLANI, N. ALFIERI, *Sur l' evolution morphologique de l' ancien delta du Po*, in « Erdkunde », XIX, Bonn, 1965; A. R. TONIOLO, *Ricerche sulle variazioni dei litorali sabbiosi dell' Italia e del Mediterraneo*, in « Atti Soc. It. Progr. Sc. », Roma, 1934; M. VISENTINI, *Notizie sulle variazioni del delta del Po*, Parma, 1931; M. VISENTINI, *Le variazioni recenti e lo stato attuale della foce del fiume Reno*, in « Annuali LL. PP. », Roma, 1934; M. VISENTINI, *Le spiagge padane da Porto Fossone a Cervia*, C.N.R., Roma, 1938.



4. - DINAMISMI DELLA LITOSFERA

4.1. La fossa tettonica padana.

I dinamismi della crosta terrestre, attualmente in atto nel litorale in esame, acquistano un maggior significato se inquadrati da quanto sappiamo sulla geologia profonda della valle padana, soprattutto in seguito alle ricerche compiute dall'Agip mineraria.

L'area alluvionale pianeggiante ed uniforme, sulla quale attualmente scorre il Po, ha rivelato così una complessa storia geologica, brillantemente sintetizzata dal prof. Michele Gortani nella sua prolusione al Convegno di Milano del 1957 sui giacimenti gassiferi dell'Europa Occidentale. In tale discorso, infatti, faceva rilevare che « allorchè dell'Appennino Settentrionale emergevano fuori dalle onde soltanto le creste interne, un'altra serie di gioghi non inferiori ad esse, venne a fronteggiarle nell'area Padana. Gioaie che ebbero la loro storia; che, rituffate nel mare e riaffiorate con più massicci contorni, furono terraferma quando, sotto i flutti, il Preappennino si veniva ancora formando e le posizioni altimetriche delle relative aree erano invertite, anche di migliaia di metri, rispetto alle odierne. D'altra parte queste rughe Padane, assiegate tra la sinclinale di Crema e il bordo attuale della pianura, non si possono scindere tettonicamente dall'Appennino. All'Appennino Settentrionale dobbiamo riconoscere pertinente, come sua parte integrante, cotesto Preappennino Padano, nel quale non poche delle sue stesse pieghe hanno la loro prosecuzione, e che ne raddoppia la massiccia consistenza.

Massiccia consistenza che appare nella sua reale grandezza quando si parta dalle profondità abissali in cui ora sappiamo che pescano le basi della catena, e che danno a questa una altezza relativa maggiore di quella delle Alpi e paragonabile alle grandi catene montuose della Terra. Il che può forse giovare a intendere il perchè dell'enorme deficit regionale della gravità (da -100 a -150 milligal), che la bella carta dell'AGIP Mineraria mette nella più chiara evidenza, e da cui è contrassegnata l'ampia fascia delle pieghe subpadane e del contiguo Appennino dalla Romagna fino al bacino di Asti ed al Monferrato »... « Le belle tavole presentate al Convegno dalla Sezione Geologica dell'AGIP Mineraria delineano con sufficiente chiarezza un insieme che mi sembra di poter definire stadio avanzato, ma ancora di transizione, nel formarsi di una fossa tettonica. L'anticlinorio costituito in origine dal fascio delle pieghe subpadane, dopo esser divenuto per subsidenza un sinclinorio, rotto da sistemi di grandi fratture longitudinali e anche trasversali, ha subito sprofondamenti parziali ma molto notevoli. L'asse del *graben* non appare ancora definito se non a tratti (delta del Po, sinclinali di Bologna e di Cremona, sinclinale Pavese); e confrontando le isobate della base del Pliocene e della base del Quaternario, si rivela una coincidenza soltanto parziale dei massimi, e quindi una diversa distribuzione dell'ampiezza dei movimenti verticali col tempo.

Lo sprofondamento più tardivo appare quello delle valli di Comacchio e del delta Padano, dove la base del Quaternario si trova

spinta a più di 3000 metri sotto il fondo attuale dell'Adriatico, tra la grande faglia che tronca l'anticlinale di Porto Corsini e quella singolare « zona di alto » ancora mal definita, che possiamo convenzionalmente indicare come *horst* polesano. In complesso, se l'interpretazione non è troppo errata, avremo nella Valle Padana l'esempio di una fossa tettonica non ancora completamente formata, o ad assetto non ancora ben definito, come del resto persuadono a ritenere anche i fenomeni sismici e bradisismici tuttora in azione.

Come la sua struttura si continui e si inquadri nell'ancora oscura tettonica dell'Adriatico, è prematuro indagare; e tanto vale altresì per i rapporti fra la storia geologica padana e quella adriatica che tuttora è da scrivere. Ma rapporti e analogie almeno parziali non dovrebbero mancare, se valgono come indizi le troncature di pieghe sulle due sponde adriatiche e il pilastro cristallino che si deve ammettere al largo di Pesaro e Fano.

Sarà pure compito avvenire dei geologi e geofisici indagare le cause di quella inversione di movimenti in aree contigue, per cui nel corso di un medesimo e breve periodo geologico, dopo sorto in ordini svariati di pieghe, dal medesimo geosinclinale, il sistema montuoso dell'Appennino Settentrionale, una metà della costruzione venne a sprofondare convertendosi nella sottostruttura di una fossa tettonica. E potrebbe forse averne qualche lume il dibattuto problema dell'origine e significato delle fosse tettoniche; benchè ci si debba guardare anche su tale argomento dal generalizzare. Se è lecito esprimere una im-

pressione personale, quanto sono venuto esponendo mi sembra avvalorare l'importanza delle correnti magmatiche sottocroscali » (1).

Un quadro della tettonica della valle padana è offerto dalla figura n. 67, riportata dal lavoro citato di Gortani (2). Nelle figure n. 68 e 69 (3) possono essere osservati l'imbasamento del Quaternario e del Pliocene nella valle padana. Queste cartine mostrano la notevolissima subsidenza, « provata dagli enormi spessori di terreni di facies uniforme accumulatisi in vaste aree della Pianura Padana (4) ».

Per quanto concerne il litorale in esame, si può constatare che l'imbasamento del Pliocene scende da quasi 2000 metri di profondità presso Rimini fino ad oltre 6000 metri di profondità presso la foce del fiume Savio. Anche l'imbasamento del Quaternario segue lo stesso andamento: è infatti evidente in superficie nei dintorni di Rimini mentre si trova ad oltre 2000 metri di profondità presso la foce del Savio.

La subsidenza del suolo in questa area, cioè il suo graduale progressivo affondamento, almeno dall'inizio del Quaternario, è un fatto assodato. In proposito il prof. Mario Ciabatti afferma, infatti, che « per avere un'idea delle sue proporzioni, basti considerare che durante il Quaternario, e cioè in 1.800.000 anni (5), nell'area del delta padano, si sono accumulati da 2000 a 3000 m di sedimenti in un ambiente neritico-litorale, ossia in un bacino marino che mai ha superato i 100 m di profondità (6). Cioè, in questo lasso di tempo, si è registrato un affondamento fra 2000 e 3000 metri. Sulla base di questi dati, negli ultimi 2500 anni circa, per i quali è possibile una ricostruzione storica dell'evoluzione del delta del Po, la subsidenza di quest'area può essere mediamente valutata in circa 3 metri, sia pure con valori diversi nel tempo e nello spazio (6bis) ». Anche nel tratto costiero in esame il valore medio della subsidenza, dove la base del Quaternario è scesa a maggiore profondità, risulta di poco più di un millimetro all'anno.

4.2. La subsidenza attuale delle terre emerse.

Il problema dell'abbassamento del suolo nell'area padana ha sollecitato e stimola tut-

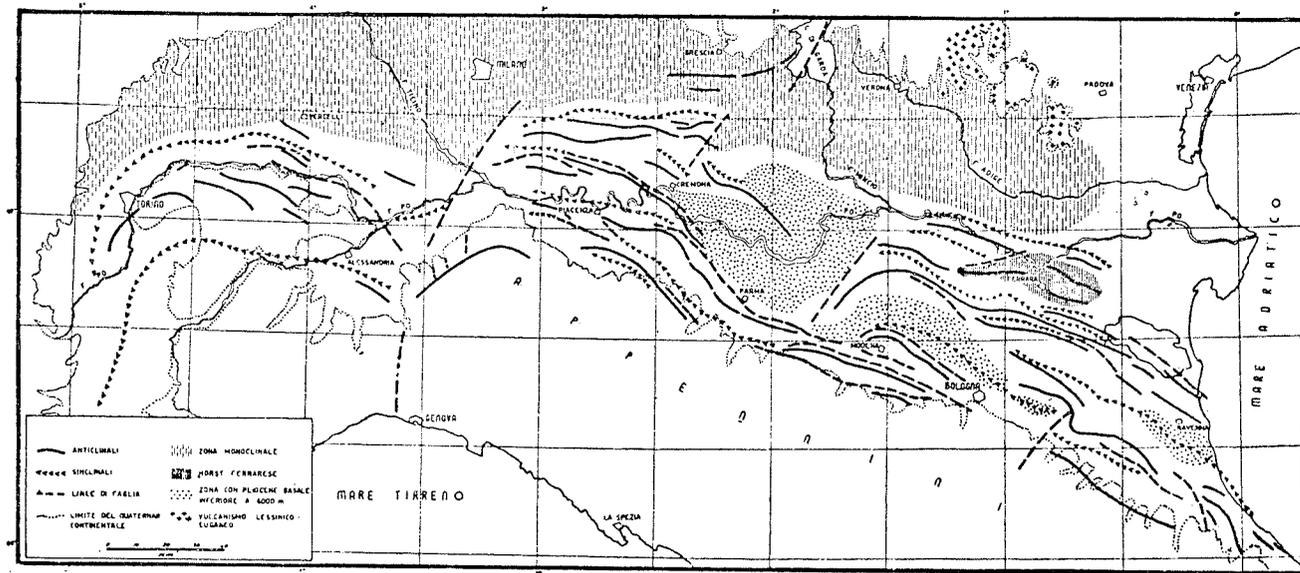


Fig. n. 67 — Schema tettonico della valle padana

(da Gortani)

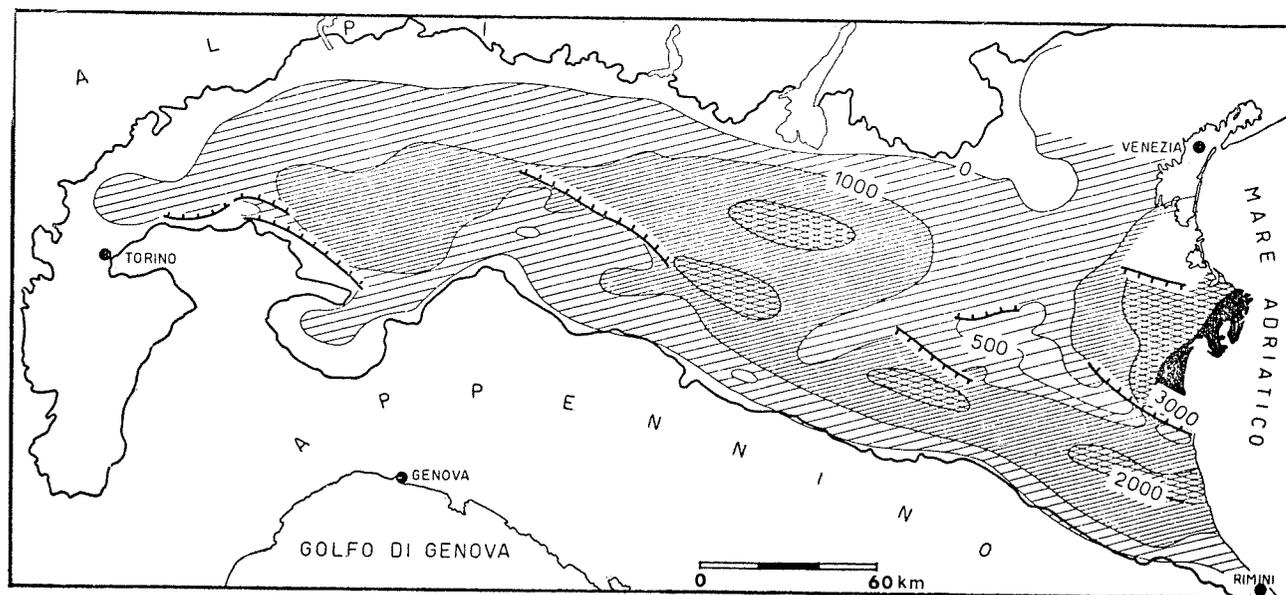


Figura n. 68 — Imbasamento del Quaternario nella valle padana.

(da Lucchetti)

(1) M. GORTANI, *Note geologiche sui giacimenti gassiferi dell'Occidente europeo*, in «I giacimenti gassiferi dell'Europa Occidentale», I, Acc. Naz. Lincei, Roma 1959, pp. 72-74.

(2) *Ibid.*, p. 70.

(3) L. LUCCHETTI, *Tettonica padana*, in «I giacimenti gassiferi dell'Europa Occidentale», II, Acc. Naz. Lincei, Roma, 1959. Le figure sono state riportate rispettivamente da p. 27 e p. 20.

(4) *Ibidem*, p. 19.

(5) R. SELLI, *The Pliocene - Pleistocene boundary in Italian marine sections and its relationship to continental stratigraphies*, in «Progress in Oceanography», 4°, New York, 1967, pp. 67-86.

(6) R. SELLI, *Le conoscenze geologiche sul Quaternario gassifero del Polesine e del Ferrarese settentrionale*, in «Atti VI Conv. Naz. Metano», Padova, 1949, p. 23.

(6bis) M. CIABATTI, *Ricerche sull'evoluzione del delta padano*, in «Giornale di Geologia», XXXIV, Bologna 1966, p. 22.

tora numerosi studi. Per quanto concerne il litorale in esame vanno citati, in particolare, i rilievi effettuati dall'Istituto Geografico Militare di Firenze. Sulla base di queste misure G. Salvioni ⁽⁷⁾ con la comparazione, dopo opportune elaborazioni, dei dati della vecchia rete altimetrica dell'I.G.M. (1877-1903) e della nuova (1950-1956), ha posto in evidenza che il litorale romagnolo si è abbassato di circa 20-35 centimetri in un periodo di 60 anni. Le due livellazioni, infatti, sono state riferite rispettivamente al 1897 e al 1957 e sono state corrette dell'innalzamento medio del mare e del divario esistente tra gli anni in cui sono state effettivamente eseguite le misure e quelli di riferimento. L'abbassamento del suolo è, in particolare, risultato: di 32,2 centimetri a Ravenna; di 19,8 centimetri a Rimini; di 17,4 centimetri a Riccione; di 20,1 centimetri a Cattolica. Nella figura n. 70 si possono osservare le variazioni tra le due livellazioni, riscontrate nell'Italia settentrionale.

Nel 1970 l'Istituto Geografico Militare ha compiuto una nuova livellazione di alta precisione anche lungo il litorale romagnolo ⁽⁸⁾ ed in particolare lungo la linea di livellazione, già misurata nel 1950, che segue all'incirca la S.S. n. 16 nel tratto Ravenna-Rimini.

Le variazioni del livello del suolo, riscontrate tra il 1950 e il 1970 tra Savio e Rimini, interessano direttamente la zona oggetto del presente studio. L'abbassamento medio del suolo lungo questo tratto costiero risulta di circa 15-17 centimetri nel ventennio 1950-1970. Una particolare accentuazione della subsidenza si nota in corrispondenza degli abitati di Cesenatico (circa 35 centimetri) e di Bellaria (circa 40 centimetri). Si veda, in proposito, la figura 71.

Dallo stesso studio risulta, inoltre, che « tra Rimini e S. Arcangelo di Romagna, lungo la via Emilia, si hanno valori di abbassamento dell'ordine dei 15-20 centimetri; a S. Arcangelo di Romagna ed oltre, dove abbiamo delle punte positive sia pure di qualche millimetro, il terreno è praticamente stabile ⁽⁹⁾ ».

Un recente lavoro ^(9bis), infine, rivela che l'abbassamento del suolo presso la foce del Savio è stato di 25 centimetri nel periodo 1949-1972.

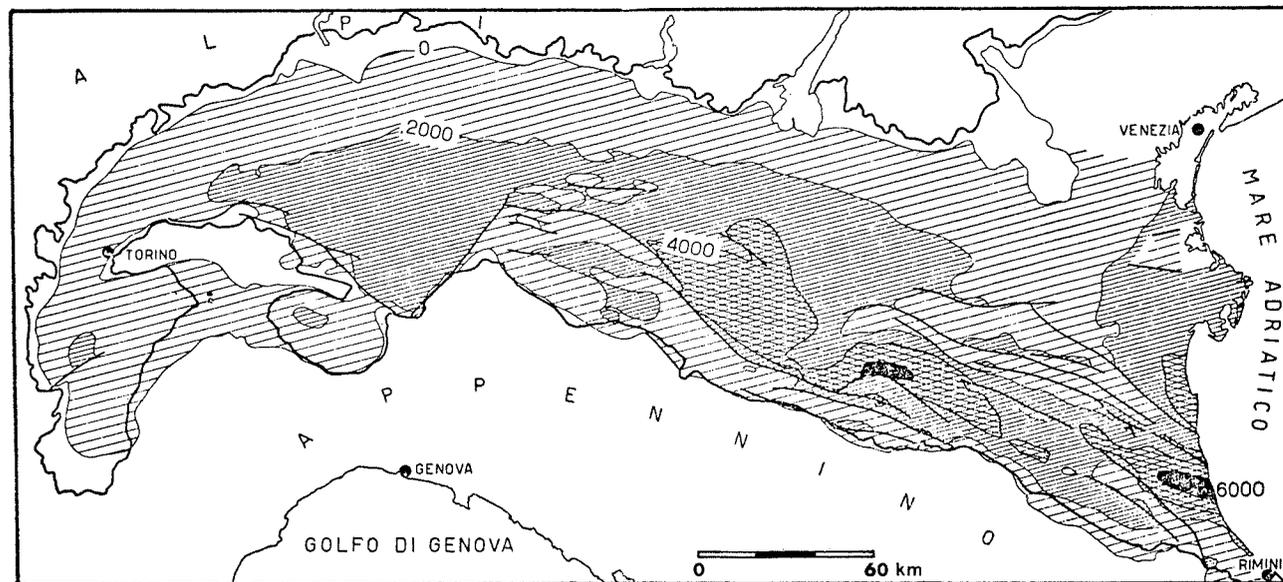


Figura n. 69 — Imbasamento del Pliocene nella valle padana. (da Lucchetti)

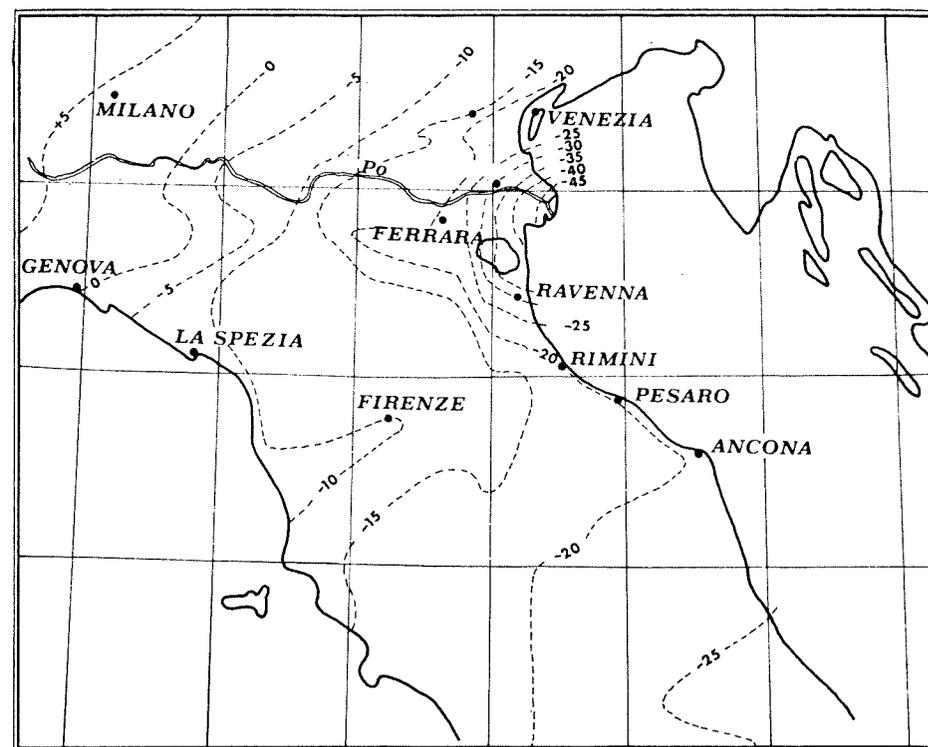


Figura n. 70 — Variazioni nel livello del suolo tra il 1927 e il 1957. (ridisegnato da Salvioni)

⁽⁷⁾ G. SALVIONI, *I movimenti del suolo nell'Italia centro-settentrionale. Dati preliminari dedotti dalla comparazione di livellazioni*, in « Boll. Geodesia e Scienze affini », XVI (1967), pp. 325-366.

⁽⁸⁾ O. MANFERTI, *Intervento raccolto negli atti della Tavola rotonda tenutasi il 3 aprile 1971 sui movimenti del suolo nel Ravennate*. Lions Club - Rotary Club Ravenna, 1971, pp. 23-29.

⁽⁹⁾ *Ibid.*, p. 26.

^(9bis) W. BERTONI, L. CARBOGNIN, P. GATTO, G. MOZZI, *Note interpretative preliminari sulle cause della subsidenza in atto a Ravenna*, Comune di Ravenna e C.N.R. Venezia, Ravenna, 1973.

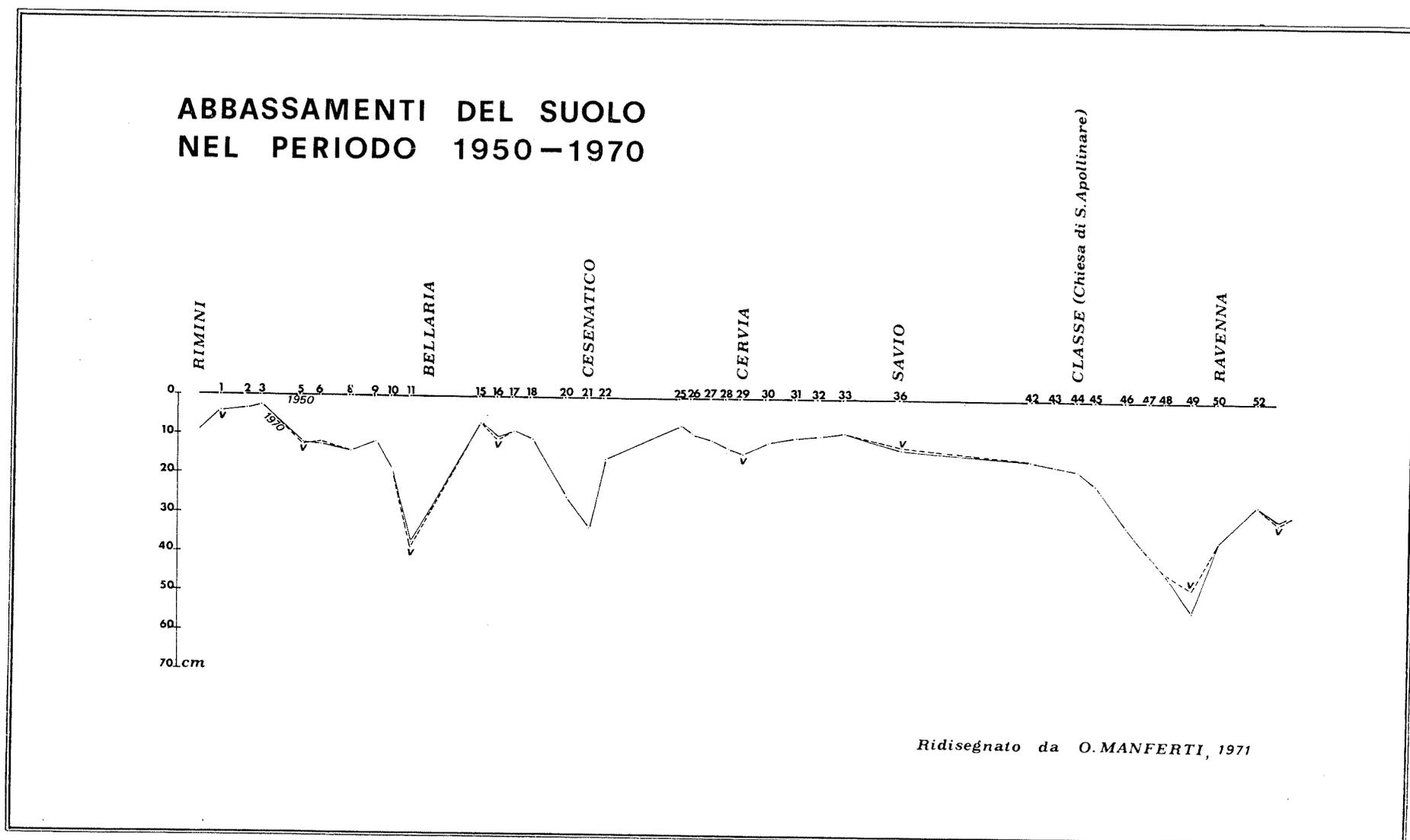


Figura n. 71 — Confronto tra due livellazioni di alta precisione eseguita dall' Istituto Geografico Militare.

4.3. La sismicità del litorale

Per quanto concerne il litorale in esame Mario Baratta⁽¹⁰⁾ fa osservare che « la sismicità, poco elevata nell'estrema regione deltizia del Po, innalza il suo valore lungo la spiaggia romagnola con i centri principali di Cervia e di Rimini » e che « la zona costiera marchigiana è caratterizzata da sismicità elevata, con terremoti tipici per la ristrettezza della zona macrosismica, maggiormente espansa in senso all'incirca meridiano ».

La sismicità ha raggiunto nella zona punte notevoli, come si può osservare nella figura n. 72, dove sono stati indicati i maggiori terremoti noti⁽¹¹⁾, verificatisi a Pesaro, Rimini, Cesenatico e Ravenna. La valutazione dell'intensità delle scosse è stata fatta, col margine di imprecisione che questo comporta, mediante l'impiego della scala Mercalli, modificata e distinta in dodici gradi⁽¹²⁾.

Il grado dei maggiori terremoti verificatisi nel litorale in esame è il seguente :

- nel 34 a. C. circa, un terremoto rovina molti fabbricati, provoca vittime e determina spaccature nel suolo a Pesaro⁽¹³⁾;
- nel 467 si è verificato a Ravenna un terremoto che ha determinato la distruzione parziale o totale di qualche edificio⁽¹⁴⁾;
- il 26 dicembre 492 un terremoto ha provocato lesioni in alcuni fabbricati a Ravenna⁽¹⁵⁾;
- nell'815 un terremoto ha provocato la distruzione parziale o totale di qualche edificio⁽¹⁶⁾;
- il 30 aprile e l'1 maggio 1279 si è verificato a Ravenna un terremoto con rovina di molti fabbricati e vittime⁽¹⁷⁾;
- il 25 gennaio 1308 verso sera Rimini fu « percorsa da orribile terremoto, pel quale gran parte ruinò delle torri, nè fu casa che non avesse danno »⁽¹⁸⁾;
- il 6 luglio 1468 un terremoto ha prodotto danni gravissimi a Rimini⁽¹⁹⁾;
- l'11 agosto 1483 un terremoto provocò danni notevoli a Cervia e Rimini⁽²⁰⁾;
- nel 1561 un terremoto provocò lesioni nei fabbricati a Ravenna⁽²¹⁾;

- nella notte tra il 5 e il 6 dicembre 1625 si è verificato un terremoto fortissimo a Rimini⁽²²⁾;
- il 14 aprile 1672 si verificò a Rimini un terremoto disastroso, tutti i maggiori edifici furono più o meno diroccati, vi furono da 100 a 500 vittime a seconda delle fonti. Il terremoto, con epicentro in mare, colpì la Romagna e le Marche⁽²³⁾;
- nel 1688 Ravenna risentì notevoli danni per il terremoto di Bagnacavallo⁽²⁴⁾;
- il 24 aprile 1741 un terremoto, con caduta parziale o totale di qualche edificio, si verificò a Pesaro⁽²⁵⁾;
- il 25 dicembre 1786 si verificò a Rimini un terremoto, con epicentro in mare, che provocò danni gravissimi e fenditure nel suolo⁽²⁶⁾;
- il 17 luglio 1781 un terremoto provocò lesioni nei fabbricati a Ravenna⁽²⁷⁾;

- il 30 ottobre 1870 fu risentita a Cesenatico e a Ravenna una scossa fortissima eco del terremoto del predappiese⁽²⁸⁾;
 - il 18 marzo 1875 una scossa quasi rovinosa si verificò a Cervia e Cesenatico, fu risentita in misura lievemente inferiore anche a Rimini⁽²⁹⁾;
 - il 16 agosto 1916 a Rimini e a Pesaro si verificarono delle scosse rovinose⁽³⁰⁾.
- La sismicità, che interessa il litorale in esame e naturalmente le zone circostanti, è certamente connessa con l'attività geologica della fossa tettonica padana, dell'Appennino e dell'Adriatico settentrionale, ancora in atto lungo alcune faglie sia appenniniche, sia al di sotto delle alluvioni della pianura, sia in mare aperto⁽³¹⁾. Questa attività, a quanto risulta dalla profondità degli ipocentri, si manifesta tanto all'interno della crosta terrestre, quanto alla sua base. Questo ultimo caso si verifica « particolarmente nell'Alto Adriatico, ove pa-

(10) M. BARATTA, *I terremoti in Italia*, Le Monnier, Firenze, 1936, pp. 65-66.

(11) Sono stati, in proposito, consultati gli elenchi presenti nei seguenti lavori: G. MERCALLI, *Geologia d'Italia. III: Vulcani e fenomeni vulcanici*, Vallardi, Milang, 1883; BARATTA, *I terremoti*, cit.; A. ANTONIAZZI, *I caratteri sismici e geomorfologici della Provincia di Forlì e le nuove norme geologico-tecniche sull'edilizia*, Camera di Commercio, Forlì, 1964.

(12) 1° *Scossa strumentale*: impercettibile per le persone; 2° *scossa molto leggera*: avvertita da qualche persona specie nei piani superiori delle case; 3° *Scossa leggera*: avvertita senza apprensione da parecchie persone, vibrazioni come quelle dovute al passaggio di autocarri leggeri; 4° *Scossa sensibile*: intesa anche al piano terreno delle case, tremito di infissi, tintinnio di vasellami, leggera oscillazione di oggetti sospesi, vibrazioni come quelle dovute al passaggio di autocarri pesanti; 5° *Scossa forte*: avvertita da tutti nelle case e da qualcuno all'esterno; risveglio di persone addormentate; oscillazioni di porte e di finestre; suono di campanelli agli usci; ampie oscillazioni di oggetti sospesi; variazioni nell'andamento dei pendoli; rovesciamento di piccoli oggetti installati e versamento da qualche recipiente colmo di liquido; paura in alcune persone; 6° *Scossa molto forte*: avvertita da tutti con grande spavento e fuga all'aperto; nelle case caduta di ninnoli, di libri, ecc.; rottura di vetriere; screpolature in intonachi deboli con caduta di calcinacci; qualche leggera lesione in manufatti di cattiva qualità; 7° *Scossa fortissima*: ben sensibile anche nelle strade; panico e fuga dalle case; barcollamenti delle persone; suono di campane; danni lievi, ma diffusi, nelle costruzioni più deboli; caduta di tegole, di comignoli, di cornici, ecc...; 8° *Scossa rovinosa*: crollo parziale di qualche edificio più debole; lesioni generali, ma meno gravi, in molti altri edifici: senza vittime umane in generale; 9° *Scossa disastrosa*: distruzione totale degli edifici più deboli; lesioni gravi con rovina parziale nei piani superiori e talvolta crollo anche in buone costruzioni in mattoni; molte case inabitabili; vittime non numerose ma in vari punti dell'abitato; 10° *Scossa disastrosissima*: rovina di molti edifici, danni gravissimi alle fondazioni e rovina totale dei piani superiori negli edifici in muratura; frane notevoli; molte vittime umane; 11° *Scossa catastrofica*: si accentuano e si generalizzano i danni del grado precedente, con rovina più o meno completa degli edifici in mattoni anche al pian-terreno, rotaie fortemente deviate, moltissime vittime; 12° *Scossa ultracatastrofica*: rovina pressochè totale delle case; grandi franamenti e spaccature nel suolo; vittime innumerevoli.

(13) MERCALLI, *Geologia*, cit., p. 360.

(14) *Ibid.*, p. 220.

(15) *Ibid.*, p. 220.

(16) *Ibid.*, p. 220.

(17) *Ibid.*, p. 223.

(18) ANTONIAZZI, *I caratteri sismici*, cit., p. 29.

(19) *Ibid.*, p. 31.

(20) *Ibid.*, p. 32.

(21) MERCALLI, *Geologia*, cit., p. 226.

(22) ANTONIAZZI, *I caratteri sismici*, cit., p. 35.

(23) *Ibid.*, p. 36.

(24) BARATTA, *I terremoti*, cit., p. 65.

(25) MERCALLI, *Geologia*, cit., p. 232.

(26) ANTONIAZZI, *I caratteri sismici*, cit., p. 41.

(27) MERCALLI, *Geologia*, cit., p. 236.

(28) ANTONIAZZI, *I caratteri sismici*, cit., pp. 49 e 74.

(29) *Ibid.*, p. 49.

(30) *Ibid.*, p. 55.

(31) *Ibid.*, pp. 103-105.

re che i centri sismici siano tutti situati alla base della crosta ⁽³²⁾ ». Circa le loro cause profonde è opportuno rilevare che « nell'Alto Adriatico sembrano determinati da sprofondamenti » e che « l'Appennino Tosco-romagnolo sembra invece presentare il fenomeno contrario ⁽³³⁾ ».

4.4. Mutamenti nella spiaggia sottomarina

Le variazioni intercorse tra il 1870 e il 1967 nei fondali antistanti la costa in esame sono evidenti nella figura n. 73 ⁽³⁴⁾.

Per comodità descrittiva verranno confrontate separatamente le successive posizioni assunte dalle diverse isobate di fronte alle spiagge da Cervia a Cesenatico, da Bellaria a Cattolica e da Gabicce a Pesaro.

Nel tratto tra Cervia e Cesenatico l'isobata - 5 metri mostra un certo accostamento alla riva tra il 1870 e il 1931, mentre manifesta solo oscillazioni attorno ad uno stesso andamento medio tra il 1931 e il 1967. L'isobata - 10 metri, invece, è in media più vicina alla costa nel 1870, successivamente si allontana progressivamente da essa. Allo stesso modo, ma con maggiore evidenza, si comporta l'isobata - 15 metri. I fondali di - 20 metri, infine, non hanno subito variazioni medie di rilievo tra il 1870 e il 1931, si sono invece allontanati dalla riva tra il 1931 e il 1967.

Nel tratto tra Bellaria e Cattolica l'isobata - 5 metri non ha subito sostanziali variazioni tra il 1870 e il 1967 nella zona a NO della foce del fiume Marecchia; a SE ha invece compiuto delle evidenti oscillazioni rispetto ad uno stesso andamento medio tra il 1870 e il 1931 ed ha manifestato un certo allontanamento dalla riva tra il 1931 e il 1967. L'isobata - 10 metri nell'intero intervallo di tempo considerato non ha subito variazioni di rilievo, ma ha oscillato ampiamente attorno ad una stessa posizione media. L'isobata - 15 metri si è accostata alla riva tra il 1870 e il 1931 e successivamente si è portata più al largo. Analogo è stato il comportamento dell'isobata - 20 metri.

Nel tratto tra Gabicce e Pesaro le isobate - 5 e - 10 metri non hanno subito sostanziali cambiamenti di posizione nel periodo considerato. Solo l'isobata - 5 metri del 1967 si trova generalmente più al largo o coincidente con quella del 1870. Le isobate, invece, - 15 e - 20

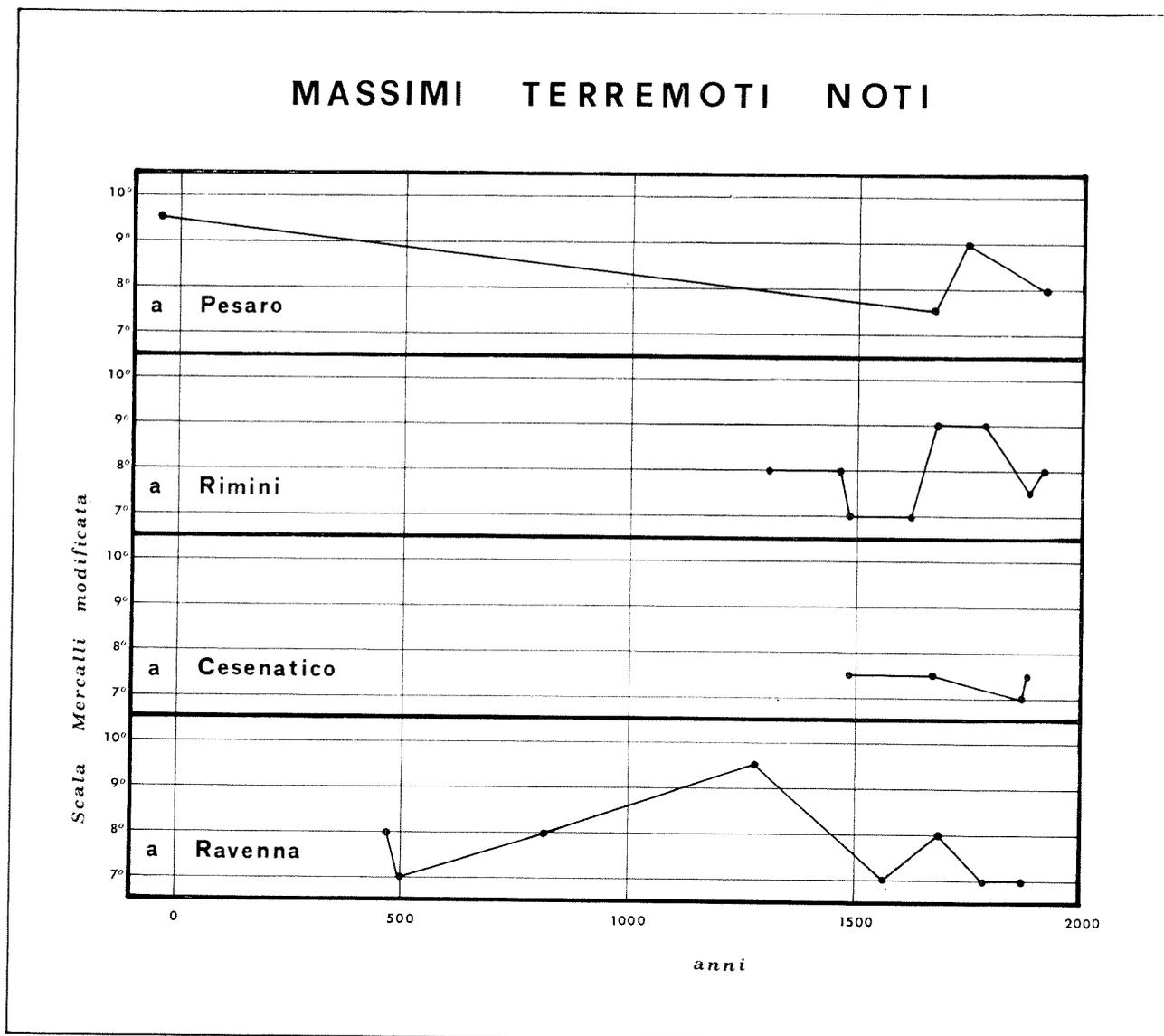


Figura n. 72 — Massimi sismici nel litorale in esame.

⁽³²⁾ G. IMBÓ, *Fenomeni endogeni terrestri*, in « L'Italia fisica », T. C. I., Milano, 1957, p. 129.

⁽³³⁾ P. CALOI, *Attività sismica in Italia nel decennio 1930-1939*, Le Monnier, Firenze 1942, p. 103.

⁽³⁴⁾ La redazione di questa carta è stata fondata sulla seguente cartografia di base: *Carta costiera da Fiumi Uniti a Pesaro* con i rilievi eseguiti dalla R. Spedizione Idrografica diretta dal Capitano di Vascello A. Imbert (1869-70), pubblicata a Genova nell'ottobre 1877 dall'Ufficio Idrografico sotto la direzione del Capitano di Fregata G. B. Magnaghi; *Dal Po di Goro a Pesaro* dai rilievi originali delle regie navi « Scilla » e « Staffetta » 1901 e da quelli successivi fino al 1931, carta pubblicata dall'Istituto Idrografico della Marina, Genova, dicembre 1931, Direttore G. Romagna Manois, Capitano di Vascello; *Da Pesaro al Po di Goro* dai rilievi della nave « Staffetta », Com. ti E. Debazzi e R. Cerqueti, 1953-54 e successivi fino a quelli del 1967, carta pubblicata dall'Istituto Idrografico della Marina, Genova giugno 1967, Direttore A. Macchiavelli, Capitano di Vascello. Di queste tre carte nautiche, tutte in scala 1:100.000, riportano scandagli riferiti al livello medio delle basse maree sigiziali quelle del 1931 e del 1967, scandagli riferiti alla media bassa marea quella del 1877.

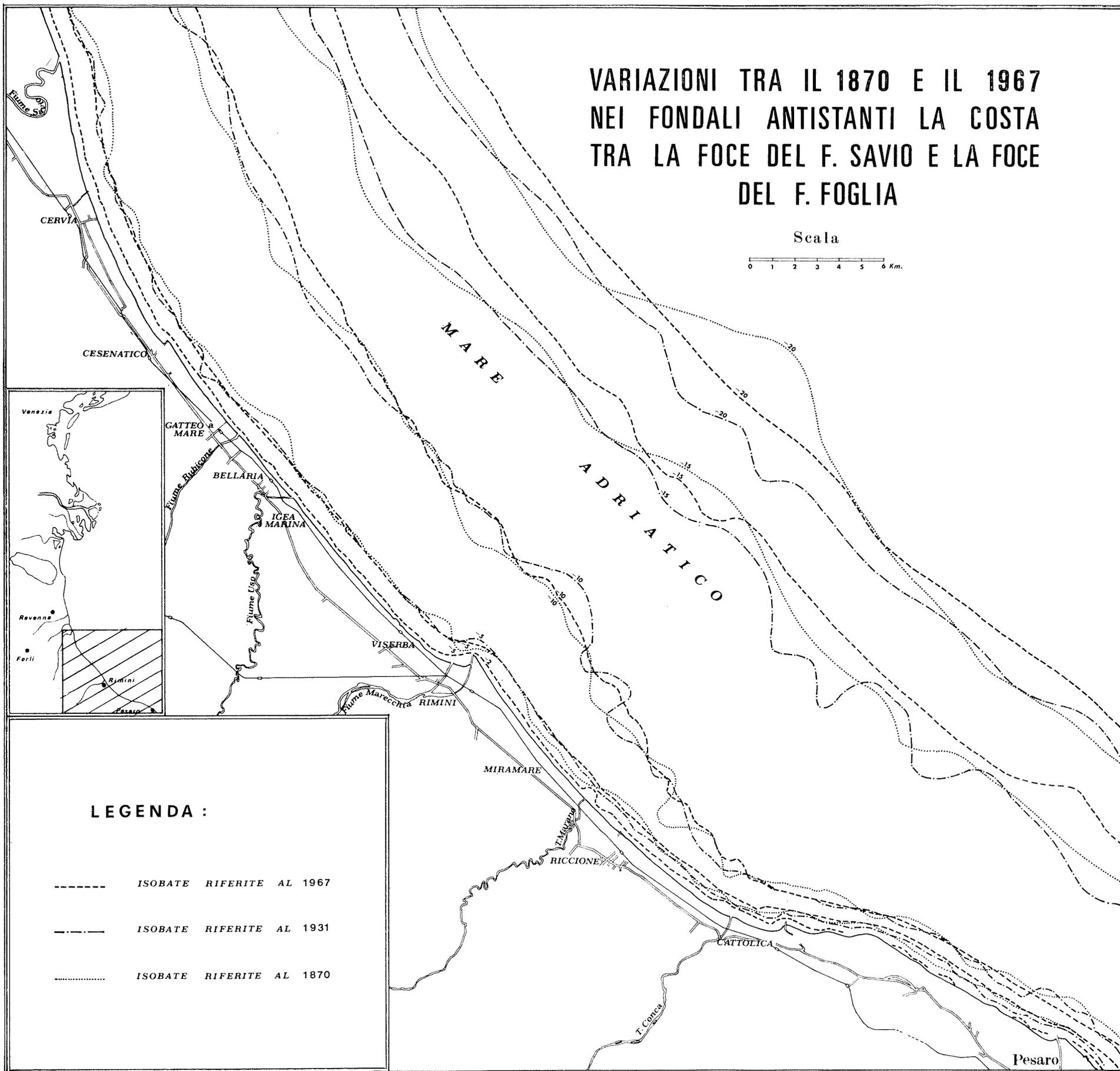
In base ai dati rilevabili da queste tre carte, la professoressa Renata Barbieri, seguendo le indicazioni dello scrivente, ha redatto una carta delle variazioni dei fondali in scala 1:100.000 con le isobate di metri -5, -10, -15 e -20. In questa carta, ridotta alla scala 1:200.000 per la stampa, le isobate sono state riferite rispettivamente al 1870, al 1931 e al 1967, cioè alle date dei rilievi più recenti indicati in ciascuno degli originali. Solo nel caso dell'andamento dei fondali del 1967 è stata riportata anche l'isobata di metri -2.

⁽³⁵⁾ Nelle sezioni si può osservare contemporaneamente l'andamento del fondo nel 1870, nel 1931 e nel 1967. Per facilitare il confronto, le tre curve sono state riportate ad un identico punto zero iniziale.

VARIAZIONI TRA IL 1870 E IL 1967 NEI FONDALI ANTISTANTI LA COSTA TRA LA FOCE DEL F. SAVIO E LA FOCE DEL F. FOGLIA

Scala

0 1 2 3 4 5 6 Km.



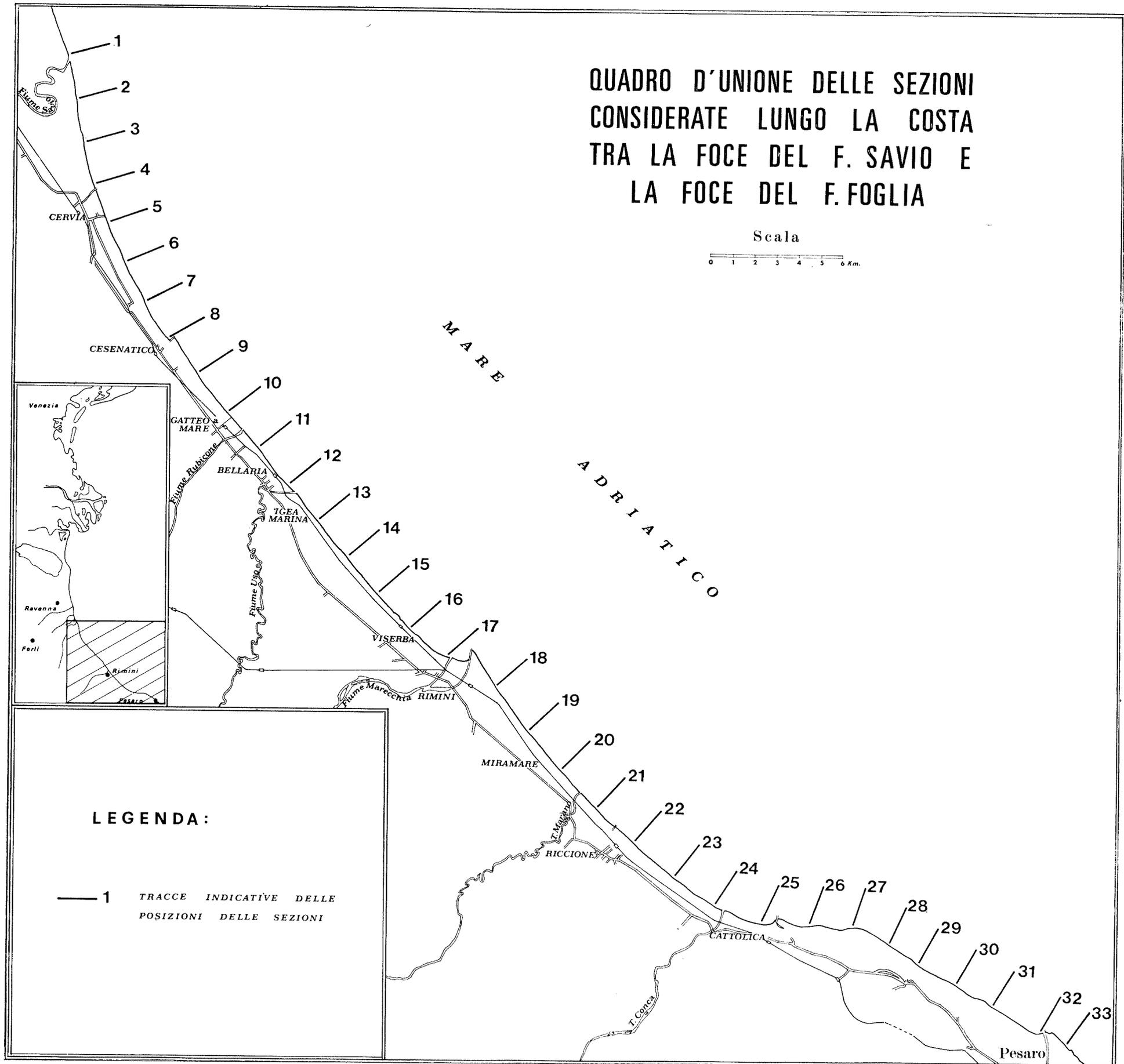
LEGENDA :

- ISOBATE RIFERITE AL 1967
- - - - ISOBATE RIFERITE AL 1931
- ISOBATE RIFERITE AL 1870

Figura n. 73

QUADRO D'UNIONE DELLE SEZIONI
CONSIDERATE LUNGO LA COSTA
TRA LA FOCE DEL F. SAVIO E
LA FOCE DEL F. FOGLIA

Scala



LEGENDA:

— 1 TRACCE INDICATIVE DELLE
POSIZIONI DELLE SEZIONI

Figura n. 74

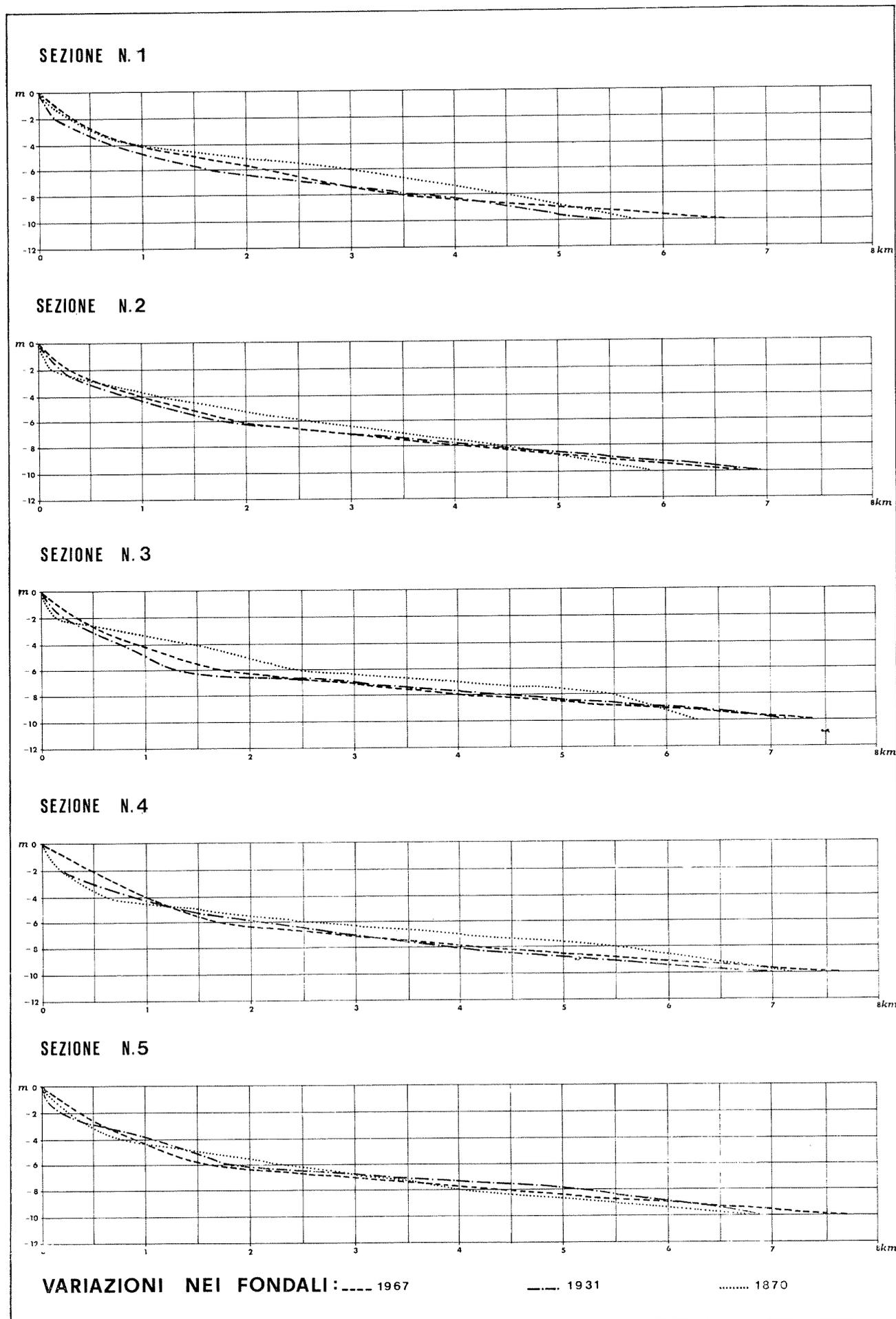


Figura n. 75

La sezione n. 1, eseguita di fronte alla foce del fiume Savio, mostra un approfondimento della spiaggia sottomarina tra il 1870 e il 1931, che si è successivamente attenuato sia in prossimità della riva, sia verso il largo.

La sezione n. 2, eseguita di fronte al cimitero di guerra tedesco, rivela un modesto approfondimento dei fondali tra il 1870 e il 1931. La situazione si è mantenuta successivamente abbastanza costante. Si riscontra, inoltre, una riduzione della pendenza sia presso la linea di spiaggia, sia verso il largo.

La sezione n. 3, eseguita poco a nord del molo di Milano Marittima, mette in evidenza un approfondimento della spiaggia sottomarina tra il 1870 e il 1931, al quale corrisponde un certo addolcimento della pendenza dei fondali posti più al largo. Tra il 1931 e il 1967 si è poi verificata anche una attenuazione della pendenza presso la linea di spiaggia.

La sezione n. 4, eseguita immediatamente a nord del porto di Cervia, mostra tra il 1870 e il 1967 una attenuazione della profondità dei fondali presso la riva e una accentuazione verso il largo.

La sezione n. 5, eseguita a sud del porto di Cervia circa di fronte alla colonia Dante, mostra modeste variazioni nel periodo considerato.

Figura n. 76

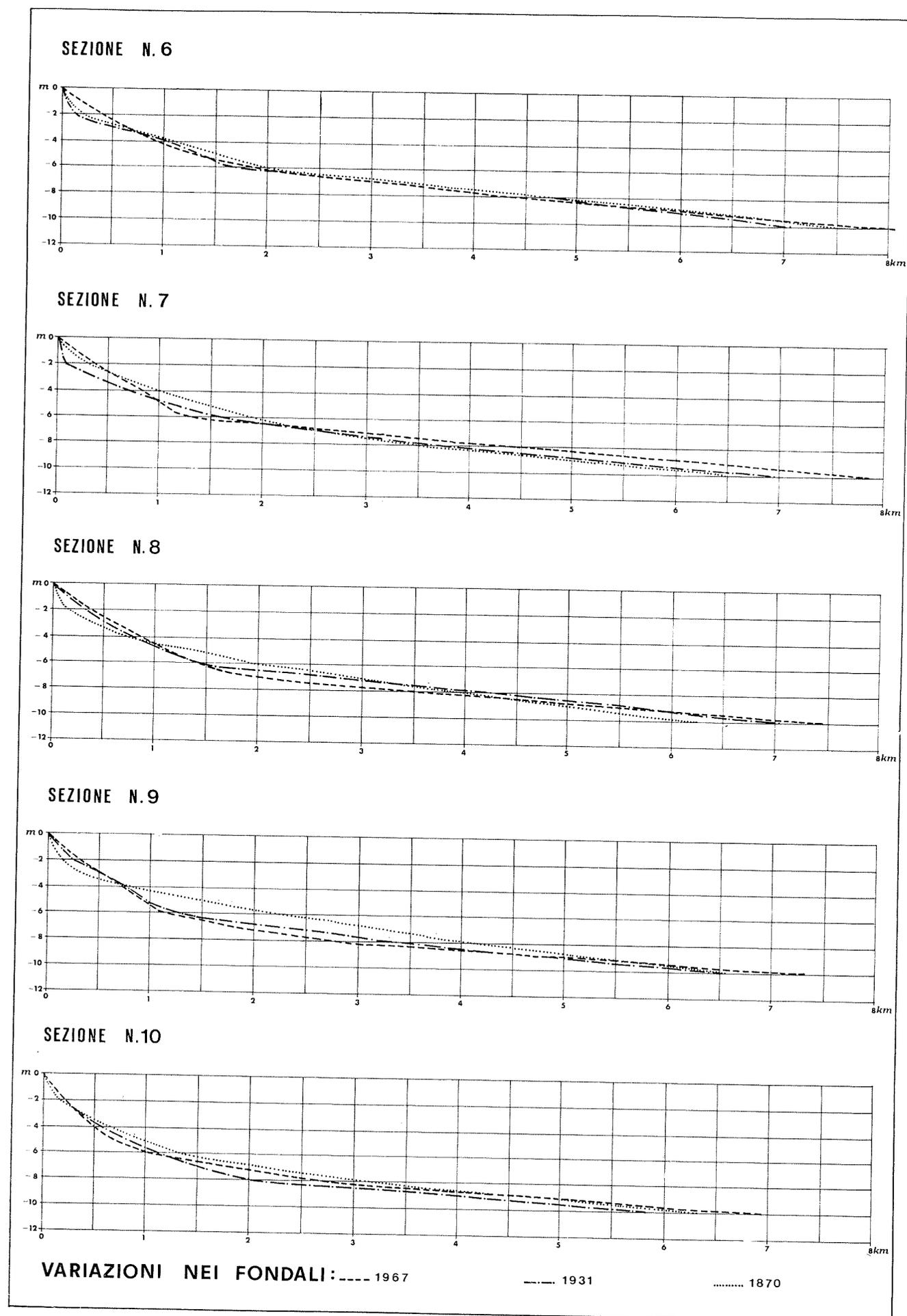
La sezione n. 6, eseguita di fronte alla Pinarella, rivela limitate variazioni nell'andamento dei fondali, se si eccettua un addolcimento della pendenza sottomarina in prossimità della linea di spiaggia tra il 1931 e il 1967.

La sezione n. 7, eseguita di fronte a La Tagliata, mostra scarse variazioni. Vi è stato un aumento della pendenza presso la riva tra il 1870 e il 1931, che successivamente è attenuato almeno fino a quasi un chilometro dalla linea di spiaggia. Anche verso il largo si è attenuata l'acclività dei fondali.

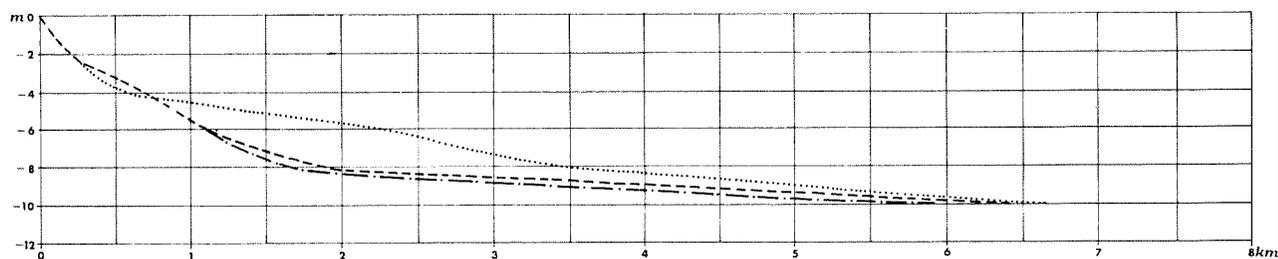
La sezione n. 8, eseguita immediatamente a nord-ovest del molo di Cesenatico, pone in evidenza una diminuzione nel tempo della pendenza immediatamente a ridosso della linea di spiaggia e una sua accentuazione un po' più al largo. I fondali più profondi mostrano infine una progressiva diminuzione dell'acclività.

La sezione n. 9, eseguita di fronte alla colonia Radaelli, mostra, successivamente al 1870, una leggera attenuazione della pendenza presso la linea di spiaggia e un approfondimento dei fondali, a partire da circa 800 metri dalla riva, che si attenua verso il largo.

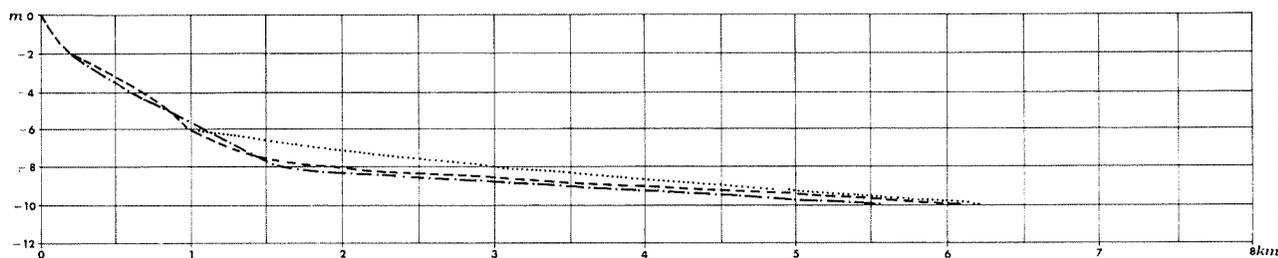
La sezione n. 10, eseguita quasi di fronte a Gatteo Mare, mostra limitate variazioni nei fondali tra il 1870 e il 1967.



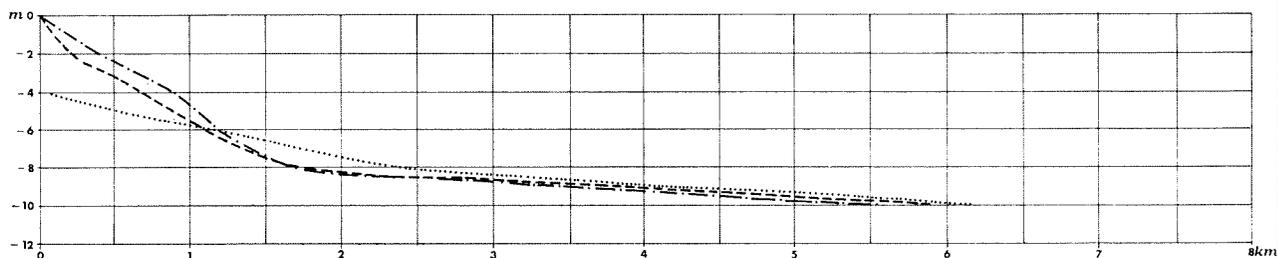
SEZIONE N.11



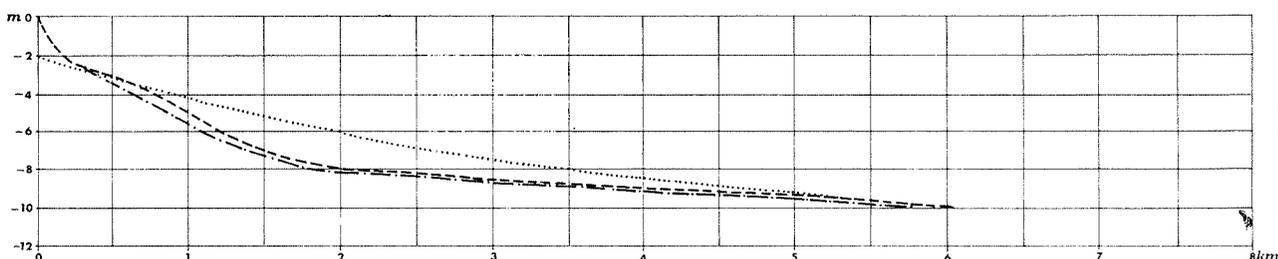
SEZIONE N.12



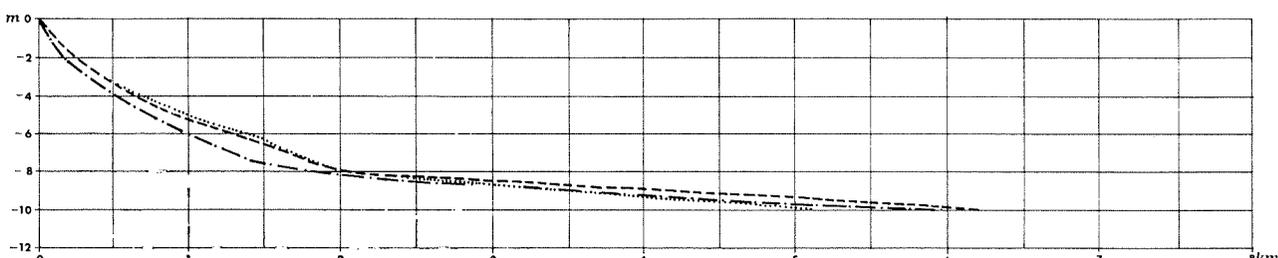
SEZIONE N.13



SEZIONE N.14



SEZIONE N.15



VARIAZIONI NEI FONDALI: 1870 - - - - 1931 - - - - 1967

Figura n. 77

La sezione n. 11, eseguita quasi di fronte a Villa Semprini, mostra un netto approfondimento dei fondali a partire da 700 metri dalla riva tra il 1870 e il 1931. Successivamente le modifiche non sono state significative.

La sezione n. 12, eseguita presso la foce dell'Uso, non mostra variazioni di rilievo nei fondali, se si eccettua un limitato approfondimento tra il 1870 e il 1931 a partire da un chilometro dalla riva.

La sezione n. 13, eseguita circa di fronte al Collegio S. Celso, non consente un confronto tra la situazione del 1870 e la successiva a causa di una imperfezione della carta di base. Tra il 1931 e il 1967 vi è stata una lieve accentuazione della pendenza presso la linea di spiaggia.

La sezione n. 14, eseguita presso la foce dello Scolo Pedrera, mostra una accentuazione della profondità, a partire da 500 metri dalla riva, tra il 1870 e il 1951. L'imperfezione della carta di base, già menzionata, non ha consentito di definire esattamente la situazione del 1870 presso la linea di spiaggia. Non sono evidenti significative variazioni successivamente al 1931.

La sezione n. 15, eseguita di fronte a Villa Salus, mostra un aumento della profondità dei fondali presso la riva tra il 1870 e il 1931. Successivamente la situazione è tornata circa alle condizioni iniziali.

Figura n. 78

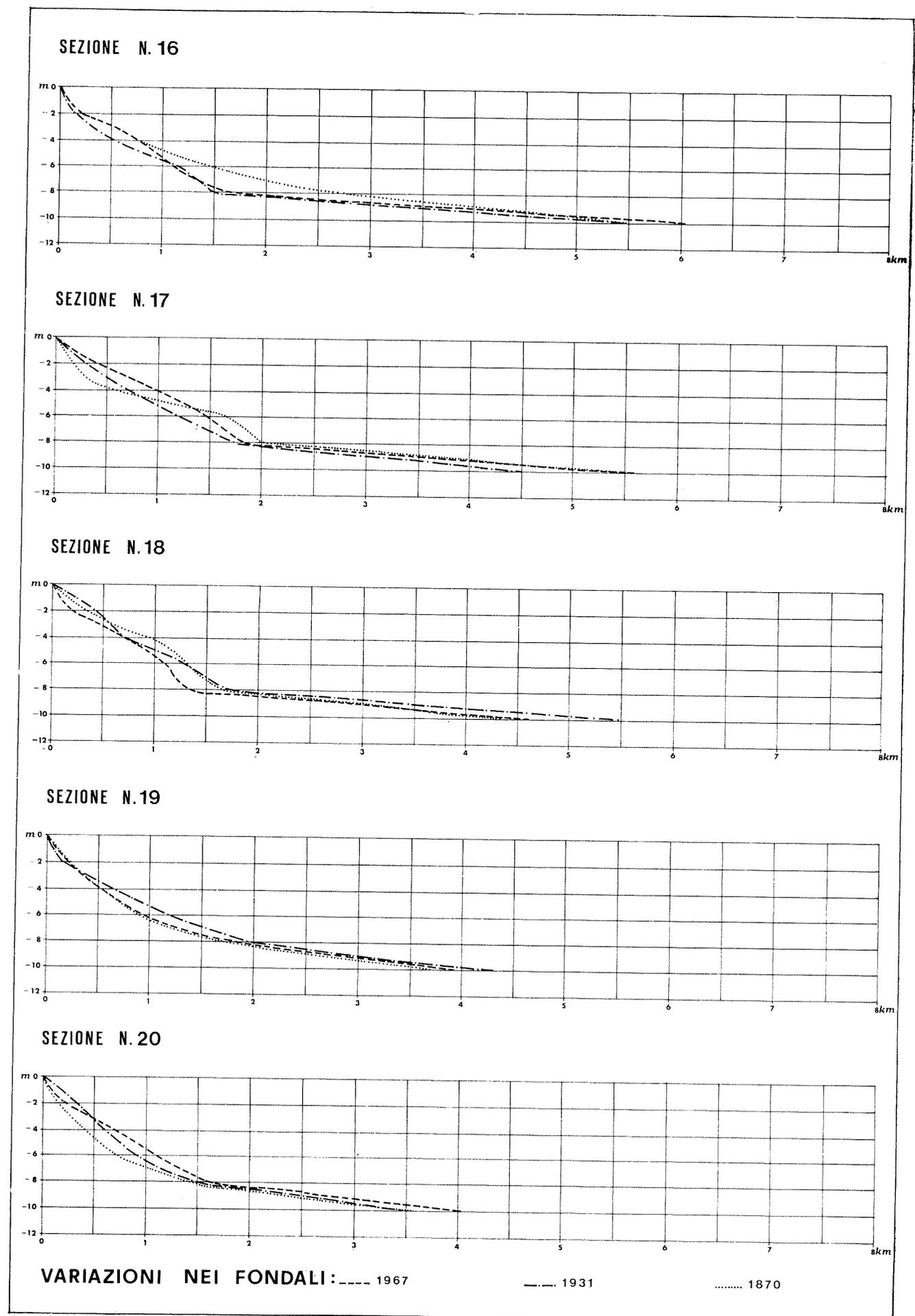
La sezione n. 16, eseguita di fronte a Viserba, rivela una accentuazione della profondità dei fondali presso la riva tra il 1870 e il 1931. Successivamente la pendenza è diminuita in prossimità della linea di spiaggia.

La sezione n. 17, eseguita quasi in corrispondenza della foce del fiume Marecchia, mostra una progressiva attenuazione della pendenza presso la riva dal 1870 in poi.

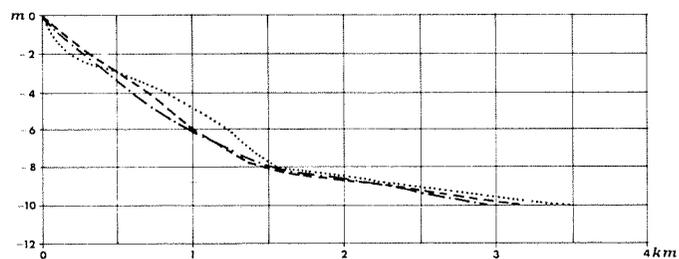
La sezione n. 18, eseguita presso Rimini Marina, mostra un limitato aumento della pendenza presso la riva tra il 1870 e il 1967.

La sezione n. 19, eseguita di fronte all'Ospizio Bolognese, non rivela significative variazioni nel periodo considerato.

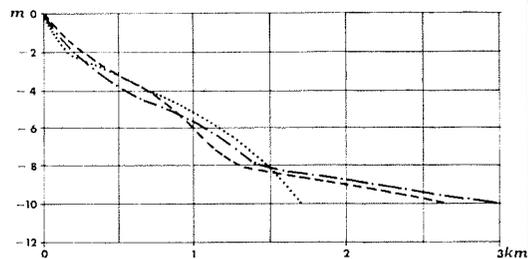
La sezione n. 20, eseguita a Miramare, mostra una attenuazione dei fondali presso la riva tra il 1870 e il 1967.



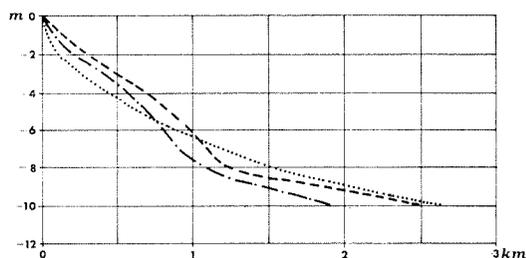
SEZIONE N. 21



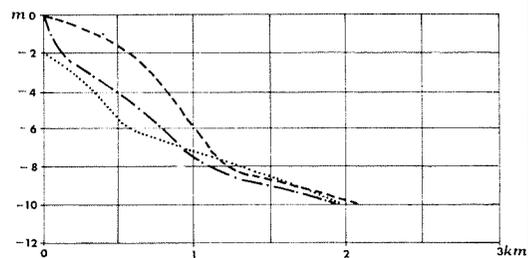
SEZIONE N. 22



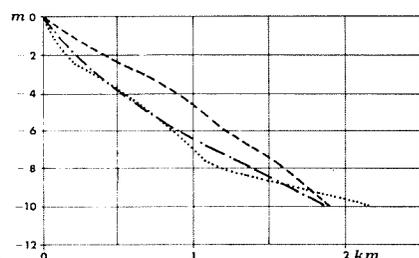
SEZIONE N. 23



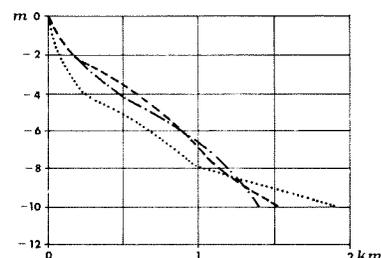
SEZIONE N. 24



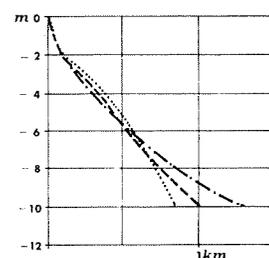
SEZIONE N. 25



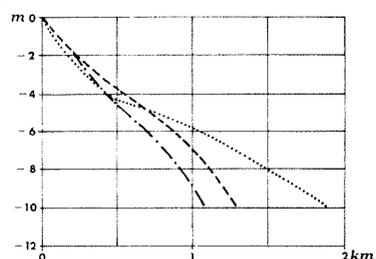
SEZIONE N. 26



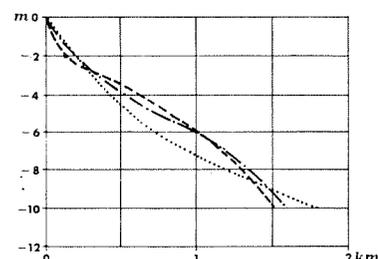
SEZIONE N. 27



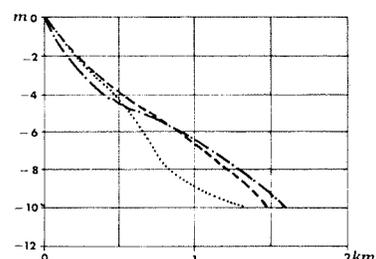
SEZIONE N. 28



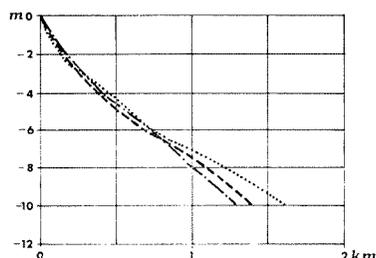
SEZIONE N. 29



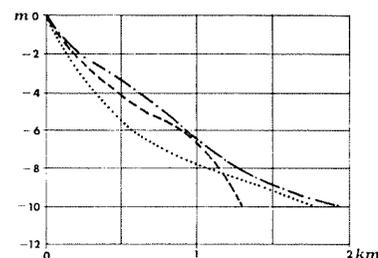
SEZIONE N. 30



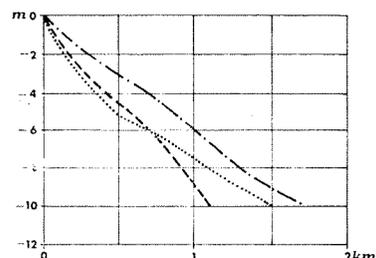
SEZIONE N. 31



SEZIONE N. 32



SEZIONE N. 33



VARIAZIONI NEI FONDALI: - - - - 1967

- - - - 1931

..... 1870

Figura n. 79

La sezione n. 21, eseguita di fronte a Fogliano Marina, mostra successivamente al 1870 una attenuazione della pendenza presso la riva e una sua accentuazione più al largo.

La sezione n. 22, eseguita a sud-est del porto di Riccione, rivela al largo una attenuazione della profondità dei fondali successivamente al 1870, mentre presso la riva la situazione resta praticamente immutata.

La sezione n. 23, eseguita a Misano Marina, mostra una progressiva riduzione della profondità dei fondali presso la linea di spiaggia e un loro approfondimento, specie nel 1931, più al largo.

La sezione n. 24, seguita presso la foce del Conca, rivela una netta riduzione dei fondali in prossimità della linea di spiaggia tra il 1870 e il 1967.

La sezione n. 25, eseguita presso il porto di Cattolica, mostra una riduzione della profondità dei fondali tra il 1931 e il 1967.

La sezione n. 26, eseguita di fronte a Gabicce Monte, mostra una diminuzione della profondità dei fondali presso la costa e una sua accentuazione più al largo.

La sezione n. 27, eseguita presso la foce del fosso Vallugola, non rivela significative variazioni nei fondali. Solo verso il largo la loro profondità si attenua tra il 1870 e il 1967.

La sezione n. 28, eseguita di fronte a Castel di Mezzo, mostra un approfondimento dei fondali ad oltre 500 metri dalla riva successivamente al 1870.

La sezione n. 29, eseguita di fronte a Fiorenzuola di Focara, rivela una certa riduzione della profondità dei fondali dopo il 1870.

La sezione n. 30, eseguita tra Fiorenzuola di Focara e Pesaro, mostra una progressiva attenuazione della profondità dei fondali posti più al largo.

La sezione n. 31, eseguita tra Fiorenzuola di Focara e Pesaro, non mostra significative variazioni nel periodo considerato.

La sezione n. 32, eseguita presso la foce del Foglia, pone in evidenza una diminuzione della profondità dei fondali presso la costa dopo il 1870.

La sezione n. 33, eseguita di fronte a Pesaro, mostra una attenuazione della profondità dei fondali tra il 1870 e il 1931 e un loro ulteriore approfondimento tra il 1931 e il 1967.

Figura n. 80

Variazioni complessive dei fondali tra il 1870 e il 1967. Nella redazione di queste sezioni sono stati posti in evidenza anche gli incrementi e le riduzioni medie della spiaggia nello stesso periodo. Non sono invece state prese in considerazione le sezioni lungo le quali le variazioni della spiaggia non sono state significative in relazione alla scala adottata.

La sezione n. 1, eseguita presso la foce del Savio, mostra una significativa erosione dei fondali contemporaneamente all'arretramento della linea di spiaggia.

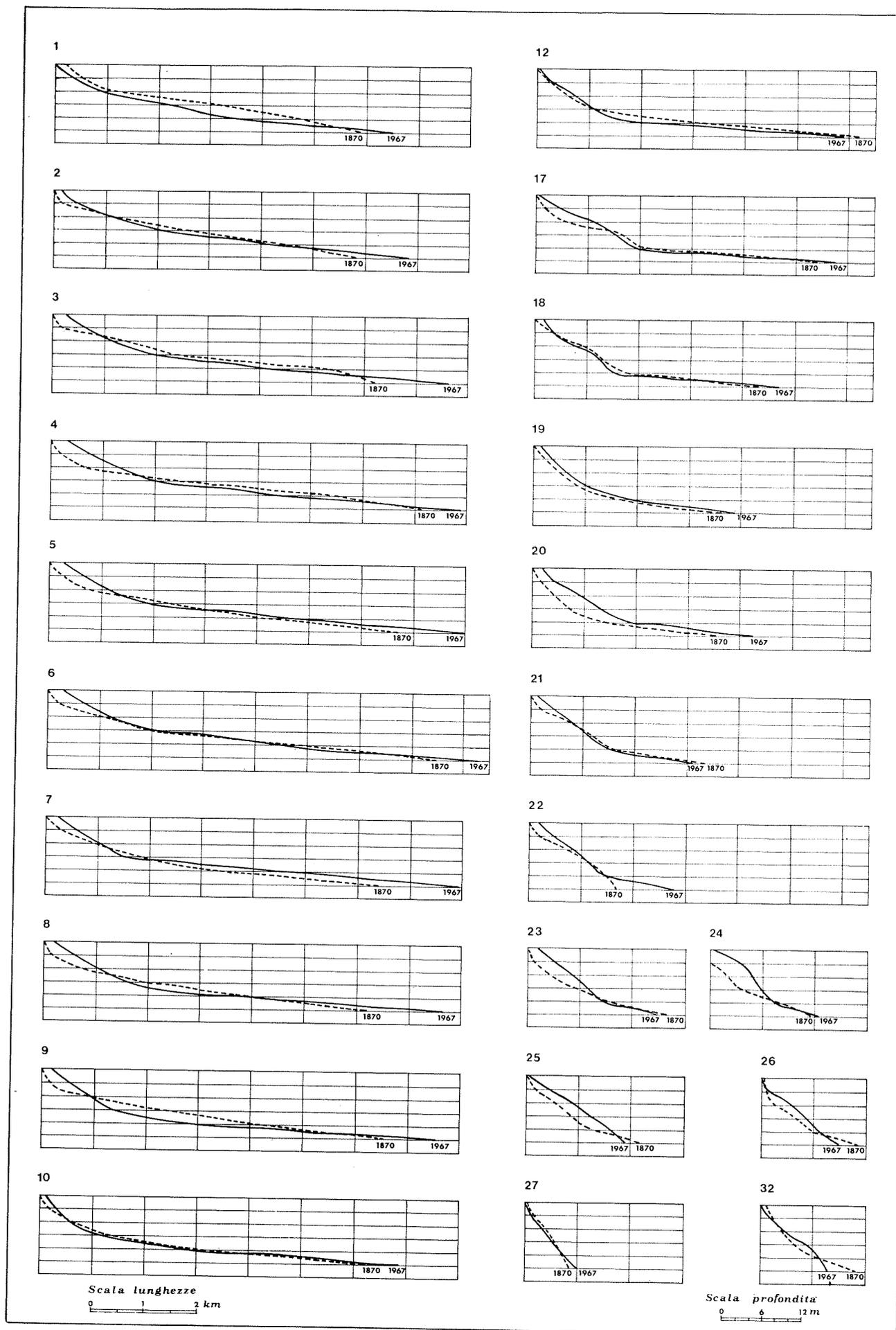
La sezione n. 2, in corrispondenza del cimitero di guerra tedesco, mostra che all'aumento medio della spiaggia emersa nel periodo considerato corrisponde una modesta sedimentazione nella parte più prossima alla riva della spiaggia sottomarina. La zona è attualmente in erosione.

Le sezioni n. 3, 4, 5, 6, 7 e 8 nel litorale di Cervia e Cesenatico mostrano un'analogia sedimentazione in prossimità della linea di spiaggia. Più al largo o vi è una certa asportazione di materiali oppure si manifesta una situazione di equilibrio.

Le sezioni n. 9, 10, 12 e 17, poste nel litorale tra Cesenatico e il porto di Rimini, rivelano una tendenza alla sedimentazione solo in prossimità della riva. Al largo vi è stata stabilità o erosione nei fondali. E' da fare rilevare che le sezioni dal n. 10 al n. 17 riguardano un tratto di spiaggia interessato in generale da fenomeni erosivi.

Le sezioni n. 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25, situate tra il porto di Rimini e Cattolica, pongono in evidenza una più a meno accentuata sedimentazione della spiaggia sottomarina in corrispondenza del proiettamento della spiaggia emersa.

Le sezioni n. 26, 27 e 32, poste tra Cattolica e Pesaro, mostrano variabili situazioni di erosione e di sedimentazione nella spiaggia sottomarina.



metri, dopo essere rimaste mediamente nella stessa posizione tra il 1870 e il 1931, risultano più lontane dalla linea di spiaggia nel 1967.

Le trentatrè sezioni, rilevate direttamente dalle carte nautiche originali ⁽³⁵⁾, consentono di approfondire quanto osservabile nella carta delle variazioni dei fondali. Il loro quadro di unione è fornito dalla figura n. 74 ed esse sono raccolte nelle figure dal n. 75 al n. 79.

Le prime quattro sezioni riguardano la spiaggia tra la foce del fiume Savio e Cervia. In esse è rilevabile, in particolare, che tra il 1870 e il 1931 vi è stato un approfondimento mediamente non superiore ad un metro, nei fondali prossimi alla riva e un addolcimento della pendenza sottomarina verso il largo. I cambiamenti tra il 1931 e il 1967 sono stati relativamente modesti; è rilevabile, soprattutto, la tendenza verso una ulteriore riduzione della pendenza allontanandosi dalla riva. Gli approfondimenti dei fondali in prossimità della riva tendono a favorire l'azione erosiva delle onde in quanto esse possono frangere con maggiore altezza a ridosso della costa. E' tuttavia da far rilevare che il confronto dei profili mostra, nel tratto più prossimo alla linea di spiaggia, una attenuazione della pendenza tra il 1870 e il 1967.

Le sezioni n. 5, 6, 7 e 8 interessano il tratto costiero tra Cervia e Cesenatico. In questa zona si sono manifestati solo cambiamenti di scarso rilievo nell'intervallo di tempo considerato. Si nota, in specie, un generale addolcimento della curva del fondo nel 1967 con una tendenza alla riduzione dei fondali a ridosso della riva e un leggero approfondimento poco più al largo.

Il tratto tra Cesenatico e il porto di Rimini è stato esaminato con le sezioni dal n. 9 al n. 17. Anche in questa zona, come tra la foce

del fiume Savio e Cervia, si nota un approfondimento dei fondali in prossimità della riva e un addolcimento delle pendenze verso il largo tra il 1870 e il 1931. Una imperfezione della carta non ha consentito di definire esattamente verso la linea di spiaggia l'andamento delle curve del 1870 nelle sezioni n. 13 e 14. I cambiamenti riscontrabili tra il 1931 e il 1967 sono modesti, se si eccettua un ulteriore allontanamento dalla riva dei fondali di -10 metri.

La spiaggia tra il porto di Rimini e Cattolica è interessata dal gruppo di sezioni dal n. 18 al n. 25, che rivelano solo modeste oscillazioni in più o in meno delle curve più recenti rispetto a quella del 1870. In genere si osserva una certa riduzione dei fondali in prossimità della riva.

L'ultimo gruppo di sezioni, riguardante il litorale tra Cattolica e Pesaro, mostra con grande evidenza i cambiamenti locali di posizione delle curve di fondo attraverso il tempo. Tali variazioni, salvo qualche eccezione, si mantengono tuttavia entro limiti abbastanza ristretti.

L'andamento del fondo, rilevato nel 1969 durante il campionamento della spiaggia sottomarina, lungo le stesse trentatrè sezioni, non mostra sensibili modifiche rispetto all'andamento del 1967. Tende solo ad accentuarsi l'addolcimento dei fondali verso il largo.

Nella figura n. 80 possono essere osservate le variazioni complessive dei fondali tra il 1870 e il 1969. Sono state prese in considerazione solo le sezioni in cui l'aumento o la riduzione della spiaggia emersa raggiunge valori significativi in rapporto alla scala adottata. Le altre sezioni sono infatti comparabili direttamente.

L'erosione dei fondali, contemporaneamente all'arretramento della linea di spiaggia, è

bene evidente in corrispondenza della foce del Savio. Procedendo verso Milano Marittima al protendimento residuo della spiaggia, rispetto alla situazione del 1870, corrisponde una debole sedimentazione presso la riva e una effettiva erosione dei fondali posti più al largo.

Tra Cervia e Cesenatico, ove la spiaggia emersa è ancora in protendimento, si osserva una sedimentazione in prossimità della linea di spiaggia, alla quale corrisponde una situazione stazionaria nei fondali oltre i 500-800 metri dalla riva. In corrispondenza del porto di Cesenatico le sezioni mostrano poi che la sedimentazione in atto presso la riva cela una sostanziale erosione nei fondali posti a 500-600 metri dalla battigia.

La spiaggia emersa da Cesenatico alla foce del Marecchia, variamente e successivamente colpita dall'erosione marina, si notano: una assenza significativa di sedimentazione in prossimità della linea di spiaggia; una stazionarietà, se non un'erosione, nei fondali poco più al largo; la mancanza di ogni attenuazione della pendenza dei fondali in prossimità della riva. Questo si verifica anche nei tratti in cui si è conservato o è stato ottenuto qualche protendimento della spiaggia emersa. Solo in corrispondenza della foce del Marecchia si osserva una certa sedimentazione.

Nel tratto tra il porto di Rimini e Riccione Marina il protendimento della spiaggia emersa è accompagnato da una sedimentazione nella spiaggia sottomarina, che interessa fondali sempre meno profondi procedendo verso Riccione. Una certa sedimentazione interessa anche la spiaggia sottomarina in prossimità della riva a Misano e a Cattolica.

Un addolcimento, infine, del profilo sottomarino si osserva, in generale, ai piedi della costa alta marchigiana tra Cattolica e Pesaro.



5. - DINAMISMI DELL'ATMOSFERA

5.1. Variazioni del clima dopo l'ultima glaciazione.

E' già stato detto che il progressivo miglioramento climatico, dopo l'ultima glaciazione, ha influito sul livello marino provocando la fusione dei ghiacciai continentali. Il grafico dell'innalzamento del mare riportato nella figura n. 11, testimonia anche l'esistenza di oscillazioni climatiche dalla preistoria ad oggi, che hanno influito sul suo livello. Gli studi condotti in Europa, specie quelli sulle oscillazioni dei ghiacciai alpini, hanno condotto ad identici risultati. Infatti « le principali fasi climatiche che finora sono state riconosciute inequivocabilmente per l'arco di tempo che va dal 4000 a. C. ai giorni nostri sono cinque e cioè:

1) il periodo post-glaciale caldo, detto anche *optimum climatico post-glaciale*, che durò all'incirca dal 4000 al 2000 a. C.;

2) l'epoca climatica fredda del primo millennio a. C., compresa fra il 900 e il 300 a. C.;

3) il periodo caldo dell'alto Medioevo, con fase culminante fra l'800 e il 1150-1200;

4) la *piccola età glaciale*, compresa tra il 1590 e il 1850, particolarmente fredda nel secolo XVIII;

5) il periodo caldo dell'ultimo secolo, cioè dal 1850 al 1950 »⁽¹⁾.

Anche lo studio dei pollini fossili, conservati nei sedimenti del sottosuolo della pianura, confermano l'esistenza delle variazioni clima-

tiche poswürmiane. Il professor Pietro Zangheri, che per primo ha promosso queste ricerche nel sottosuolo romagnolo⁽²⁾, così sintetizza la situazione: « Gli avanzi vegetali fossili venuti in luce con le perforazioni artesiane sono dunque pertinenti al Würmiano, al quale forse appartiene la gran parte della deposizione alluvionale (post-milazziana o post-rissiana). Non posso qui scendere a dettagli sulle suddivisioni del Würmiano, del resto ancora non ben chiare, e che — comunque — non hanno trovato finora documentazione nei nostri luoghi. Mi limito a ricordare uno stadio interglaciale inter Würmiano e che ci sia stato è incontrovertibile. A questo stadio, succeduto al Würm inferiore, e precisamente alla sua fine, credo si possa attribuire lo strato inferiore delle ghiaie attorno ai 100 metri e la torba ivi trovata con Quercia in buona presenza, unita a Pino ed Abete (antichità circa 50-60.000 anni). Al Würm superiore, succeduto allo stadio interglaciale, più precisamente alla sua fine (circa 17-18000 anni fa), sembra logico riferire lo strato superiore e la torba ricca di Pino.

Poi incomincia l'interglaciale posteriore al Würm, che è ancora in corso, nel quale pure si notano delle oscillazioni, degli stadi clima-

tici, che sono stati bene studiati sugli avanzi reperiti in varie località, sicchè se ne può indicare la successione. Dopo il declino della dominanza del Pino silvestre che contraddistinse l'ultima parte dell'ultimo glaciale ed il trapasso al ciclo successivo trapasso che si può distinguere con la denominazione di Finiglaciale, s'arriva, attorno a 10-12000 anni fa al Preboreale, con decrescenza del Pino, con la Betulla, con qualche presenza di Quercia, periodo ancora continentale che poi passa, circa 9000 anni fa alla fase detta Boreale nella quale la Quercia si diffonde, insieme all'Olmo, al Tiglio, all'Acero, alle quali essenze si mescola pure il Nocciolo; il clima pur mantenendo ancora delle caratteristiche continentali le presenta tuttavia attenuate, e la temperatura è aumentata. Si passa così a poco a poco, verso 7-8000 anni fa al periodo Atlantico, che gode di un optimum climatico con caratteristiche di oceanicità, che indicano il definitivo superamento del glaciale. Il Pineto di Pino silvestre sale più in alto nelle montagne mentre si abbassa il Querceto, e fra le due formazioni vegetali si inseriscono gli Abeti. Questo dura fin verso il quinto millennio da oggi, allorchè il clima tende a ridiventare moderatamente conti-

⁽¹⁾ M. PINNA, *Le variazioni del clima in epoca storica e i loro effetti sulla vita e le attività umane. Un tentativo di sintesi*, in « Boll. Soc. Geogr. It. ». Sez. IX, Vol. X, Roma, 1969, p. 215.

⁽²⁾ F. FIRBAS u. P. ZANGHERI, *Eine glaziale Flora von Forlì, südlich Ravenna* in « Veroff. Geobot. Institut. Rubel », 12, Zurich 1934; F. FIRBAS u. P. ZANGHERI, *Ueber neue Funde pflanzenführender Ablagerungen in der südlichen Po-Ebene bei Forlì* in « Nachricht. Akad. Wissensch. Göttingen, Mathem.-Physik. Klasse, Ib. Biolog.-Physiol. Abteil. », n. 2, 1954; FIRBAS F. e ZANGHERI P., *Nuove ricerche polliniche nella coltre alluvionale padana presso Forlì*, in « Actes IV Congr. Intern. Quaternaire, Rome-Pise, Août, Septembre 1953 », 1, Roma, 1955; DUBOIS C. et P. ZANGHERI, *Palynologie de quelques sédiments taurbeux de la basse plaine du Pô (Italie)* in « Bull. Serv. Carte Géolog. Als.-Lorr » 10, Strasbourg, 1957.

mentale e si ha da noi la ridiffusione del Querceto. Si entra cioè nel Subboreale che dura circa 2000 anni fin quasi al terzo millennio prima dell'attualità, nel quale s'inizia il Subatlantico, ed è a questo momento che si diffondono le foreste di tipo oceanico, con larga partecipazione del Faggio. Siamo così giunti agli albori della storia. I resti vegetali raccolti a 14 metri di profondità a Villafranca vanno, con tutta probabilità, riferiti al Subboreale od allo Atlantico all'incirca a 5000 anni fa, o poco più, mentre altri resti che posseggo, non provenienti dalla Provincia di Forlì, ma dal Ravennate, si potrebbero attribuire: uno di Ravenna a 7-8 metri di profondità, con molto polline di Faggio, al Subatlantico (circa 3000 anni fa o poco più) e l'altro di Lugo a 2 m di profondità, con molta Quercia ed ancora più Ontano, addirittura a tempi storici, quando però ancora dominava nella pianura il paesaggio vallivo⁽³⁾».

Le variazioni climatiche del postglaciale risultano ormai provate sicuramente, anche se ulteriori studi consentiranno di precisarle e di integrarle meglio in una unica cronologia, stabilita attraverso l'uso coordinato dei metodi geografici, geologici, naturalistici, archeologici e storici.

5.2. Il clima attuale

Le caratteristiche termiche generali del litorale in esame possono essere desunte dalla tabella n. 4, nella quale sono raccolti i dati caratteristici rilevati nelle stazioni di Pesaro, Lido di Rimini e Cesenatico⁽⁴⁾. Le temperature medie annuali oscillano tra i 12,8° di Cesenatico e 13,5° di Pesaro. Le temperature medie mensili minime si presentano in gennaio, mentre quelle massime in luglio. Le prime variano tra 2,6° e 3,7°, le seconde invece tra 22,7° e 23,6°. Quindi, in generale, le temperature medie mensili del litorale oscillano tra 2,6° e 23,6°. L'escursione annua, differenza tra la temperatura media del mese più caldo e del mese più freddo, varia tra 19,8° e 20,2°. I maggiori scarti tra le temperature riscontrate in ciascuna stazione vanno dai 47,1° di Rimini ai 54,4° di Pesaro. Le temperature estreme massime variano infatti da 37,4° a 39,2°, quelle minime da -9,7° a -15,2°

Tab. n. 4 — TEMPERATURA DELL'ARIA (Periodo 1887-1960)

Dati sulla temperatura	Pesaro	Lido di Rimini	Cesenatico
Anni di osservazione	67	23	30
Media annuale	13,5°	13,7°	12,8°
Media anno più caldo	14,5°	16,9°	14,3°
Media anno più freddo	12,4°	10,4°	11,6°
Escursione annua	19,8°	20,2°	20,1°
Estreme massime	39,2°	37,4°	38,5°
Estreme minime	-15,2°	-9,7°	-13,2°
Scarti fra le estreme	54,4°	47,1°	51,7°
Media primaverile	12,4°	12,6°	11,9°
Media estiva	22,5°	22,5°	21,8°
Media autunnale	14,6°	14,9°	14,0°
Media invernale	4,5°	4,6°	3,7°
Media di luglio	23,5°	23,6°	22,7°
Media di gennaio	3,7°	3,4°	2,6°
Escursione luglio	9,8°	7,8°	12,0°
Escursione gennaio	5,8°	4,9°	7,3°
Estreme massime luglio	39,2°	36,8°	38,5°
Estreme minime luglio	9,3°	10,6°	8,4°
Estreme massime gennaio	18,0°	17,8°	18,4°
Estreme minime gennaio	-11,5°	-9,6°	-13,2°
Scarti estreme luglio	29,9°	26,2°	30,1°
Scarti estreme gennaio	29,5°	27,4°	31,6°

Si vedano in proposito le figure n. 81 e 82.

Circa l'umidità relativa dell'aria, rapporto tra la quantità di vapore acqueo contenuto nell'atmosfera e la quantità massima che vi potrebbe essere contenuta alla stessa temperatura in condizioni di saturazione, il suo valore medio annuale è di 69% a Rimini e di 74% a Pesaro. Nel litorale in esame l'umidità relativa media mensile varia tra 57% e 83%. I dati sull'umidità relativa sono raccolti nella tabella n. 5.

La nebulosità media annua, espressa in decimi di cielo coperto, è a Rimini di 4,5 e a Pesaro di 5,1. Le maggiori nuvolosità si presentano nei mesi di dicembre, novembre, gennaio e febbraio, quelle minime in luglio e agosto. I dati relativi sono evidenti nella tabella n. 6.

Nel litorale in esame le precipitazioni medie annue variano tra i 682 millimetri del Li-

do di Rimini e gli 830 millimetri di Cattolica. I giorni piovosi medi annui vanno da 78 a 100. Le precipitazioni medie mensili, come è evidente nella tabella n. 7, hanno valori minimi nei mesi di luglio e agosto. Le precipitazioni annuali massime, tabella n. 8, hanno raggiunto valori fino al 198% della media annua normale, quelle minime valori fino al 50% della media annua normale.

Il clima della fascia costiera in esame, definito secondo il metodo di Peguy⁽⁵⁾, mostra nove mesi *temperati*, due mesi *aridi* e un mese *freddo e umido*. Può essere dunque classificato come temperato con una certa tendenza all'aridità. Quest'ultimo carattere viene confermato dalle curve di Gausson (figura n. 83), dove i mesi di insufficienza idrica sono quelli in cui la curva delle temperature medie supera quella delle precipitazioni medie.

⁽³⁾ P. ZANGHERI, *La Provincia di Forlì nei suoi aspetti naturali*, Camera di Commercio, Forlì, 1961, p. 196.

⁽⁴⁾ I dati sul clima attuale sono stati desunti dai seguenti lavori: A. PROCACCI, *Il clima di Pesaro. Settanta anni di osservazioni meteorologiche: 1887-1956*, Municipio di Pesaro, Nobili, Pesaro, senza data; A. ANTONIAZZI e V. PROLI, *Lineamenti climatici della Provincia di Forlì*, Camera di Commercio, Forlì, 1967; A. ANTONIAZZI, *L'erosione marina*, cit., pp. 21-25.

⁽⁵⁾ Ch. P. PÉGU, *Précis de Climatologie*, Masson, Paris, 1961, p. 292.

Tab. n. 5 — UMIDITA' RELATIVA MEDIA MENSILE ED ANNUA

(periodo 1880-1960)

Stazioni	Anni di osservazione	G %	F %	M %	A %	M %	G %	L %	A %	S %	O %	N %	D %	Media annuale
Rimini	23	78	74	72	68	67	63	62	57	65	73	76	78	69
Pesaro	67	81	79	75	72	72	67	64	65	74	79	82	83	74

Tab. n. 6 — NEBULOSITA' MEDIA MENSILE ED ANNUA (in decimi di cielo coperto)

(periodo 1880-1960)

Stazioni	Anni di osservazioni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Media annuale
Rimini	6	6,4	6,0	4,6	3,3	3,9	3,1	2,5	2,9	4,2	4,8	5,8	7,0	4,5
Pesaro	67	6,7	6,0	5,5	5,2	4,8	3,9	2,6	2,8	4,0	5,5	6,8	7,8	5,1

Tab. n. 7 — PRECIPITAZIONI E GIORNI PIOVOSI

(periodo 1887-1960)

Stazioni	Alitudine sul l. m.	Anni di osservazione	G m m. gg.	F m m. gg.	M m m. gg.	A m m. gg.	M m m. gg.	G m m. gg.	L m m. gg.	A m m. gg.	S m m. gg.	O m m. gg.	N m m. gg.	D m m. gg.	Anno m m. gg.
Lido di Rimini	2	25	55	54	42	48	50	47	44	43	76	85	79	59	682
			7	7	7	7	7	6	4	4	5	9	9	8	80
Cesenatico	4	36	51	62	55	54	58	53	38	36	84	85	79	68	723
			7	7	7	7	7	5	3	4	6	8	8	9	78
Rimini	7	23	51	67	52	51	59	64	35	42	89	89	73	74	746
			7	7	7	7	7	6	3	3	7	9	8	10	81
Cattolica	10	35	62	67	63	59	69	54	56	49	86	88	96	81	830
			7	7	7	6	7	5	4	4	6	8	8	9	78
Pesaro	13	67	56	57	52	59	61	52	37	41	81	100	83	71	750
			8	8	9	10	9	7	5	5	8	10	10	11	100

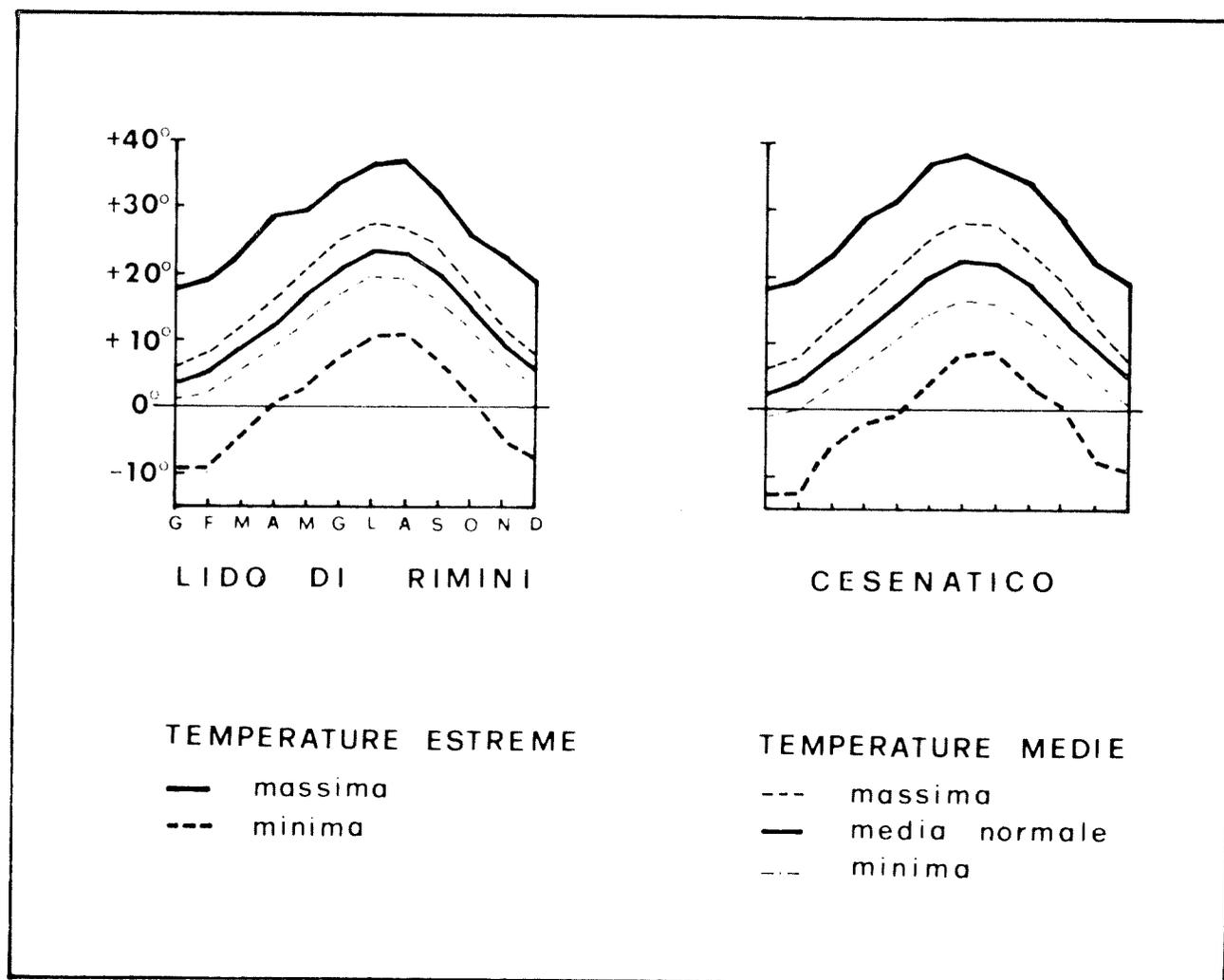


Figura n. 81 — Andamento delle temperature nel litorale in esame.

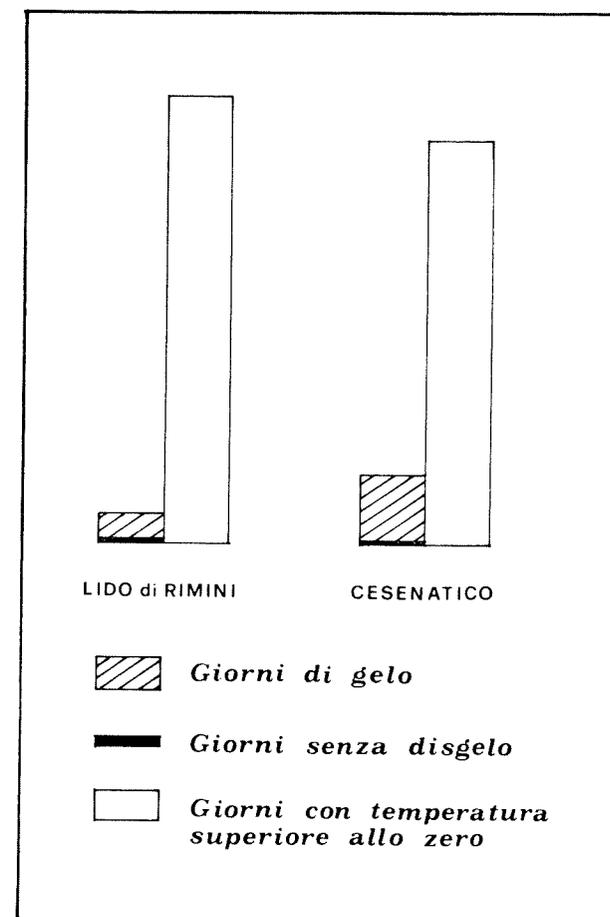


Figura n. 82 — Oscillazioni della temperatura attorno a 0°C nel litorale in esame

Tab. n. 8 — PRECIPITAZIONI MINIME, MASSIME E MEDIE

(periodo 1887-1960)

Stazioni	Anni di osservazione	Massima			Minima			Media	Rapporto fra massima e minima
		Anno	mm.	%	Anno	mm.	%		
Lido di Rimini	25	1943	499	73,17	1937	989	145,01	682	1,98
Cesenatico	36	1938	493	68,19	1928	1.064	147,16	723	2,16
Rimini	23	1935	510	68,36	1926	940	126,01	746	1,84
Cattolica	35	1935	501	60,36	1926	1.645	198,19	830	3,28
Pesaro	67	1894	378	50,40	1937	1.122	149,60	750	2,97

5.3. Il vento al suolo.

Il vento a Rimini presenta nel 98% dei giorni velocità comprese tra 6 e 35 Km/h e velocità superiori solo nel rimanente 2%. Nel-

l'anno predomina nettamente il vento di E (*Levante*) con 34,4 giorni sul totale. Seguono in ordine di importanza: il vento NW (*Maestro*) con 20,6 giorni; il vento WNW (*Ponente-Maestro*) con 18,7 giorni; il vento di NE

(*Greco*) con 17,8 giorni; il vento di W (*Ponente*) con 17,3 giorni; il vento di N (*Tramontana*) con 15,6 giorni. Il vento più frequente con alta velocità è il *Greco*. Secondo le stagioni, a Rimini in primavera, estate e autunno predomina il *Levante*; in inverno il *Maestro*.

Questi dati sono stati desunti dalla tabella n. 9 dove sono raccolti i giorni di vento al suolo, ripartiti in 16 direzioni di provenienza e distinti secondo due gamme di velocità: vento da 6 a 35 Km/h e vento uguale o superiore a 36 Km/h. Questi valori, medie del periodo 1946-1955, sono frutto di medie tra due osservazioni giornaliere condotte rispettivamente alle ore 6 e 15. I giorni di calma sono quelli in cui la velocità del vento è da 0 a 6 Km/h.

Il vento a Porto Corsini presenta per oltre il 98% dei giorni velocità comprese tra 6 e 35 Km/h e neanche per il 2% dei giorni velocità superiori. Nell'anno predomina nettamente il

Tab. n. 9

GIORNI DI VENTO AL SUOLO A RIMINI

(periodo 1946-1955)

Direzione		Primavera		Estate		Autunno		Inverno		Anno	
		Vel. da 6 a 35 Km/h	Vel. ≥ 36 Km/h	Vel. 6 a 35 Km/h	Vel. ≥ 36 Km/h	Vel. da 6 a 35 Km/h	Vel. ≥ 36 Km/h	Vel. da 6 a 35 Km/h	Vel. ≥ 36 Km/h	Vel. da 6 a 35 Km/h	Vel. ≥ 36 Km/h
Tramontana	N	4,2	0,05	3,4	0,1	4,2	—	3,6	0,05	15,4	0,2
T - G	NNE	2,1	0,15	3,4	—	1,8	0,1	1,2	0,15	8,5	0,4
Greco	NE	5,2	0,5	5,0	—	4,4	0,35	2,0	0,35	16,6	1,2
G - L	ENE	3,6	0,05	5,2	0,1	3,1	0,3	1,5	0,25	13,4	0,7
Levante	E	12,4	0,15	13,9	0,2	5,9	0,1	1,7	0,05	33,9	0,5
L - S	ESE	2,1	0,1	2,6	0,05	2,0	0,05	0,6	—	7,3	0,2
Scirocco	SE	1,9	—	1,5	—	1,7	—	0,7	—	5,8	—
S - O	SSE	1,2	—	0,7	—	0,7	—	1,1	—	3,7	—
Ostro	S	3,4	0,05	2,4	—	2,3	—	2,1	0,05	10,2	0,1
O - L	SSW	2,8	0,05	2,5	0,15	2,1	—	1,4	0,2	8,8	0,4
Libeccio	SW	2,6	0,1	2,0	0,2	2,9	—	2,6	0,4	10,1	0,7
L - P	WSW	1,1	—	0,5	—	1,0	—	0,7	0,1	3,3	0,1
Ponente	W	3,2	0,05	3,2	0,1	4,7	—	6,0	0,05	17,1	0,2
P - M	WNW	2,7	0,05	2,5	—	4,9	0,05	8,4	0,1	18,5	0,2
Maestro	NW	2,9	0,05	2,8	—	5,3	—	9,5	0,05	20,5	0,1
M - T	NNW	1,3	—	1,2	—	1,8	—	4,8	—	9,1	—
Totali		52,7	1,35	52,8	0,90	48,8	0,95	47,9	1,80	202,2	5,0
Calme		37,95		38,30		41,25		40,50		158,0	

I dati elaborati nella presente tabella sono stati cortesemente forniti dal Servizio Meteorologico dell' Aeronautica Militare.

Tab. n. 10

GIORNI DI VENTO AL SUOLO A PORTO CORSINI

(periodo 1947-1955)

Direzione		Primavera		Estate		Autunno		Inverno		Anno	
		Vel. da 6 a 35 Km/h	Vel. ≥ 36 Km/h								
Tramontana	N	0,8	0,05	1,6	0,1	1,7	0,15	1,5	—	5,6	0,3
T - G	NNE	1,7	0,1	0,9	—	2,2	0,10	1,5	0,3	6,3	0,5
Greco	NE	4,1	0,15	3,2	—	3,8	0,05	3,1	0,5	14,2	0,7
G - L	ENE	3,9	0,1	3,0	0,05	4,5	0,05	1,1	0,3	12,5	0,5
Levante	E	10,4	0,2	8,9	0,3	5,8	0,1	2,8	—	27,9	0,6
L - S	ESE	5,4	0,2	7,8	0,1	4,1	0,1	0,8	—	18,1	0,4
Scirocco	SE	8,4	0,1	11,7	0,1	4,5	0,1	2,2	—	26,8	0,3
S - O	SSE	4,5	0,1	3,8	—	2,4	—	1,4	0,1	12,1	0,2
Ostro	S	2,6	—	2,0	—	1,8	—	1,1	0,1	7,5	0,1
O - L	SSW	1,0	—	0,7	—	0,4	—	0,5	—	2,6	—
Libeccio	SW	1,8	0,05	2,2	—	1,6	—	1,3	0,05	6,9	0,1
L - P	WSW	3,0	—	4,0	—	2,5	—	3,6	—	13,1	—
Ponente	W	7,2	0,1	9,5	—	9,9	—	13,8	—	40,4	0,1
P - M	WNW	1,9	—	2,7	—	4,8	—	6,1	—	15,5	—
Maestro	NW	1,8	—	1,6	—	4,6	—	5,2	—	13,2	—
M - T	NNW	0,9	—	0,8	—	0,9	—	1,9	—	4,5	—
Totale		59,4	1,15	64,4	0,65	55,5	0,65	47,9	1,35	227,2	3,8
Calme		31,45		26,95		34,85		40,95		134,2	

I dati elaborati nella presente tabella sono stati cortesemente forniti dal Servizio Meteorologico dell' Aeronautica Militare.

Velocità in Km./h	Rimini (1946 - 1955)					Porto Corsini (1947 - 1955)				
	primav.	estate	autunno	inverno	anno	primav.	estate	autunno	inverno	anno
6 <	37,95	38,30	41,25	40,50	158,0	31,45	26,95	34,85	40,95	134,2
6-15	32,45	34,75	32,80	28,70	128,7	44,00	50,40	43,25	38,15	175,8
16-35	20,10	18,05	16,05	19,30	73,5	15,30	14,15	12,20	9,75	51,4
36-54	1,40	0,90	0,90	1,60	4,8	1,05	0,50	0,70	1,35	3,6
> 55	0,10	—	—	0,10	0,2	0,20	—	—	—	0,2
Massima Km/h	55,6	53,7	54,0	55,6	55,6	79,7	51,9	50,0	53,7	79,7

I dati elaborati nella presente tabella sono stati cortesemente forniti dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare.

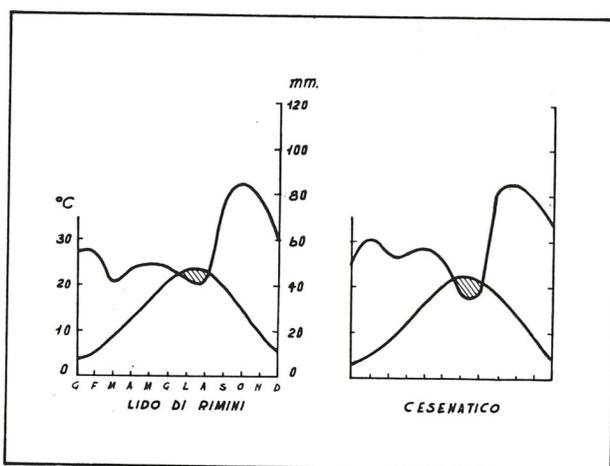


Figura n. 83 — Correlazione tra le precipitazioni in millimetri e la temperatura nel litorale in esame.

vento di W (*Ponente*) con 40,5 giorni all'anno. Seguono in ordine di importanza: il vento di E (*Levante*) con 28,5 giorni; il vento di SE (*Scirocco*) con 27,1 giorni; il vento di ESE (*Levante-Scirocco*) con 18,5 giorni; il vento di WNW (*Ponente-Maestro*) con 15,5 giorni;

il vento di NE (*Greco*) con 14,9 giorni. Il vento più frequente con alta velocità è il *Greco*. Secondo le stagioni a Porto Corsini in primavera predomina il *Levante*, in estate lo *Scirocco*, in autunno ed inverno il *Ponente*. Si veda, in proposito, la tabella n. 10.

Dall'esame della tabella n. 11 risulta che nel litorale romagnolo durante l'anno si hanno in media rispetto al vento :

- *calme* per 158,0 giorni a Rimini e per 134,2 giorni a Porto Corsini;
- *brezze* per 128,7 giorni a Rimini e per 175,8 giorni a Porto Corsini;
- *venti da moderati a tesi* per giorni 73,5 a Rimini e per 51,4 giorni a Porto Corsini;
- *venti da tesi a forti* per 4,8 giorni a Rimini e per 3,6 giorni a Porto Corsini;

— *venti forti o burrasca* per 0,2 giorni a Rimini e a Porto Corsini ⁽⁶⁾.

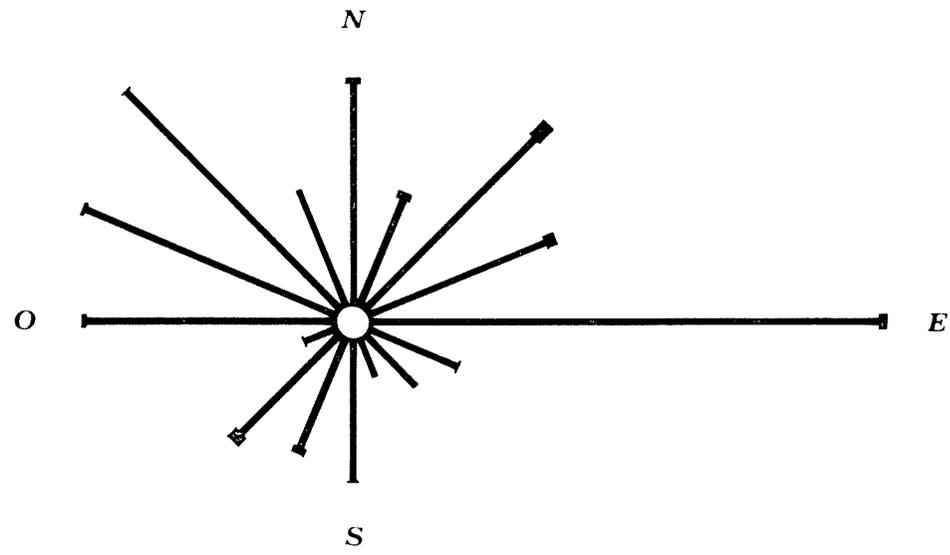
In tale tabella sono infatti raccolte le frequenze in giorni delle varie velocità del vento. Questi dati, indipendenti dalla direzione del vento, sono ancora medie del periodo 1946-1955 e riguardano Rimini e Porto Corsini. I venti sono ripartiti in cinque gamme di velocità e, per ciascuna stazione, è indicata la velocità massima riscontrata.

La velocità massima del vento corrisponde al *vento forte* a Rimini e alla *burrasca forte* a Porto Corsini. Anche sul litorale forlivese possono tuttavia verificarsi in condizioni eccezionali velocità del vento ascrivibili, in base agli effetti prodotti, al 9-10 grado della scala di Beaufort. I venti forti e le burrasche si concentrano nei mesi invernali e primaverili.

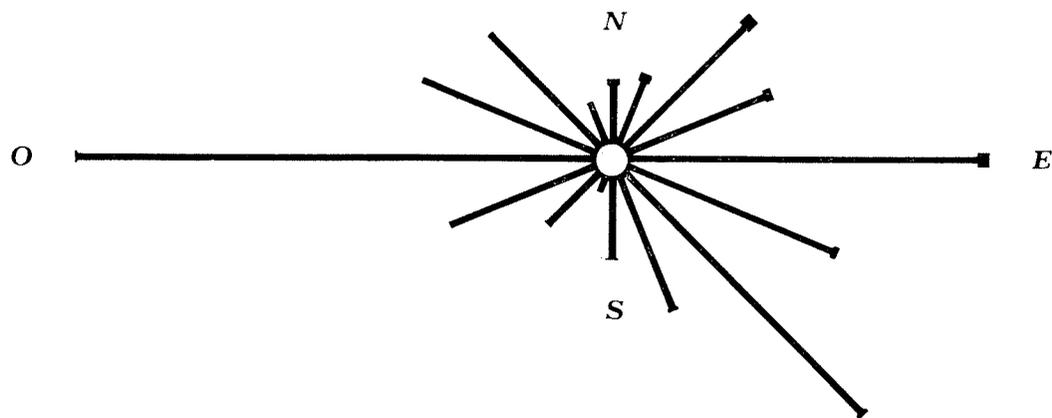
L'andamento dei venti al suolo a Rimini e a Porto Corsini è evidente nella figura n. 84.

⁽⁶⁾ La nomenclatura seguita è quella indicata in F. VERCELLI, *L'aria*, U.T.E.T., Torino 1952, p. 178.

RIMINI



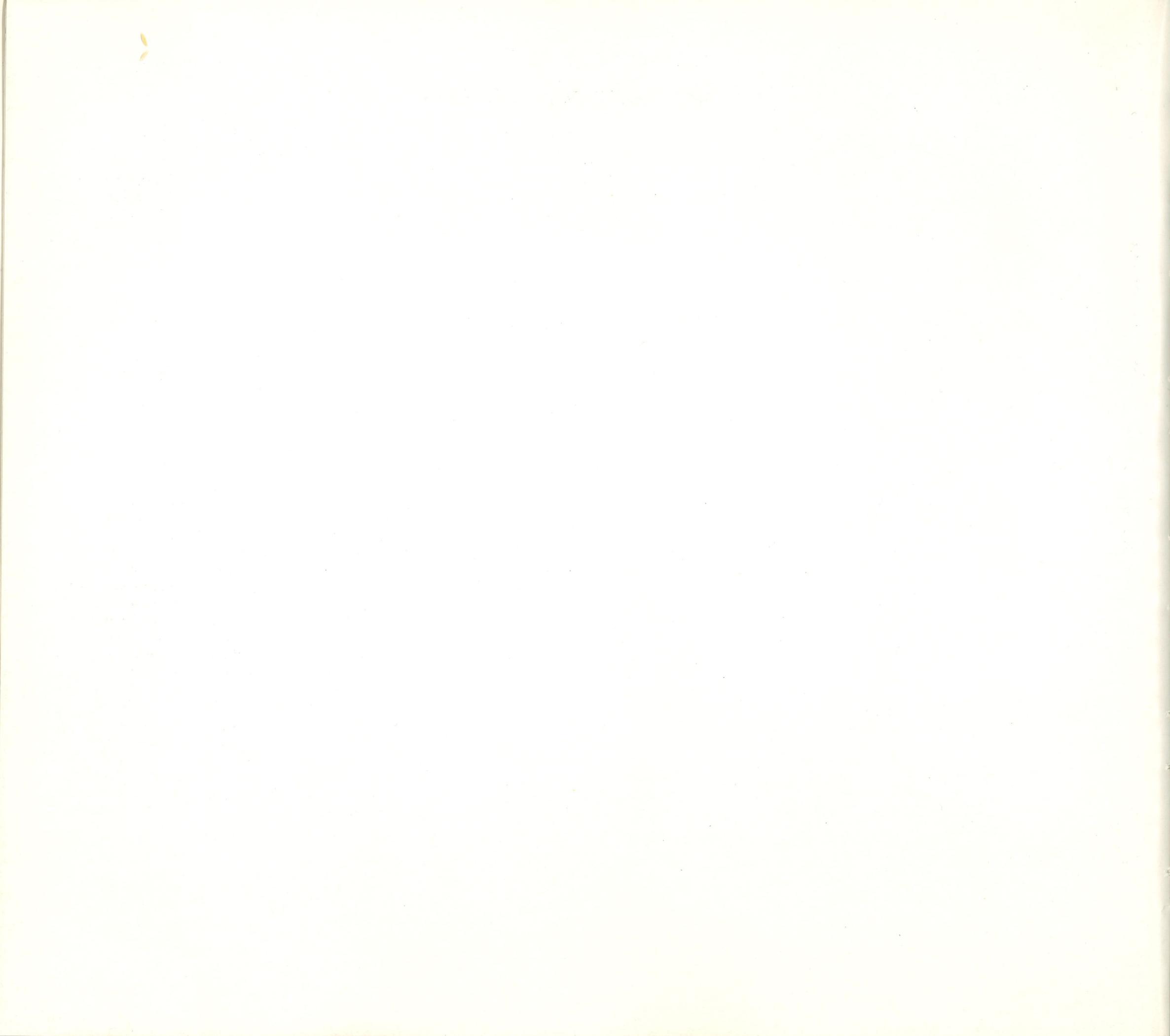
PORTO CORSINI



Venti con velocita' da 6 a 35 km/h —
Venti con velocita' > a 36 km/h —

Figura 84

Media annua dei venti al suolo a Rimini e Porto Corsini



6. - I MOTI DEL MARE

6.1. Variazioni attuali del livello marino.

Le variazioni del livello marino, già illustrate per quanto concerne i tempi preistorici e storici, continuano tuttora.

Infatti negli ultimi anni il livello marino medio è aumentato su tutta la terra. Secondo S. Polli ⁽¹⁾ questo incremento è stato di + 1,1 mm all'anno nel periodo 1871-1940. Tale variazione eustatica del livello marino medio, connessa con lo scioglimento dei ghiacciai e con oscillazioni nella temperatura generale della superficie terrestre e nella estensione delle calotte glaciali, è accompagnata, come abbiamo visto, nel litorale in esame da moti di subsidenza della crosta terrestre.

Altri importanti dati sulla variazione reciproca del livello mare-suolo sono forniti da D. Gottardo ⁽²⁾. Questo autore pone in evidenza che dal confronto tra i livelli mareografici medi annui a Porto Corsini e a Trieste risulta che a Porto Corsini si riscontra « un abbassamento di mm 7,74 per anno che aggiunto al solito aumento di mm 1,43 per anno dà, per il periodo considerato dal 1926 al 1960, un innalzamento del livello medio del mare relativo al suolo di ben mm 9,2 all'anno ». I dati mareografici di Trieste sono stati presi come base in quanto nella zona non sono stati riscontrati moti di subsidenza, ma solo un incremento medio e lineare del livello marino di mm 1,43 per anno, conforme all'innalzamento normale dell'Adriatico, leggermente più elevato di quello medio generale.

Nella figura n. 85 sono evidenti gli incre-

menti del livello marino medio riscontrati a Porto Corsini.

A Porto Corsini la subsidenza si accentua, in modo particolare, dopo il 1950. Infatti, in tale periodo, secondo l'Autore citato, l'abbassamento « risulta in mm 11,35 l'anno per cui, aggiunto al solito aumento normale del mare, l'innalzamento totale del livello marino rispetto al suolo diventa di mm. 12,78 per anno. »

Un fatto analogo si sarebbe verificato a Rimini, dove l'Autore afferma che « il caposaldo dell'ex mareografo di Rimini, riferito alla rete fondamentale dello Stato del 1897 come quello di Ravenna, si trova pressoché alla stessa quota di quello di Porto Corsini e quindi fa pensare ad un uguale abbassamento. Tale fatto è stato confermato dagli ingegneri che hanno progettato le fognature di Rimini, i quali a seguito di livellazioni fatte con partenza da capisaldi posti lontano da Rimini hanno riscontrato un abbassamento del caposaldo del mareografo di cm 35, e di conseguenza hanno variato le quote del progetto e degli impianti di sollevamento. Tale abbassamento, da loro riscontrato con partenza da un caposaldo in ter-

raferma, non tiene naturalmente conto dell'aumento normale del livello marino avvenuto dalla data della rete altimetrica fondamentale, per cui anche col sistema delle livellazioni successive tornano per Rimini i 40 cm d'innalzamento del mare riscontrato per Porto Corsini dal 1897 ad oggi ».

In base ai dati esposti risulterebbe che il mare nel litorale romagnolo si è innalzato di circa 5,5 millimetri all'anno negli ultimi settanta anni. Risulterebbe quindi, dedotto l'innalzamento eustatico del livello marino, che la subsidenza dovuta a cause tettoniche e l'effetto di costipamento dei materiali alluvionali ammontano in media a più di quattro millimetri annui ⁽³⁾.

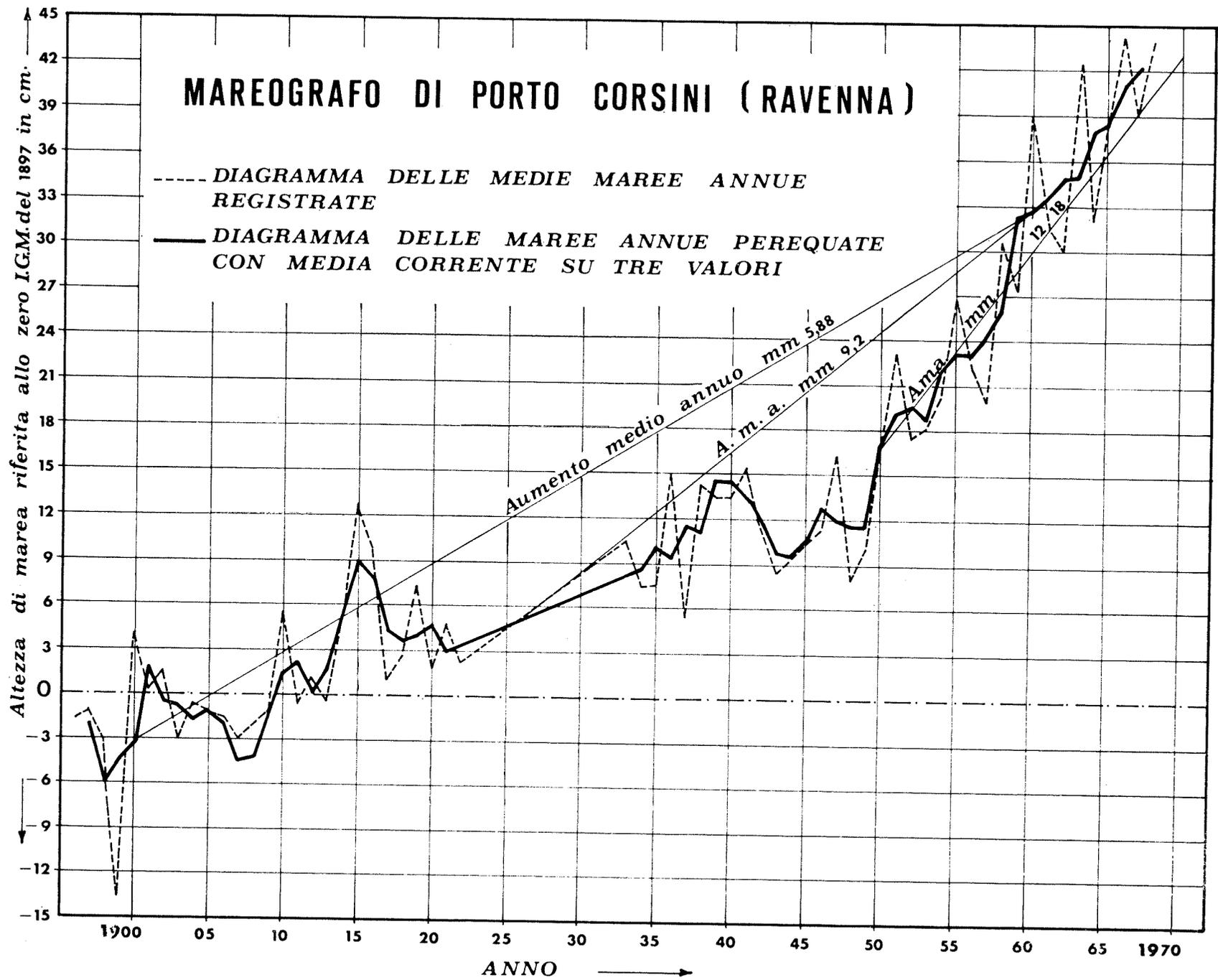
I dati sulle medie annuali del livello marino per quanto concerne Rimini e Porto Corsini sono raccolti nella tabella n. 12. Questi valori riguardano il periodo tra il 1934 e il 1965. Quelli di Porto Corsini presentano una maggiore continuità rispetto a quelli di Rimini.

Anche in quest'ultima zona i valori medi rivelano un incremento nel tempo. Si osservi in proposito la figura n. 86.

(1) S. POLLI, *Il graduale aumento del livello marino determinato per 30 porti del Mare Mediterraneo*, in « Boll. Soc. Adr. Sc. Nat. », Trieste 1947; S. POLLI, *Il progressivo aumento del livello del mare Mediterraneo*, in « Arch. ocean. e limnol. », 1947; S. POLLI, *Gli attuali movimenti verticali delle coste dei continenti*, in « Annali di Geofisica », V. Trieste, 1952; S. POLLI, *L'attuale aumento del livello del mare lungo le coste del Mediterraneo*, in « Geofis. e meteor. », 1954; S. POLLI, *Sull'ampiezza delle maree dell'Adriatico*, in « Atti VIII conv. ann. Assoc. Geofis. Ital. », Roma 1959.

(2) D. GOTTARDO, *Sprofonda di più Venezia o Ravenna?*, in « Bollettino Economico ». Camera di Commercio, I.A.A. di Ravenna, 1970.

(3) Vi è però chi contesta la validità dei dati del mareografo di Porto Corsini, che avrebbe risentito prima dell'assestamento dei moli sui quali era posto in origine, poi del trasferimento e dei cambiamenti nella situazione generale del porto. Si veda in proposito: M. MARINI, *Inattendibilità dei dati del mareografo di Porto Corsini*, in « I movimenti del suolo nel Ravennate. « Atti della tavola rotonda tenutasi il 3 aprile 1971 » Lions Club-Rotary Club, Ravenna 1971, pp. 96-98.



Ridisegnato da D. GOTTARDO, 1970

Figura n. 85

MEDIE ANNUALI DEL LIVELLO MARINO

Anno	Mareografo di Rimini quota: 0= -0,727 m. cm.	Mareografo di Porto C. quota 0= -0,740 m. cm.
1934	—	88,64
1935	—	85,06
1936	—	85,09
1937	103,52	92,52
1938	90,40	83,05
1939	100,02	91,07
1940	100,26	90,90
1941	102,0	109,0
1942	95,02	88,57
1943	—	86,02
1944	—	—
1945	—	—
1946	—	—
1947	102,34	93,83
1948	98,48	85,42
1949	92,55	88,50
1950	98,86	93,90
1951	109,32	103,18
1952	104,5	95,0
1953	105,2	95,7
1954	109,0	97,9
1955	107,4	104,4
1956	103,8	99,6
1957	104,6	97,4
1958	113,6	107,7
1959	114,8	105,2
1960	121,6	116,6
1961	122,1	109,0
1962	113,5	107,4
1963	129,0	119,9
1964	—	109,6
1965	—	116,6

6.2. Le maree.

I dati sulle maree nel litorale romagnolo sono forniti dai due mareografi di Rimini e di Porto Corsini. I dati mareografici limite, registrati da questi strumenti, sono forniti dalla tabella n. 13 ⁽⁴⁾. La massima ampiezza di marea a Ravenna è di metri 1,20. Nel caso di Rimini il valore corrispondente, pari a metri 2,12, ha scarso significato in quanto il dato è influenzato dalla piena eccezionale del fiume Marecchia.

Le medie decennali tra le massime ampiezze di marea mensili ed annue, per il periodo 1951-1960, sono riportate nella tabella n. 14. Queste ampiezze nell'anno non raggiungono il metro a Rimini, lo superano appena a Ravenna. Nei vari mesi questi valori variano da 0,58 a 0,81 metri a Rimini; da 0,80 a 0,95 metri a Ravenna.

Le maree medie secondo Marinelli ⁽⁵⁾ variano nelle nostre spiagge tra 0,40 e 0,50 metri. Borghi ⁽⁶⁾ estende questa gamma fino a

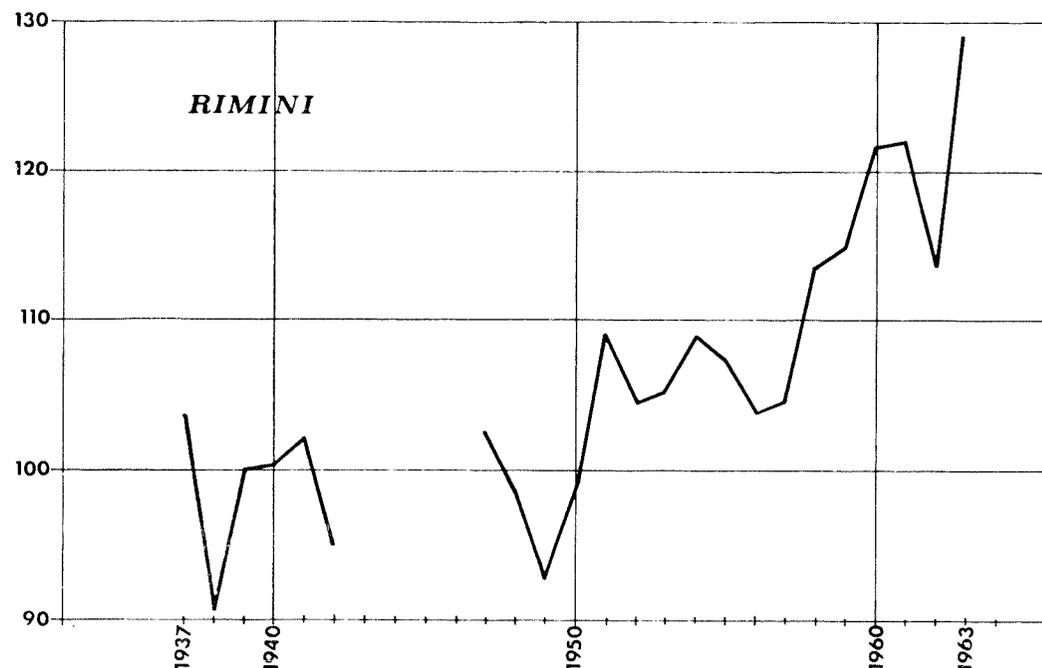


Figura n. 86 Variazioni medie annuali del livello marino a Rimini in centimetri.

metri 0,60 ed avverte che « cause meteorologiche, e cioè le forti e le basse pressioni barometriche e i venti, producono effetti non trascurabili tanto sulle altezze delle maree quanto sulle ore di marea (a Cervia i pescatori assicurano di aver osservato un aumento di 20-30 centimetri a causa del vento) ». Nella figura n. 87 si vedano le altezze sigiziali di marea, secondo Mosetti ^(6bis).

L'ora di porto, cioè il ritardo tra l'ora del passaggio della luna sul meridiano locale e l'ora della marea, è di 11 ore a Rimini e di 10 ore e 24 minuti a Porto Corsini ⁽⁷⁾.

6.3. Le correnti marine.

Secondo lo schema delle correnti superficiali e dei moti di deriva, pubblicato da Morandini ⁽⁸⁾, al largo della costa romagnola si presentano: più a riva dei moti di deriva anticiclonici, diretti da S verso N; più al largo dei moti di deriva ciclonici diretti in senso opposto. I moti di deriva sono generati da venti notevolmente prolungati con velocità superiori a 25-30 Km/h. « Il sistema generale delle correnti in Adriatico subisce l'influsso delle acque del Po: nell'area antistante alle foci, i movimenti appaiono complessi e variabili, solo a S dell'apparato deltizio la corrente riprende regolarmente con la velocità media costante di circa un nodo » ⁽⁹⁾.

Nello schema pubblicato da L. De Marchi nel 1920 era precisato molto nettamente un circuito della corrente al largo della costa romagnola con il tratto prossimo alla costa diretto verso sud. Tra questa corrente e il litorale veniva indicata un'altra corrente, diretta in senso opposto.

Anche il Portolano ⁽¹⁰⁾ nella carta dimostrativa delle correnti rivela un andamento complesso delle correnti nel mare antistante

⁽⁴⁾ In questo paragrafo e nelle tabelle relative è raccolto ed elaborato quanto pubblicato negli « Annali Idrologici » dalla Sezione di Bologna del Servizio Idrografico.

⁽⁵⁾ O. MARINELLI, *La marea nei mari italiani*, in « Le vie d'Italia », T.C.I., Milano, 1925, p. 515.

⁽⁶⁾ BORCHI, *Le spiagge romagnole*, cit., pp. 88-89.

^(6bis) F. MOSETTI, *Le maree dell'Adriatico*, Ist. Sperim. Talass., Trieste 1958.

⁽⁷⁾ *Portolano del Mediterraneo*, vol. 1c, 1957, pp. 119 e 127.

⁽⁸⁾ G. MORANDINI, *I mari, le coste, le isole*, in « L'Italia fisica », T. C. I., Milano 1957, p. 145.

⁽⁹⁾ *Ibid.*, p. 147.

⁽¹⁰⁾ *Portolano del Mediterraneo: Mare Adriatico*, 1957, p. 7.

al litorale romagnolo. Di fronte alla costa forlivese indica tuttavia una corrente più vicina alla spiaggia diretta verso nord e una più al largo diretta a sud.

Per quanto concerne l'importanza per le spiagge forlivesi della corrente litoranea Buli ⁽¹¹⁾ afferma che questa esplica la sua massima azione a circa tre miglia dalla costa, con una velocità non superiore a 0,05-0,06 m/sec., e perde energia avvicinandosi alla riva.

Importanti, ai fini della conservazione e della distruzione delle spiagge, sono invece, come sarà detto in seguito, le correnti prodotte dal moto ondoso.

6.4. Il moto ondoso.

Per inquadrare il moto ondoso che interessa il litorale forlivese è opportuno ricordare che « a differenza degli oceani, il moto ondoso del Mediterraneo non presenta valori molto cospicui, salvo in casi eccezionali. I valori massimi, raramente superati anche in casi di tempesta, sono 6 ÷ 7 m. di altezza, 100 ÷ 150 m. di lunghezza con periodo da 9" a 10", valori che sono generalmente superiori a quelli medi degli oceani, ma restano inferiori a quelli delle tempeste oceaniche » ⁽¹²⁾ e che « nei piccoli mari interni il limite è ancora più basso » ⁽¹³⁾.

Per stabilire dei valori anche solo teorici sul moto ondoso riguardante il litorale forlivese sono stati applicati i metodi messi a punto per primi da Harald Sverdrup e Walter Munk ed esposti nella monografia del prof. Tenani ⁽¹⁴⁾.

Le dimensioni delle onde dipendono: dalla velocità del vento; dalla durata del vento; dalla lunghezza del tratto di mare su cui spira il vento (*fetch*) ⁽¹⁵⁾.

Le gamme orientate dei venti sono ripartite secondo le due classi: venti da 6 a 35 Km/h e venti superiori a 35 Km/h. A Rimini la massima velocità del vento è circa 56 Km/h. Al di sotto di 6 Km/h le giornate sono considerate calme e tale può essere ritenuto il mare, che presenta al massimo qualche leggera increspatura, se non vi sono *onde morte*.

Supposto un *fetch* medio della lunghezza di 120 Km e un vento di 35 Km/h con una durata di dieci ore, si passa da un mare calmo ad uno in cui si possono sviluppare onde in mare

Tab. n. 13 — DATI MAREOGRAFICI LIMITE

D a t i	R i m i n i		Porto Corsini	
	metri	anno	metri	anno
Livello del mare :				
massimo	2,700	1937	2,020	1958
minimo	0,040	1940	0.010	1940
Massima ampiezza di marea :				
dall'alta alla bassa	2,120	1937	1,200	1951 e 1958
dalla bassa all'alta	2,100	1937	1,200	1958
Massima escursione diurna	2,500	1937	1,810	1940 e 1958
Zero idrometrico	metri — 0,727		metri — 0,740	
Anni di osservazione	1937-43 e 1947-63		1934-43 e 1946-64	

(*) Il livello massimo del mare registrato a Rimini è stato influenzato da una notevole piena del fiume Marecchia.

Tabella n. 14

MEDIA TRA LE MASSIME AMPIEZZE DI MAREA MENSILI ED ANNUE IN CENTIMETRI (periodo 1951 - 60)

Mareografo	Genn.	Febbr.	Marzo	Aprile	Magg.	Giug.	Luglio	Agosto	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.	Anno
Rimini	81	79	74	71	76	75	75	70	58	67	79	79	97
Porto Corsini	93	88	83	86	95	91	91	87	80	85	92	94	107

Rimini (Forlì), riva destra porto canale in prossimità del faro.
Zero idrometrico m. — 0,727 s.l.m.

Porto Corsini (Ravenna), molo guardiano destro del porto canale.
Zero idrometrico m. — 0,740 s.l.m.

profondo lunghe 27,3 metri; alte 2,0 metri; con un periodo di 4,2 secondi.

Con lo stesso *fetch* e con un vento di 56 Km/h, ma con una durata di sole 5 ore, si potrebbero sviluppare onde in mare profondo lunghe 32,0 metri; alte 3,1 metri; con un periodo di 4,5 secondi.

A Porto Corsini il vento massimo è di 80 Km/h, con lo stesso *fetch* medio di 120 Km. ed ancora con la durata di 5 ore del vento, si possono sviluppare onde in mare profondo lunghe 45,4 metri; alte 4,5 metri; con un periodo di 5,4 secondi.

Il vento con velocità da 6 a 15 Km/h, se-

condo quanto indicato nella tabella n. 11, spira a Rimini il 64% e a Porto Corsini il 72% dei giorni appartenenti alla classe dei venti tra 6 e 35 Km/h. Il vento di 15 Km/h può giungere a sollevare onde di 0,40-0,50 metri.

Da quanto esposto risulta che nel litorale romagnolo le onde sono, nella generalità dei casi, corte, cioè inferiori ai 100 metri, e possono assumere un'altezza massima, in mare profondo, che può anche superare i 3 o 4 metri. Questi valori massimi sono tuttavia eccezionali. In genere il moto ondoso appartiene alla gamma delle onde tra pochi centimetri e 2 metri di altezza in mare profondo; con net-

(11) U. BULI, *Studio sulle variazioni della linea di spiaggia del litorale riminese*, in «Giornale di Geologia», II (1936)

(12) MORANDINI, *I Mari*, cit., p. 142.

(13) F. VERCELLI, *Il mare, i laghi, i ghiacciai*, U.T.E.T., Torino 1951, p. 264.

(14) H. SVERDRUP e W. MUNK, *Wind, Sea and Swell. Theory of Relation for Forecasting*. Hydrographic Office U.S.A., 1947; M. TENANI, *Nozioni teoriche fondamentali sulla formazione e trasformazione delle onde. Nuovi metodi grafici di calcolo e di previsione*, Istituto Idrografico della Marina, Genova 1952.

(15) Circa i venti si possiedono solo i dati riguardanti Rimini e Porto Corsini già esposti. Circa le lunghezze dei *fetch* nelle varie direzioni della rosa dei venti, possono essere indicati, a titolo di esempio, quelli che costituiscono il settore di traversia riminese, la cui lunghezza media approssimativa è la seguente: 70 Km. verso NNW; 160 Km. verso N; 165 Km. verso NNE; 125 Km. verso NE; 135 Km. verso ENE; 180 Km. verso E; 350 Km. verso ESE.

Tabella n. 15

STATO DEL MARE (*) (PERCENTUALE DI NOVE ANNI DI OSSERVAZIONI)

PORTO CORSINI (RAVENNA)

Mese	1° QUADRANTE				2° QUADRANTE				3° QUADRANTE				4° QUADRANTE				Calma
	1-2	3-5	6-8	9-10	1-2	3-5	6-8	9-10	1-2	3-5	6-8	9-10	1-2	3-5	6-8	9-10	
Gennaio	2,2	6,8	0,4	—	1,5	3,3	0,4	—	10,4	2,2	—	—	44,0	11,5	0,4	—	16,9
Febbraio	8,3	8,3	1,2	—	12,9	4,0	0,3	—	16,1	5,5	—	—	26,3	6,3	—	—	10,8
Marzo	11,1	9,8	—	—	23,3	10,6	—	—	11,9	3,3	—	—	17,1	5,7	0,3	—	6,9
Aprile	5,9	5,0	—	—	29,8	6,4	0,6	—	21,4	3,7	—	—	15,9	2,5	—	—	8,8
Maggio	9,5	1,9	—	—	33,6	18,7	—	—	13,3	2,2	—	—	17,1	1,1	—	—	2,6
Giugno	7,0	3,4	—	—	35,9	12,8	—	—	18,1	3,1	—	—	15,9	1,7	—	—	2,1
Luglio	17,0	5,2	—	—	42,0	9,0	—	—	12,5	1,1	—	—	12,9	0,3	—	—	—
Agosto	9,8	4,5	—	—	39,2	6,5	—	—	15,2	2,5	—	—	19,8	1,4	—	—	1,1
Settembre	9,5	3,7	—	—	36,4	8,1	—	—	15,9	3,4	—	—	18,9	2,3	—	—	1,8
Ottobre	12,2	7,1	0,9	—	13,8	9,2	—	—	18,7	7,1	—	—	21,7	7,3	0,6	—	1,4
Novembre	5,9	5,0	—	—	3,4	7,0	—	—	9,8	4,5	—	—	40,3	9,2	—	—	14,9
Dicembre	1,7	4,2	—	—	3,0	4,5	—	—	11,1	3,3	—	—	50,9	9,2	—	—	12,1
Anno	8,3	5,4	0,2	—	22,9	8,3	0,1	—	14,5	3,6	—	—	25,1	4,9	0,1	—	6,6

MONTE CAPPUCCINI (ANCONA)

Mese	1° QUADRANTE				2° QUADRANTE				3° QUADRANTE				4° QUADRANTE				Calma
	1-2	3-5	6-8	9-10	1-2	3-5	6-8	9-10	1-2	3-5	6-8	9-10	1-2	3-5	6-8	9-10	
Gennaio	3,1	7,2	1,2	—	6,1	5,9	0,3	—	15,7	4,2	—	—	19,3	32,2	0,2	—	4,6
Febbraio	4,0	7,8	0,6	—	11,5	3,5	—	—	14,5	5,6	—	—	26,0	19,8	0,6	—	6,1
Marzo	6,0	11,2	0,5	—	16,4	7,0	0,1	—	15,9	3,1	—	—	18,3	15,9	—	—	5,6
Aprile	8,0	7,5	0,7	—	26,5	9,2	—	—	14,4	5,2	—	—	14,2	7,1	—	—	7,2
Maggio	8,0	3,8	—	—	24,0	8,0	0,1	—	14,4	4,5	—	—	22,0	10,6	—	—	4,6
Giugno	8,6	5,2	0,6	—	23,8	6,3	—	—	14,8	3,8	—	—	20,5	10,6	—	—	5,8
Luglio	10,5	5,3	—	—	23,3	5,2	—	—	13,6	1,9	—	—	20,9	11,1	—	—	8,2
Agosto	10,8	5,7	—	—	20,4	6,0	—	—	11,7	3,8	—	—	21,5	11,2	—	—	8,9
Settembre	10,3	6,8	—	—	20,6	7,5	—	—	13,1	3,8	—	—	19,9	11,2	0,2	—	6,6
Ottobre	6,3	4,8	0,6	—	15,5	8,8	—	—	16,6	6,0	—	—	20,0	15,5	0,7	—	5,2
Novembre	5,4	8,1	2,0	—	7,8	5,9	0,7	—	16,3	6,8	—	—	18,8	20,5	0,8	—	6,9
Dicembre	2,5	6,5	3,4	—	3,6	4,8	0,6	—	15,0	5,1	—	—	20,7	28,5	1,0	—	8,0
Anno	7,0	6,7	0,6	—	16,6	6,5	0,2	—	14,7	4,5	—	—	20,2	16,2	0,3	—	6,5

(*) I dati di base sono stati gentilmente forniti dall' Istituto Idrografico della Marina.

tissima prevalenza nella durata di quelle uguali o inferiori al metro.

I valori esposti rientrano nel quadro, offerto dalla tabella n. 15, degli stati del mare, secondo i dati forniti dal Servizio Idrografico della Marina (^{15bis}). Infatti lo stato del mare 6-8, gamma massima di valori indicata, è raggiunto a Porto Corsini nel primo, nel secondo e nel quarto quadrante, solo nello 0,4% dei casi.

Quando le onde si approssimano alla riva avanzano su fondali sempre meno profondi e si deformano sempre di più fino a crollare in avanti, dando luogo ai frangenti. Dopo un frangente l'onda può ricostruirsi, ma con minore energia, e può frangere altre volte prima di spegnersi sulla costa. Nel litorale in esame la fascia interessata dai frangenti varia tra 900 e 1.200 metri dalla riva. All'interno di tale fascia si trovano gli scanni sottomarini, banchi di sabbia sub-paralleli alla costa, che tendono a comportarsi come filtri, costringendo tutte le onde al di sopra di una certa misura a frangersi lungo una stessa linea. Da noi, secondo calcoli teorici, i frangenti si possono formare in fondali di 5,5-4,5 metri di profondità in condizioni eccezionali; in fondali 2,6 metri in situazioni più frequenti; in fondali inferiori a 1,3 metri normalmente.

Gli effetti erosivi delle mareggiate sulla spiaggia sono frequentemente assai vistosi. Basta citare, in proposito, i danni subiti dalla strada provinciale n. 45 *Litoranea* in seguito alle mareggiate eccezionali verificatesi nel mese di giugno del 1964 e nel novembre degli anni 1966 e 1968. I dati in merito sono stati gentilmente forniti dall'Amministrazione Provinciale di Forlì.

Nel giugno del 1964, infatti, il mare ha asportato parte della sede stradale a Viserba all'altezza della « Sacramora », distruggendo circa cinquanta metri dello scivolo di protezione in lastre di calcestruzzo. Contemporaneamente a Torre Pedrera, in corrispondenza della testata verso nord delle scogliere allora esistenti, è stato eroso completamente l'arenile ed è stata asportata oltre metà della sede stradale per una lunghezza di circa duecento metri. A Misano Mare, infine, il mare, pur non arrecando danni alla strada, l'ha superata in alcuni tratti ed ha determinato una forte erosione negli arenili a Misano Mare e a Cattolica. L'Amministrazione Provinciale di Forlì ha provveduto

direttamente alle opere di ripristino, ricostruendo lo scivolo a Viserba e costruendo un muro di calcestruzzo lungo circa duecentocinquanta metri a Torre Pedrera.

La mareggiata del novembre del 1966 ha sconvolto un tratto di circa duecentocinquanta metri alla strada provinciale, dal termine del

muro costruito a Torre Pedrera fino al confine col territorio del Comune di Bellaria e Igea Marina, dopo aver demolito l'arenile e le protezioni, costituite da accumuli di massi rocciosi, poste in opera nella primavera precedente tra la testata del muro e la clinica « Sol et Salus ». A Viserbella, inoltre, il mare ha demolito com-

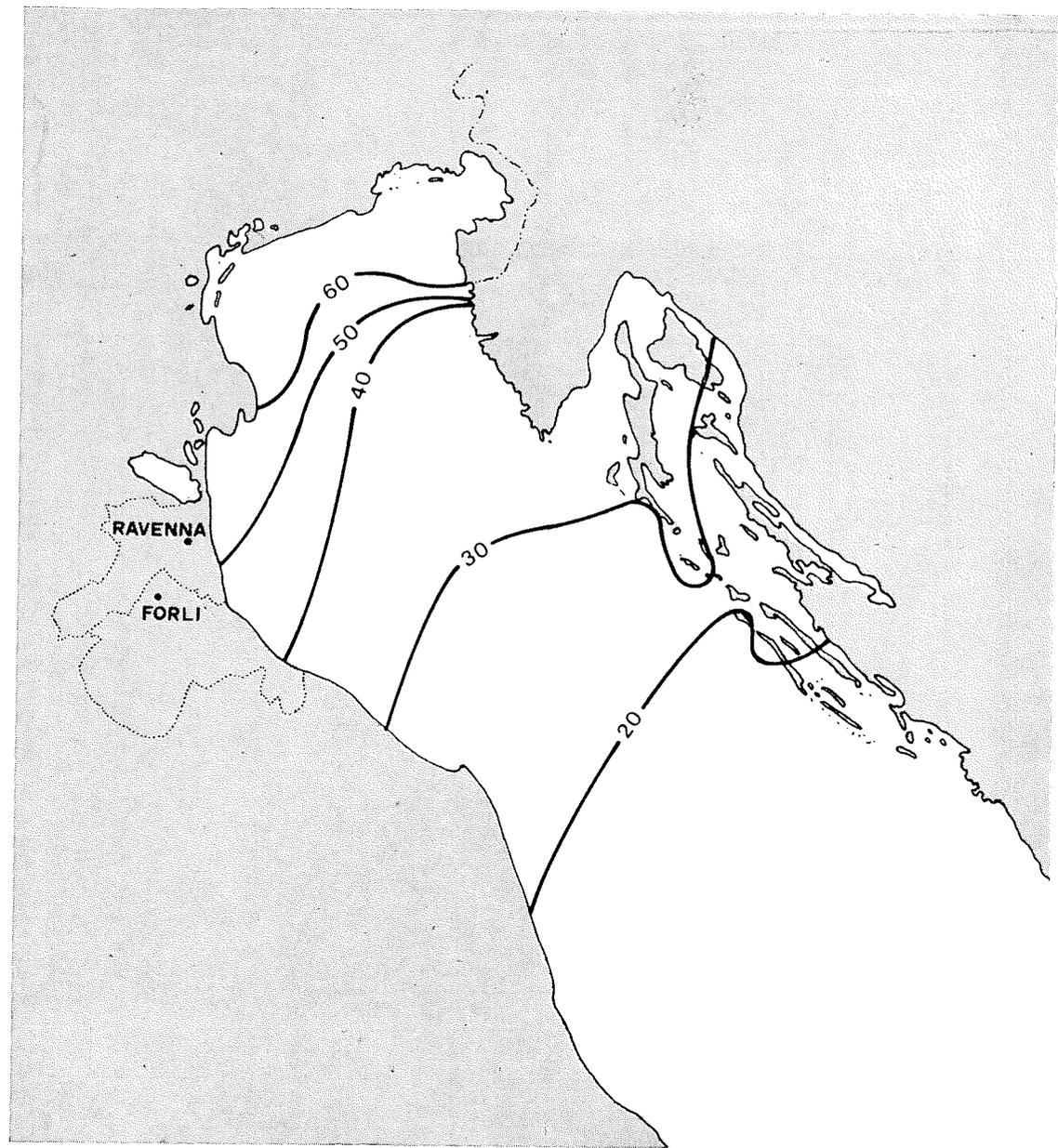


Figura n. 87 — Altezze sigiziali di marea - Valori osservati in cm. (da Mosetti)

(^{15bis}) Lo stato del mare viene così descritto: 0 = mare calmo e liscio; da 1 a 10 = mare con moto ondoso crescente. Le altezze delle onde in metri sono le seguenti: 1) 0,05-0,25; 2) 0,25-0,50; 3) 0,50-1,00; 4) 1,00-2,00; 5) 2,00-3,00; 6) 3,00-4,50; 7) e 8) 4,50-7,00; 9) 7-10; 10) oltre 10. Da F. MOSETTI, *Oceanografia*, Del Bianco, Udine 1964, p. 236.

pletamente un tratto di scivolo in lastre di calcstruzzo, lungo circa centocinquanta metri, in corrispondenza di un varco presente nella successione delle scogliere frangiflutti. Successivamente l'Amministrazione Provinciale di Forlì provvede a prolungare il muro a Torre Pedrera e a ricostruire il tratto di scivolo distrutto a Viserbella.

Le forti mareggiate, infine, del novembre 1968 hanno parzialmente distrutto il tratto di sede stradale compreso tra la fine del muro di difesa e il cavalcavia della colonia Fiat nel territorio di Igea Marina. Nella figura n. 117 si può osservare chiaramente lo sviluppo di questo fenomeno, nel quadro complessivo delle opere di difesa fino ad allora realizzate in questo tratto del litorale. Successivamente è stata costruita l'intera serie di scogliere fino alla foce dell'Uso, come è evidente nella figura n. 113.

6.5 Maremoti

La costa in esame viene inserita da Mario Baratta tra quelle soggette a maremoto. Egli afferma infatti che a Rimini « in occasione del terremoto del 1672 (centro a mare) le onde retrocessero e quindi spumeggiando invasero la spiaggia per venti passi circa; lo stesso avvenne in occasione del massimo sismico del 1875, che colpì Rimini e Cervia e Senigallia ⁽¹⁶⁾ ».

6.6. Moti dei materiali lungo la spiaggia

La spiaggia è costituita da elementi in continuo movimento parallelamente e normalmente alla costa. « I materiali sciolti, che ne costituiscono le zone emerse e quelle sommerse, sono cioè essenzialmente mobili e di fatto continuamente si spostano, anche se l'osservazione umana difficilmente può rendersene conto. Ciò vale per tutti i materiali che entrano nella zona di azione del moto ondoso, qualunque ne sia la natura, le dimensioni e la provenienza, e quindi anche per quei materiali che vengono forniti o artificialmente sistemati nella zona stessa... ». « La base fondamentale del meccanismo naturale della formazione e della conservazione delle spiagge è costituita infatti dai sopra accennati continui spostamenti che si realizzano nel senso che: per una spiaggia in equi-

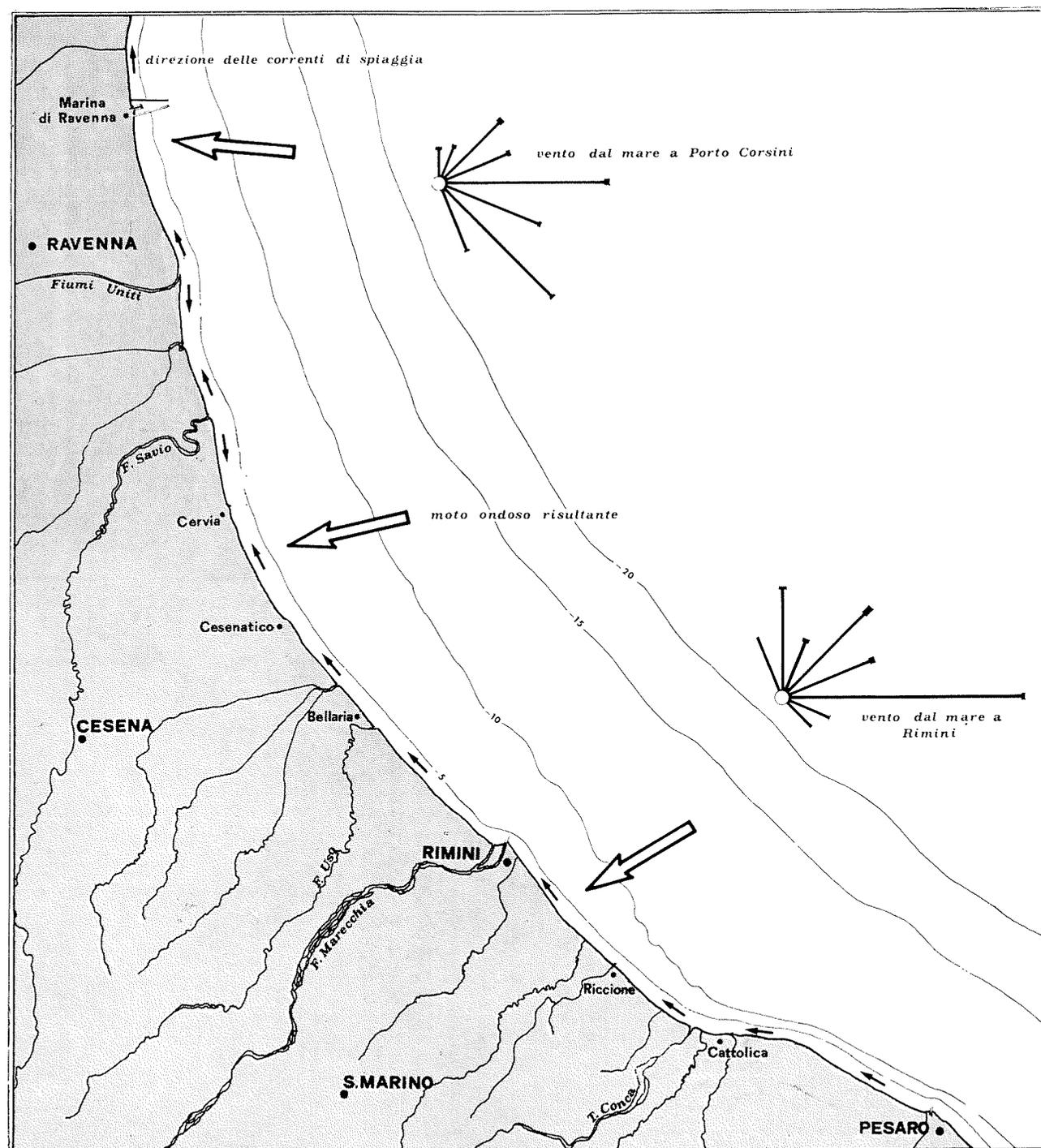


Figura n. 88 — Direzione delle correnti di spiaggia nel litorale forlivese.

librio i materiali che si allontanano vengono immediatamente rimpiazzati con altri materiali analoghi che li sostituiscono » ⁽¹⁷⁾.

L'azione del moto ondoso provoca il sollevamento dal fondo, per effetto dei moti turbolenti, di ciascun granello di sabbia, che ten-

⁽¹⁶⁾ BARATTA, *I terremoti*, cit., p. 30.

⁽¹⁷⁾ E. GALLARETO, *La difesa delle spiagge e delle coste basse*, Hoepli, Milano 1960, pp. 124-125.

de a ricadere molto lentamente e che, mentre è in sospensione, può venire spostato anche da deboli correnti.

Dalla fascia dei frangenti alla riva l'azione delle masse d'acqua in movimento provoca: in senso normale alla costa la continua ridistribuzione di materiali tra la spiaggia emersa e gli scanni sottomarini; in senso parallelo alla costa il movimento della sabbia lungo la spiaggia. Quando la profondità dei fondali supera mezza lunghezza d'onda questa azione di trasporto diviene assolutamente trascurabile⁽¹⁸⁾.

Lungo il litorale in esame la fascia interessata dai frangenti, zona in cui si sviluppa il sistema di correnti di spiaggia, dipendenti dal moto ondoso e determinanti nel trasporto litoraneo delle sabbie, varia da 900 a 1.200 metri dalla spiaggia. All'interno di tale fascia si trovano gli scanni sottomarini, che «tendono a comportarsi come filtri, costringendo tutte le onde al di sopra di una certa misura a frangersi nello stesso punto, (anziché su un tratto abbastanza esteso, come avverrebbe nel caso di un fondale a pendenza uniforme). Inoltre, dato che gli scanni sorgono bruscamente dal fondo e presentano verso il largo un pendio ripido, danno luogo generalmente a frangenti del tipo a caduta, che liberano improvvisamente l'energia di cui sono dotati»⁽¹⁹⁾. Quando l'onda frange, formando un angolo con la riva, l'acqua riceve un impulso, di cui una componente è normale e una parallela alla linea di spiaggia. Quest'ultima componente dà luogo alla

corrente di spiaggia (*longshore current*), che sposta la sabbia lungo la spiaggia. Limitatamente alla zona di espansione del frangente sulla spiaggia emersa si ha il trasporto «*a denti di sega*» della sabbia lungo la riva, secondo le direzioni prevalenti del moto ondoso incidente⁽²⁰⁾.

Nella figura n. 88 è evidente la risultante del moto ondoso nel litorale romagnolo e il moto dei materiali derivato. Si può osservare che questo movimento, ad eccezione che in prossimità della foce del fiume Savio, si verifica normalmente da sud verso nord.

Per questo le opere perpendicolari alla costa provocano protendimenti della riva a sud ed erosioni a nord, a causa delle interruzioni provocate nel «nastro trasportatore litoraneo» azionato dal moto ondoso e dalle *longshore currents*. Talvolta il ritiro della spiaggia

a nord è stato mitigato dall'azione delle scogliere frangiflutto appositamente costruite. Tale protendimento è molto più evidente nelle opere maggiori che nelle minori. Il fenomeno non si è sviluppato, quale si presenta attualmente, in una sola fase, perché i moli sono stati ripetutamente prolungati nel tempo, ogni qualvolta i fondali si riducevano e la sabbia tendeva ad aggirare l'opera⁽²¹⁾.

Un effetto analogo provocano le opere di difesa che producono eccessivi ripascimenti. Le file di scogliere, ad esempio, arrestano subito i materiali verso sud-est, mentre determinano erosioni verso nord-ovest.

Una ulteriore testimonianza del moto dei materiali dal sud verso nord lungo la spiaggia sarebbe l'arresto dei granuli di sabbia più grossolani a sud dei moli, secondo quanto osservato da Angeli⁽²²⁾.

⁽¹⁸⁾ F. OTTMANN, *Introduction à la Géologie Marine et Littorale*, Masson, Paris 1965, p. 35.

⁽¹⁹⁾ W. BASCOM, *Onde e spiagge. Dinamica della superficie marina*, Zanichelli, Bologna 1965, p. 155. Nella fascia tra i frangenti più esterni, gli scanni e la riva, secondo l'Autore, pare sia in atto il seguente meccanismo di trasporto: quando le onde sono piccole la sabbia viene sollevata e trascinata verso la riva e nel ritorno, per l'attrito sul fondo, non riesce a seguire l'acqua e tende a depositarsi presso la costa; quando le onde sono grosse e frequenti l'acqua mantiene in sospensione la sabbia con i propri moti turbolenti, ne abbandona una parte sul tratto più alto della spiaggia, ma la asporta dal tratto su cui scorre nel ritorno, la porta al largo verso la zona dei frangenti, dalla quale si originano le correnti dirette verso la riva, e qui depono il proprio carico, dando sviluppo allo scanno. Questi due meccanismi operanti a seconda del moto ondoso portano ad una caratterizzazione estiva ed invernale della spiaggia.

⁽²⁰⁾ GALLARETO, *La difesa*, cit. p. 72.

⁽²¹⁾ In piccolo, sulla sottile spiaggia ghiaiosa della Vallugola (Pesaro) è stato possibile osservare l'effetto di un moletto di 20-25 metri. Nel giro di due anni si è avuto il protendimento della spiaggia a sud e una erosione a nord, che è giunta a minacciare un fabbricato colonico costruito sulle alluvioni di un piccolo fosso. Poi la ghiaia è giunta a superare il moletto ed ha ridepositato materiali, allontanando così nuovamente il mare dal fabbricato.

⁽²²⁾ ANGELI, *Notizie sulla granulometria*, cit.

7. - IL TRASPORTO SOLIDO FLUVIALE

7.1. I corsi d'acqua

I principali corsi d'acqua, che si gettano nel mare lungo il litorale considerato e il cui trasporto solido può essere importante come fonte di sedimenti per la spiaggia, sono: il Savio, il Pisciatello, il Rubicone, l'Uso, il Marecchia, l'Ausa, il Marano, il Melo, l'Agina, il Conca, il Ventena, il Tavollo e il Foglia. (figura n. 89). Vediamo ora alcune caratteristiche dei bacini imbriferi di questi corsi d'acqua. L'andamento dei principali spartiacque è evidente nella figura n. 90.

Fiume Savio — Nasce dal M. Castelvechio (m 1.254). Il suo bacino è di 888 km². A monte di S. Piero in Bagno questo bacino è interessato dalle alternanze di arenarie e marne stratificate della formazione marnoso-arenacea (Elveziano-Tortoniano) e dalle marne di Verghereto (Tortoniano); in via subordinata sono presenti il complesso caotico prevalentemente argilloso delle « argille scagliose » con esotici arenacei tipo macigno del Paleogene. Tra S. Piero in Bagno e Mercato Saraceno predomina la formazione marnoso-arenacea; solo sul versante destro del fiume si presentano le « argille scagliose » con vari esotici, nel tratto tra Sarsina e Strigara. A valle di Mercato Saraceno prevalgono rocce marnoso-argillose con limitate intercalazioni gessifere fino a Borello, rocce arenacee messiniane fino a Cesena. Il fiume, successivamente, scorre nelle alluvioni della pianura. Una ristretta fascia di alluvioni terrazzate accompagna il letto fluviale dalla zona montana fino a Cesena. Le portate del Savio, rilevate dalla stazione di S. Vittore alla chiusura dei bacini montani, sono raccolte

te nella tabella n. 16. Le portate solide in sospensione, misurate nella stessa stazione, sono evidenti nella tabella n. 17 ⁽¹⁾.

Torrente Pisciatello — Questo corso d'acqua trae origine dai colli di Strigara (m 509) e affluisce nel Rubicone a circa due chilometri dal mare. Il suo bacino imbrifero di circa 130 km² riguarda rocce arenacee del Messiniano in collina e alluvioni quaternarie in pianura.

Fiume Rubicone — Nasce nella zona collinare tra Sogliano e Strigara. Con un bacino di 77 km² attraversa dapprima un limitato affioramento di « argille scagliose » e di rocce arenacee messiniane, attraversa poi una fascia di marne-argillose e di arenarie del Messiniano e del Pliocene, scorre infine, per circa metà del suo corso, nelle alluvioni della pianura.

Fiume Uso — Nasce nei monti di Perticara (m 883). Il suo bacino imbrifero è di circa 142 km². Fino a S. Giovanni in Galilea scorre in un limitato affioramento di « argille scagliose » con esotici calcarei, arenacei, conglomeratici, argillosi e talvolta gessiferi del Miocene. Nel medio corso solca, in prevalenza, rocce argillose plioceniche. Il basso corso attraversa le alluvioni quaternarie della pianura.

Fiume Marecchia — Nasce nell'Alpe della Luna (m 1.454). Possiede un bacino di 574 km², nella cui parte più alta affiorano la formazione marnoso-arenacea e le « argille scagliose » con i relativi esotici di calcare « alberese » eocenici, di calcare e arenaria del M. Fu-

maiolo miocenici ecc.. Nella parte media del bacino, tra Pennabilli e Verucchio, si presentano quasi esclusivamente le « argille scagliose » con lembi di formazioni calcaree, arenacee, conglomeratiche e argillose di età variabile dall'Eocene al Miocene; solo in una ristretta fascia dello spartiacque col fiume Savio dominano terreni argillosi e marnosi con intercalazioni gessose messiniane. Nella parte bassa del bacino affiorano le argille plioceniche e i depositi sabbiosi terminali, poi le alluvioni quaternarie della pianura. Una fascia di alluvioni recenti e terrazzate accompagna l'alveo dalla parte più alta del bacino fino a valle. Le portate del Marecchia, rilevate a Pietracuta, sono raccolte nella tabella n. 18. Nel periodo 1940-1941 la portata torbida media annua è stata in questa stazione di 51,6 Kg/s; la torbidità specifica annua media di 5,060 Kg/mc; il deflusso torbido unitario medio di 4.570 tonn/Kmq.

Torrente Ausa — Nasce presso S. Marino (m 521), ha un bacino imbrifero di 95 km² caratterizzato nella sua parte alta da una limitata area ad « argille scagliose »; nella sua parte media da rocce argillose del Pliocene e nella sua parte bassa da alluvioni quaternarie.

Torrente Marano — Nasce nei pressi di S. Marino. Il suo bacino imbrifero è di 59 km². Nella parte più alta del suo corso solca le « argille scagliose ». Attraversa poi un'ampia fascia di rocce argillose del Pliocene. Solca infine le alluvioni quaternarie della pianura.

(1) I dati sulle portate sono stati desunti dagli *Annali Idrologici* del Servizio Idrografico del Genio Civile, Sezione di Bologna.

Torrente Melo — Trae origine dai colli di Montescudo e Montecolombo. Il modesto bacino (51 km²) presenta soprattutto rocce argillose del Pliocene, che nella parte più alta danno luogo a rocce arenacee del Messiniano e in quella più bassa ad una sottile piana alluvionale.

Torrente Agina — Ha un corso ed un bacino imbrifero assai modesti. Nasce nella bassa collina litoranea nei pressi di Gallera. Il suo bacino (11 km²) è inciso in rocce argillose plioceniche. Il suo corso è accompagnato da una limitata fascia alluvionale.

Fiume Conca — Nasce dalle pendici orientali del M. Carpegna (m 1.415). Il suo bacino imbrifero (152 km²) può essere distinto in due parti: quella a monte di S. Maria del Piano e quella a valle di tale località. Nella prima di queste due parti affiorano quasi esclusivamente le « argille scagliose » con i vari esotici connessi; nella seconda predominano, dopo un breve affioramento di rocce arenacee messiniane, le argille del Pliocene. Una fascia abbastanza ampia di alluvioni accompagna il corso del fiume allargandosi notevolmente a ridosso della costa.

Torrente Ventena — Nasce presso Tavoleto. Il suo bacino è di 42 km² e nella sua parte più alta presenta, in prevalenza, arenarie messiniane; verso il mare, a questi affioramenti, succedono le argille del Pliocene e le alluvioni del Quaternario.

Torrente Tavollo — Segna il confine tra le province di Forlì e di Pesaro. Nasce dai colli di Mondaino, Saludecio e Montegridolfo. Possiede un bacino imbrifero di circa 75 km², quasi interamente interessato da rocce argillose plioceniche e da alluvioni quaternarie. Solo nella parte più alta del bacino e nel versante pesarese si presentano rocce arenacee del Messiniano.

Fiume Foglia — Nasce presso l'Alpe della Luna (m 1.415). La superficie totale del bacino è di circa 705 km². Nella sua parte più alta, a monte di Lunano, affiora la formazione marnoso-arenacea, che copre interamente l'area con la sola eccezione del limitato affioramento sulla sinistra del fiume di terreni alloctoni, come le « argille scagliose » accompagnate da vasti affioramenti del calcare « alberese ». Nella parte più a valle del bacino affiorano formazio-

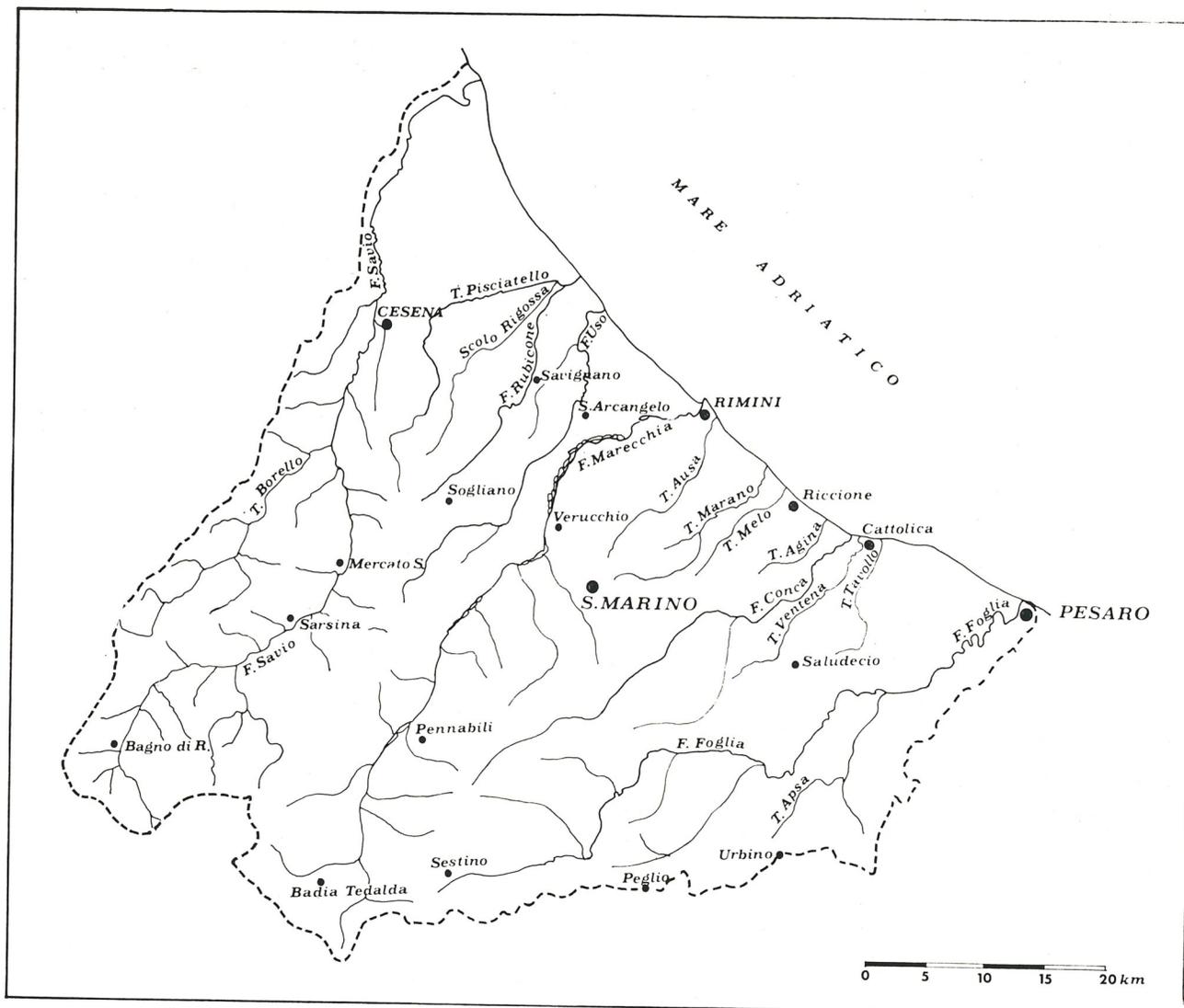


Figura n. 89 — I principali corsi d'acqua con foce nel litorale considerato

ni arenacee e argillose del Pliocene; le rocce argillose prevalgono come estensione, anche se nella fascia costiera predominano le arenarie. Un nastro di alluvioni recenti e terrazze affiancano il corso del fiume da monte a valle. Le portate del Foglia, rilevate a Montecchio, sono raccolte nella tabella n. 19. Le portate solide in sospensione, misurate nella stessa stazione, sono evidenti nella tabella n. 20.

Le portate del Savio e del Foglia sono confrontate nella figura n. 91.

Le curve di fondo dei principali corsi d'acqua sono poste a confronto nella figura n. 92. Dal loro andamento si può constatare che, in alcuni di essi, la situazione è ancora tale da determinare intense attività erosive, specie nella parte montana.

7.2. Portata complessiva

Quale è il quantitativo d'acqua che i corsi d'acqua dal Savio al Foglia scaricano annualmente nel mare? Per rispondere a questa domanda è necessario tentare una stima, mancano infatti le misure delle portate fluviali in pianura. La superficie complessiva dei bacini considerati è, in valori arrotondati, di 3.100 km². La precipitazione media annua su questo territorio può essere valutata in 850 mm. Il coefficiente di deflusso annuo medio del Savio e del Foglia, corsi d'acqua posti ai due estremi del territorio, è di 0,42. Con questi dati si giunge ad un quantitativo annuo, in valori arrotondati, di 1.100 milioni di metri cubi versati nell'Adriatico.

Tab. n. 16 — PORTATE DEL SAVIO A SAN VITTORE * ED ALTRI ELEMENTI CARATTERISTICI (Periodo 1937 ÷ 43; 1946 e 1948 ÷ 67)

E L E M E N T I	Anno	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Portata massima in m ³ /s	469.00	(205.00)	165.00	170.00	294.00	469.00	259.00	75.30	94.30	(131.00)	263.00	(424.00)	(239.00)
Portata media in m ³ /s	10.10	15.80	18.20	17.50	13.10	9.78	5.56	1.89	1.22	2.23	6.09	13.10	16.50
Portata minima in m ³ /s	0.02	1.03	0.51	1.16	0.54	0.38	0.07	0.02	0.05	0.05	0.06	0.20	0.24
Contributo medio in l/s Km ² . .	16.9	26.5	30.5	29.3	21.9	16.4	9.3	3.2	2.0	3.7	10.2	21.9	27.6
Deflusso (mm)	530.3	70.8	74.2	78.4	57.0	43.9	24.1	8.5	5.5	9.7	27.3	56.9	74.0
Afflusso meteori (mm)	1118.1	101.9	83.7	84.5	94.9	93.5	75.6	52.7	52,4	83.3	132.0	140.9	122.7
Coefficiente di deflusso	0.47	0.69	0.89	0.93	0.60	0.47	0.32	0.16	0.10	0.12	0.21	0.40	0.60

* CARATTERISTICHE DELLA STAZIONE: Bacino di dominio 597 Km² (parte permeabile 2,3%); altitudine massima m 1254 s. l. m, media m 525 s. l. m.; zero idrometrico m 42 s. l. m. circa; distanza dalla foce Km 40 circa; inizio osservazioni giugno 1930; inizio misure giugno 1930. Altezza idrometrica massima m. 4.90 (29 mag. 1939), minima m. 0.14 (23 ott. 1967). Portata massima m³/s 814 (29 magg. 1939), minima (giornaliera) m³/s 0.02 (23 lugl. 1962).

Tab. n. 17 — PORTATE SOLIDE IN SOSPENSIONE DEL SAVIO A SAN VITTORE NEL PERIODO 1950-1967

ELEMENTI CARATTERISTICI	Anno	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Torbidità specifica massima in Kg/m ³	161.000	38.500	16.700	31.500	29.40	55.000	93.500	37.800	35.800	161.000	29.200	26.600	25.000
Portata torbida massima in Kg./s	4790.00	4580.00	1710.00	4060.00	3030.00	1920.00	1220.00	2390.00	3370.00	1240.00	3480.00	4790.00	3350.00
Torbidità specifica minima in Kg/m ³	0.000	0.005	0,012	0.007	0.016	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.009
Portata torbida minima in Kg/s	0.00	0.01	0.02	0.05	0.02	0.01	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Torbidità specifica media in Kg/m ³	3.260	3.060	2.490	2.930	2.810	2.840	2.320	8.390	8.590	5.630	5.940	3.610	3.190
Portata torbida media in Kg/s	32.40	47.50	46.10	53.00	41.90	24.10	10.10	15.40	10.10	13.50	34.10	41.20	52.40
Deflusso torbido in 10 ³ tonn.	1020.00	127.00	113.00	142.00	109.00	64.50	26.20	41.20	26.90	34.90	91.40	107.00	140.00
Deflusso torbido unitario tonn/Km ²	1710.00	213.00	188.00	238.00	182.00	108.00	44.00	69.00	45.10	58.50	153.00	179.00	235.00

 Tab. n. 18 — PORTATE DEL MARECCHIA A PIETRACUTA * ED ALTRI ELEMENTI CARATTERISTICI
(PERIODO 1939-1941)

E L E M E N T I	Anno	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Portata massima in mc/sec	196.00	113.00	128.00	44.10	131.00	196.00	139.00	10.80	6.85	11.20	67.10	115.00	85.90
Portata minima in mc/sec	0.20	3,22	2.86	2.16	3.27	1.14	0.90	0,52	0.20	0,35	0.78	2.84	1.64
Portata media in mc/sec	10.90	16.00	25.70	8.61	13.30	18.90	14.20	1.62	0.77	1.31	6.38	12.80	12.20
Deflusso in mm.	963.3	120,1	177.6	64.6	96.7	141.6	102.7	12.1	5.8	9.5	47.9	93.1	91.6
Afflusso meteorico in mm.	1467.6	140.1	121.5	73.7	113.7	215.0	154.6	41.2	59.3	105.0	172.6	147.0	123.9
Coefficiente di deflusso	0.66	0.86	1.46	0.88	0.85	0.66	0.66	0,29	0.10	0.09	0.28	0.63	0.74

* CARATTERISTICHE DELLA STAZIONE: a) — Bacino di dominio: kmq 357 (parte permeabile 11%); altitudine: massima m 1454 s. m., media m 685 s. m.; distanza dalla foce: km 29 circa. b) — Idrometrografo di stazione e di riferimento: m 300 circa a valle del ponte di S. Maria Maddalena (sp. d.); quota zero: m 165.750 s. m.; inizio osservazioni: aprile 1937; altezza idrometrica: massima m 3.07 (19-IX-1937), minima m -0.14 (21-X-1937). c) — Portate: massima mc/sec 433 (l/sec. kmq 1213) (30-V-1939), minima (giornaliera) mc/sec 0.28 (l/sec. kmq 0.8) (13-IX e 21-X-1942).

Tab. n. 19 — PORTATE DEL FOGLIA A MONTECCHIO * ED ALTRI ELEMENTI CARATTERISTICI (Periodo 1937 ÷ 42; 1946 ÷ 48; 1951 ÷ 67)

E L E M E N T I	Anno	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Portata massima in m ³ /s	403.00	[144.00]	207.00	[223.00]	[192.00]	403.00	163.00	141.00	10.10	153.00	125.00	298.00	298.00
Portata media in m ³ /s	7.15	11.80	16.10	12.50	8.63	6.32	2.57	0.99	0.33	1.64	3.69	8.51	13.36
Portata minima in m ³ /s	—	0.31	0.53	0.81	0.56	0.32	0.01	—	—	—	—	0.02	0.18
Contributo medio in 1/s Km ²	11.9	19.6	26.7	20.7	14.3	10.5	4.3	1.6	0.5	2.7	6.1	14.1	22.1
Deflusso in mm	376.1	52.7	65.5	56.1	37.4	28.3	11.2	4.4	1.5	7.1	16.4	36.7	58.8
Afflusso meteorico in mm	1009.0	86.5	74.1	74.8	86.4	85.2	62.6	54.8	48.8	92.1	112.5	123.7	107.5
Coefficiente di deflusso	0.37	0.61	0.88	0.75	0.43	0.33	0.18	0.08	0.03	0.08	0.15	0.30	0.55

* CARATTERISTICHE DELLA STAZIONE: Bacino di dominio 603 Km² parte permeabile 0.1%); altitudine massima m 1415 s.l.m.; media m 384 s. l. m.; zero idrometrico in m 38,787 s.l.m.; distanza dalla foce km 20 circa; inizio osservazioni luglio 1936; inizio misure luglio 1936. Altezza idrometrica massima m. 4.51 (12 sett. 1955) minima m -0.55 (giorni vari agosto e settembre 1966). Portata massima m³/s [805] (12 sett. 1955), minima (giornaliera) m³/s 0.00 (vari).

Tab. n. 20 — PORTATE SOLIDE IN SOSPENSIONE DEL FOGLIA A MONTECCHIO PERIODO (1937 ÷ 1942)

E L E M E N T I	Anno	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Torbidità specifica massima in kg/mc	71.300	9.310	30.700	12.100	15.900	42.100	45.900	37.900	33.300	71.300	47.800	19.500	23.900
Portata torbida massima in kg./sec	10000.00	717.00	3380.00	677.00	1190.00	10000.00	2920.00	444.00	88.10	6.970.00	1980.00	4800.00	2090.00
Torbidità specifica minima in kg/mc	0.000	0.000	0.024	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
Portata torbida minima in kg./sec	0.00	0.00	0.09	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Torbidità specifica media in kg./mc	5.270	2.101	5.480	2.250	3.460	9.160	7.880	6.230	2.440	24.200	7.620	5.060	4.460
Portata torbida media in kg/sec	44.73	24.00	108.00	26.84	30.13	114.00	41.20	8.07	1.30	41.00	28.30	52.00	65.90
Deflusso torbido in 10 ³ tonn	1410.00	62.30	261.00	71.90	78.00	305.00	107.00	21.60	3.48	106.00	75.80	135.00	177.00
Deflusso torbido unitario tonn/kmq	2330.00	107.00	433.00	119.00	129.00	506.00	177.00	35.80	5.77	171.00	126.00	224.00	293.00

I coefficienti di deflusso considerati sono quelli riscontrati alla chiusura dei bacini montani, dove si rileva nei due fiumi un deflusso medio di litri 14,4 al secondo per km², e tale valore decresce dopo il loro ingresso in pianura, a causa sia della inevitabile sottovalutazione degli afflussi in alta montagna, sia dal fatto che una parte dell'acqua infiltratasi nel sottosuolo in collina e in montagna riesce a tornare nell'alveo a differenza di quanto accade in pianura, dove vengono alimentate esclusivamente le falde freatiche ed artesiane (2). Adottando un deflusso pari a 10 l/s km² si ottiene così che l'acqua pervenuta annualmente al mare è dell'ordine di 1.000 milioni di metri cubi.

Secondo questa stima, di larga massima, i corsi d'acqua dal Savio al Foglia scaricano quindi nel mare 1.000-1.100 milioni di metri cubi d'acqua. Questo valore è un po' inferiore

al volume, stimato da Zangheri (3), di 1.300 milioni di metri cubi d'acqua, versati annualmente nell'Adriatico dai corsi d'acqua della Provincia di Forlì, che vanno dai Fiumi Uniti al Tavollo.

7.3. Trasporto solido

Il trasporto solido dei corsi d'acqua viene in pratica distinto nelle sue due componenti principali: il trascinarsi sul fondo dei ma-

teriali più grossolani e il trasporto in sospensione di quelli più fini. La capacità di trasporto naturalmente varia con la velocità dell'acqua.

Non esistono misure sulla quantità di materiali trascinati sul fondo dai corsi d'acqua dal Savio al Foglia. Ad ogni modo il trasporto medio annuo per trascinarsi sul fondo nelle alte aste appenniniche emiliane e romagnole viene stimato variabile tra 200 e 800 m³/km² (4). Nel territorio in esame su questo

(2) Si veda in proposito: G. SUPINO, *Le caratteristiche idrologiche del Savio*, Ist. Sper. Studio e Difesa del suolo. Firenze, Raffaelli, Forlì 1954, pp. 6-7. Con il deflusso riscontrato alla chiusura dei bacini montani, l'acqua pervenuta annualmente al mare sarebbe oltre 1.400 milioni di metri cubi.

(3) ZANGHERI, *La Provincia di Forlì*, cit., pp. 37-38.

(4) G. BASSI, F. BERNARDINI, G. PUPPINI e G. SACERDOTI, *Coordinamento tra le opere idrauliche di pianura e la bonifica montana*, Suppl. a «La bonifica integrale», fasc. IV, Bologna 1959, p. 58.

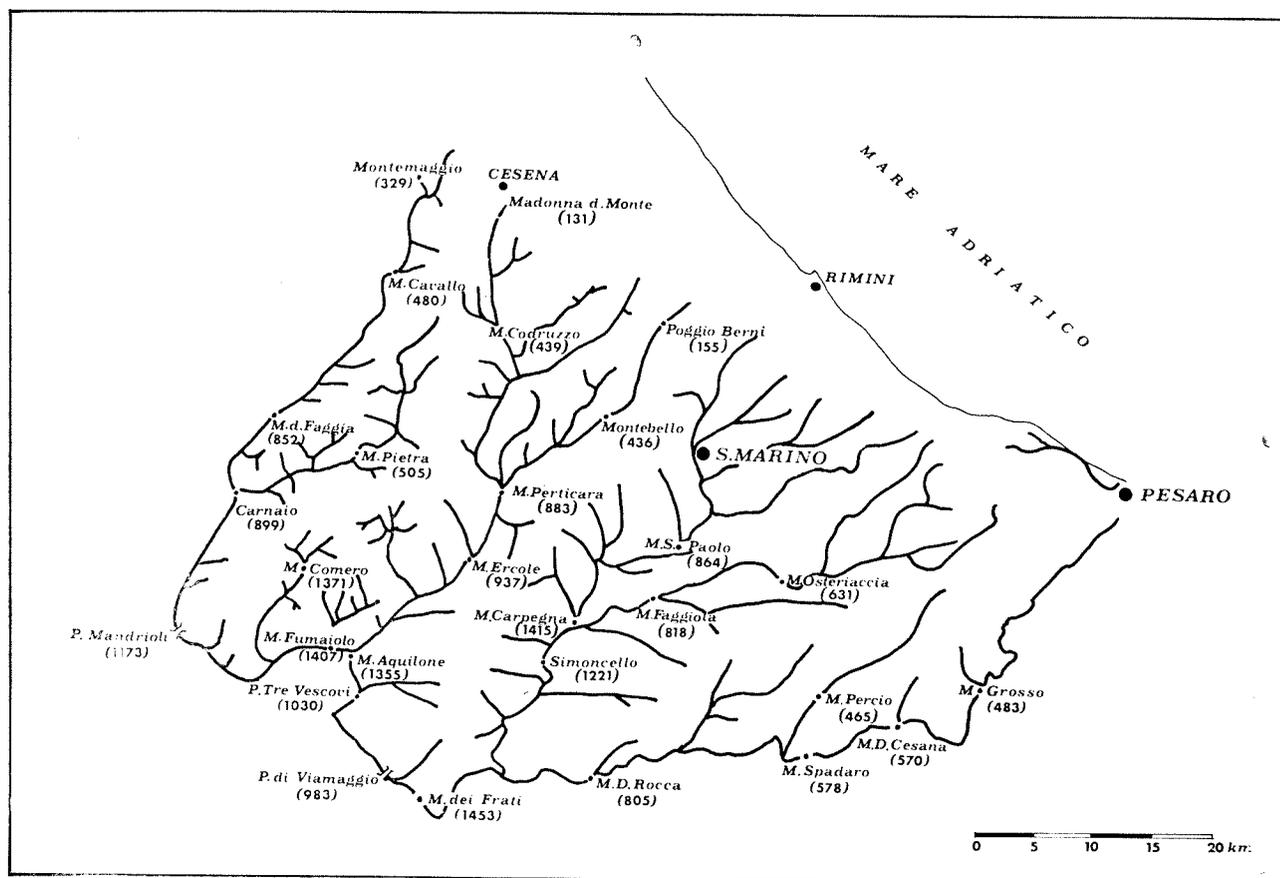


Figura n. 90 — Andamento degli spartiacque dei corsi d'acqua con foce nel litorale in esame.

trasporto ha inciso fortemente sia la bonifica montana e le opere realizzate sui corsi d'acqua, sia le escavazioni di sabbia e ghiaia dagli alvei⁽⁵⁾. Per questa ragione verrà, in seguito, considerato trascurabile nel tentativo di valutare l'attuale trasporto solido fluviale al mare.

Se perciò si ammette che in passato potesse giungere al mare un trasporto solido per trascinamento sul fondo pari a 150 metri cubi per chilometro quadrato dei bacini nettamente collinari e montani dei corsi d'acqua in esame (circa 2.700 km²), il deficit nel trasporto solido atto ad alimentare la spiaggia risulterebbe attualmente superiore a 400 mila metri cubi annui.

Alla chiusura dei bacini montani il deflus-

so torbido unitario annuo, come abbiamo visto, è di 1.710 tonn./km² (633 m³/km²) nel Savio, di 2.330 tonn./km² (863 m³/km²) nel Foglia e di 4.570 tonn./km² (1.693 m³/km²) nel Marecchia. Solo il dato sul Savio ha un certo valore, in quanto si riferisce ad una media di 17 anni. Quelli del Foglia e del Marecchia invece sono medie rispettivamente di cinque e di due anni.

Nel lavoro, già citato parlando del trascinamento sul fondo dei materiali, sono riportati anche i valori probabili del deflusso torbido unitario annuo nel periodo ultratrentennale incluso tra il 1921 e il 1955, ottenuti mediante l'elaborazione dei dati disponibili su 33 anni di effettiva osservazione dei deflussi⁽⁶⁾. Ri-

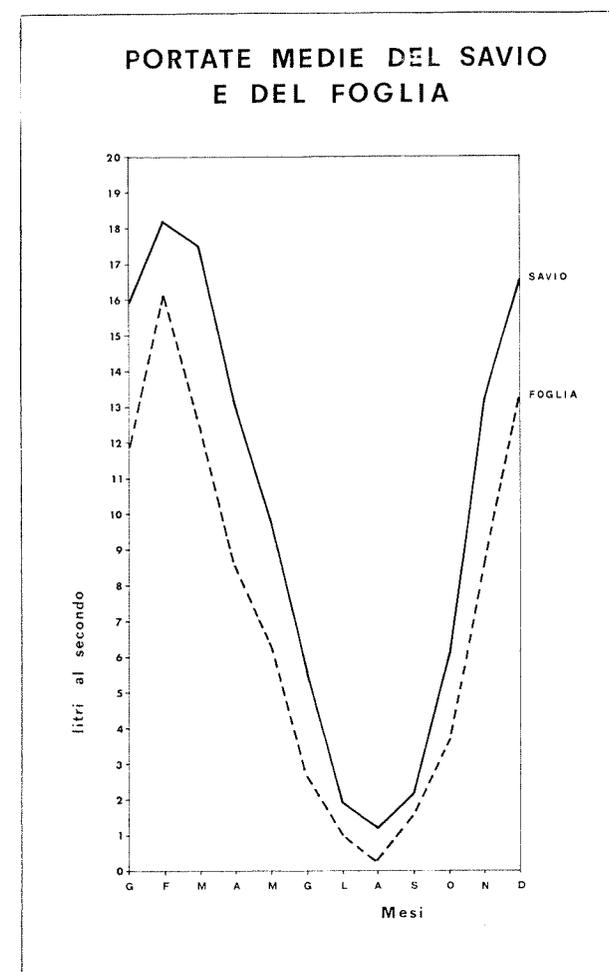


Figura n. 91 — Le portate idriche dei due corsi di acqua hanno un andamento analogo, anche se nel Savio raggiungono valori più elevati.

sulta così che il deflusso torbido unitario annuo, alla chiusura dei bacini montani, è di 2.030 tonn./km² (750 m³/km²) nel Savio, di 3.900 tonn./km² (1.440 m³/km²) nel Marecchia e di 1.865 tonn./km² (690 m³/km²) nel Foglia⁽⁷⁾.

Il deflusso torbido unitario alla chiusura dei bacini montani può essere quindi stimato con prudenza tra i 650 e i 750 m³/km²⁽⁸⁾.

Poiché il territorio in esame è largamente erodibile dalle acque dilavanti e incanalate anche nella maggior parte della pianura, può essere adottato un deflusso torbido unitario medio di 700 m³/km² riferito a 3.000 km² di superficie. Risulta così un deflusso torbido annuo complessivo dell'ordine di 2,1 milioni di metri cubi. La quantità di materiale solido trasportata dai corsi d'acqua al mare nel litorale

⁽⁵⁾ Su queste escavazioni ci si soffermerà più ampiamente in seguito.

⁽⁶⁾ Bassi, *Coordinamento tra le opere idrauliche*, cit., p. 77.

⁽⁷⁾ È stato adottato il valore di Kg. 2.700 al metro cubo, perché tale valore è stato ottenuto dal materiale essiccato a 110° in base a numerose esperienze, secondo lo studio di Bassi, *Coordinamento tra le opere idrauliche*, cit., p. 76.

⁽⁸⁾ Escludendo i dati del Marecchia, riferiti a pochi anni di osservazione in una stazione posta a m 166 sul livello marino.

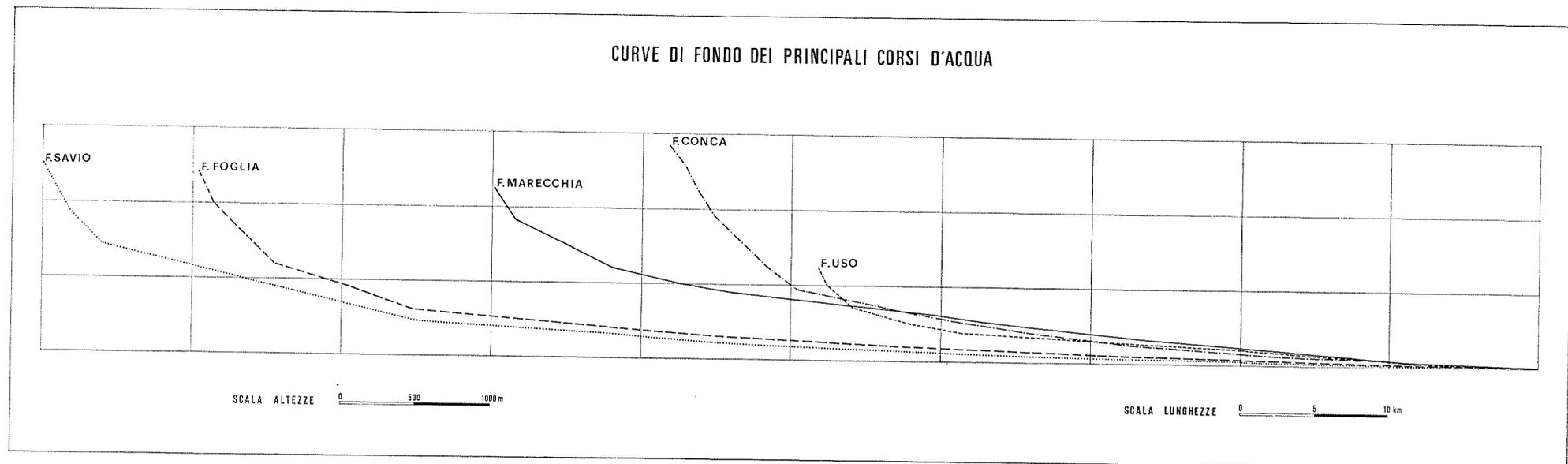


Figura n. 92 — Si noti la particolare acclività della parte montana della curva di fondo del Conca.

tra le foci del Savio e del Foglia raggiunge perciò, in media, i 31,5 mila metri cubi per chilometro di costa⁽⁹⁾.

7.4. Granulometria dei materiali alluvionali

Per conoscere, a titolo indicativo, la granulometria dei materiali trasportati dai corsi d'acqua nel litorale in esame, sono stati prelevati dal loro alveo sessanta campioni negli anni 1969 e 1970. Quando si presentava una netta e sicura distinzione tra l'alveo di piena e di magra è stato eseguito un campionamento distinto. E' stata così ottenuta non solo la granulometria dei materiali presenti sul fondo, ma anche quella dei sedimenti decantati in seguito alle maggiori piene. Il prelevamento, anche per ragioni di uniformità, è stato eseguito nel mese di giugno dei due anni citati, quando gli alvei erano bene accessibili e prima che raggiungessero le condizioni di massima magra, e ad una distanza variabile da due a tre chilometri dalla costa. Si veda in proposito la figura n. 93. I campioni sono stati raccolti in modo da rappresentare, per quanto possibile,

Tabella n. 21 — GRANULOMETRIA E CALCIMETRIA DEI CAMPIONI DI ALLUVIONI FLUVIALI, PRELEVATI NEL MESE DI GIUGNO DEGLI ANNI 1969 e 1970 (VALORI MEDI).

Corso d'acqua	Luogo di prelievo	Campioni N.	Silt e argilla %	S a b b i a				Ghiaia %	Carbonati nella trazione sabbiosa
				fine %	media %	grossa %	totale %		
Savio	alveo di piena	6	85,1	12,6	2,1	0,2	14,9	—	22,1
Savio	alveo di magra	6	62,0	30,8	6,5	0,7	38,0	—	26,7
Rubicone	alveo	8	66,2	23,4	9,6	0,8	33,8	—	27,2
Uso	alveo	4	97,1	2,3	0,6	—	2,9	—	36,4
Marecchia	alveo di piena	5	76,8	17,2	5,7	0,3	23,2	—	55,2
Marecchia	alveo di magra	5	45,3	23,0	5,0	0,1	28,1	26,6	53,6
Ausa	alveo	2	94,8	4,6	0,5	0,1	5,2	—	31,6
Marano	alveo	2	93,4	5,4	1,1	0,1	6,6	—	36,2
Melo	alveo	2	84,9	12,6	2,3	0,2	15,1	—	36,7
Conca	alveo di piena	3	66,1	29,5	3,9	0,5	33,9	—	44,1
Conca	alveo di magra	3	62,0	13,5	1,9	0,1	15,5	22,5	44,5
Ventena	alveo	2	88,9	9,2	1,7	0,2	11,1	—	33,9
Tavollo	alveo	4	77,3	15,4	6,2	1,1	22,7	—	31,1
Foglia	alveo di piena	4	70,6	17,9	11,3	0,2	29,4	—	42,7
Foglia	alveo di magra	4	30,5	21,4	11,3	0,3	33,0	36,5	42,5

⁽⁹⁾ Per quanto concerne la costa forlivese viene stimato un apporto solido di 1,5 milioni di metri cubi, pari a 36 mila metri cubi per chilometro costiero, da Zangheri, *La Provincia di Forlì*, cit., p. 40.

le condizioni medie dei materiali presenti negli alvei e in quantità proporzionali alla frazione granulometrica di maggiori dimensioni ⁽¹⁰⁾.

Nella tabella n. 21 sono riportati i valori medi della granulometria dei materiali alluvionali trasportati dai corsi d'acqua e il contenuto medio in carbonati della frazione sabbiosa. E' particolarmente evidente l'abbondanza di elementi fini, che naturalmente tende ad accentuarsi nei corsi d'acqua minori. Nella frazione sabbiosa le sabbie fini hanno una nettissima prevalenza, questo anche nei corsi di acqua maggiori. Ciò è verosimilmente dovuto alla disgregazione delle rocce arenitiche presenti nei rispettivi bacini. Le ghiaie, generalmente non troppo abbondanti, figurano solo negli alvei di magra del Marecchia, del Conca e del Foglia ⁽¹¹⁾. Anche il contenuto in carbonati delle sabbie, infine, è legato alla composizione litologica delle rocce affioranti nei rispettivi bacini imbriferi.

7.5. Materiali atti ad alimentare la spiaggia.

I materiali solidi del Savio, del Marecchia, del Conca e del Foglia, in base ai dati della tabella n. 21, presentano una frazione granulometrica media, idonea ad alimentare la spiaggia, pari al 37,7% del totale. A causa delle escavazioni di materiali dagli alvei, attualmente giunge al mare un trasporto solido sostanzialmente simile a quello abbandonato negli alvei di piena, pari in media al 25,3% del totale. Gli altri corsi d'acqua recano, invece, solo una frazione granulometrica utile pari in media al 13,9% del trasporto solido totale.

Per valutare la granulometria media dei materiali trasportati dai corsi d'acqua al mare è necessario tenere conto non solo della granulometria delle alluvioni, ma anche del contributo dato dalla superficie utile di ciascun bacino. La media ponderata, nel caso in esame, fornisce una percentuale di materiali solidi atti ad alimentare la spiaggia pari al 22,5% del

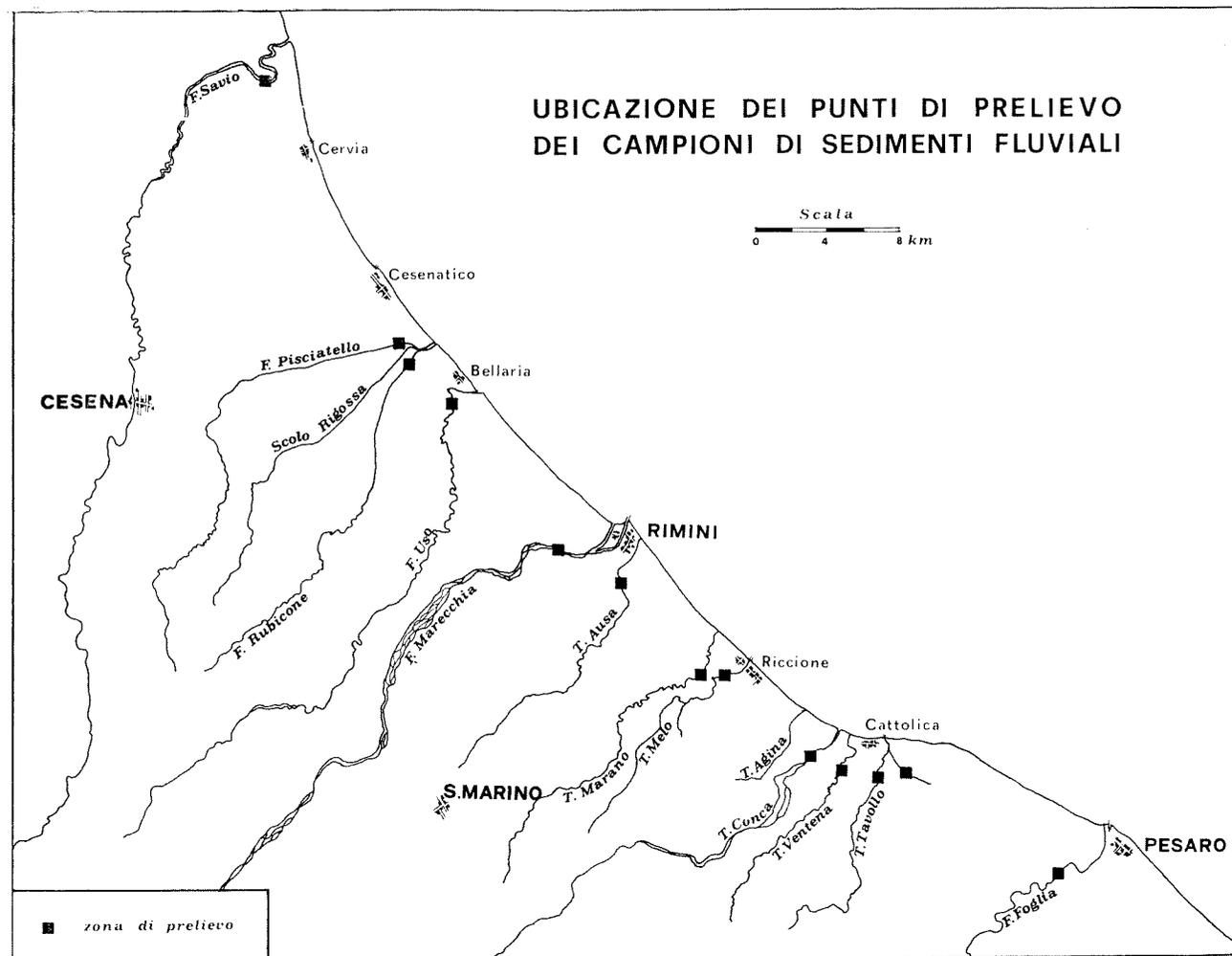


Figura n. 93 — I campioni sono stati raccolti nel mese di giugno degli anni 1969 e 1970.

trasporto solido totale. Poiché questo è stato valutato nell'ordine di 2,1 milioni di metri cubi annui, risulta che i materiali utili alla spiaggia, recati annualmente al mare dai corsi d'acqua considerati, assommano a 472 mila metri cubi. Poiché il contributo del Savio probabil-

mente si ripartisce per metà tra le spiagge poste a nord della foce e per metà tra quelle a sud di essa (si veda in proposito la figura n. 88), per la spiaggia in esame restano disponibili complessivamente poco più di 425 mila metri cubi di sabbia.

⁽¹⁰⁾ Per una corretta interpretazione dei dati è necessario fare rilevare che l'alveo di piena del Savio, nella zona di prelievo, è molto alto rispetto all'alveo di magra; che nel Rubicone e nel Tavollo i campioni sono stati raccolti nei rami laterali prima della confluenza; che, infine, nei corsi d'acqua maggiori più campioni sono stati prelevati a qualche centinaio di metri l'uno dall'altro.

⁽¹¹⁾ La particolare distribuzione granulometrica, presente negli alvei di magra dei maggiori corsi d'acqua, è verosimilmente condizionata dalle forti escavazioni e dal lavaggio dei materiali prelevati più a monte.



8. - L'ATTIVITA' DELL' UOMO

8.1. L' uomo e la costa

L' interferenza dell' opera dell' uomo sulla situazione costiera può manifestarsi sia in modo diretto e immediatamente evidente, attraverso la costruzione di opere marittime (porti, scogliere, pennelli ecc.), sia indirettamente, modificando le condizioni naturali dell' entroterra. Questi ultimi interventi sono più complessi e meno evidenti, ma non meno efficaci. Il disboscamento e le coltivazioni, la sistemazione idrogeologica del territorio, l' asportazione di sabbie e ghiaie dagli alvei fluviali, determinano, ad esempio, significative variazioni nell' apporto di materiali solidi alla spiaggia. L' asportazione di acqua freatica e soprattutto artesiane dal sottosuolo può provocare, a sua volta, un aumento artificiale della subsidenza. L' attività dell' uomo va quindi inclusa, a giusto titolo, tra i fattori che determinano l' evoluzione della spiaggia. Verranno perciò esaminati quegli interventi antropici che, alla luce delle attuali conoscenze, sembrano aver più efficacemente condizionato la situazione della spiaggia in esame.

8.2. Opere marittime

Le principali opere marittime che interessano il litorale considerato possono essere distinte in trasversali e parallele.

Le maggiori opere trasversali sono rappresentate :

- dal porto di Pesaro, il cui molo sulla destra della foce del Foglia si protende in mare di oltre 210 metri;

- dal pennello di Gabicce, che si protende 140 metri dalla attuale linea di spiaggia;
- dai moli del porto di Cattolica, di cui quello destro si protende 150 metri dall' attuale linea di spiaggia;
- dal pennello sulla destra della foce del fiume Conca, che si protende circa 86 metri dall' attuale linea di spiaggia;
- dai moli del porto di Riccione, di cui quello destro si protende 55 metri dall' attuale linea di spiaggia;
- dai moli del porto di Rimini, di cui quello destro si protende 410 metri dall' attuale linea di spiaggia;
- dai moli del porto di Bellaria, di cui quello destro si protende 105 metri dall' attuale linea di spiaggia;
- dai moli del porto di Cesenatico, di cui quello destro si protende 105 metri dall' attuale linea di spiaggia;
- dai moli del porto di Cervia, di cui quello destro si protende circa 130 metri dall' attuale linea di spiaggia;
- dai moletti di Milano Marittima.

Le maggiori opere parallele sono rappresentate da scogliere frangiflutti costruite ad una certa distanza dalla riva in modo tale da

formare, rispetto ad essa, un angolo aperto verso nord.

In alcuni tratti del litorale queste opere, hanno assunto uno sviluppo tale da conferirgli una nota morfologica caratteristica. Esse sono diffuse :

- presso Gabicce Mare;
- da Cattolica alla foce del Ventena per quasi due chilometri;
- da Rivabella di Rimini a Valverde di Cesenatico per 16 chilometri;
- presso la foce del Fiume Savio.

8.3 Il porto di Rimini e il delta del Marecchia

Le opere marittime perpendicolari alla costa, ad eccezione dei porti di Rimini e di Cesenatico, sono tutte piuttosto recenti e gli effetti da esse prodotti sulla spiaggia sono direttamente rilevabili dalle tavole con le variazioni della battigia dal 1820 al 1970 ⁽¹⁾. Il porto di Rimini, invece, ha un' origine che si perde nella preistoria ⁽²⁾ e quello di Cesenatico fu fondato nel 1302 ⁽³⁾. Lo studio dello sviluppo storico di questi due porti è quindi di notevole interesse.

Dell' antichità del porto di Rimini, secondo Tonini, « restano prove di fatto, che rimon-

(1) Viene trascurata la descrizione del porto di Pesaro, in quanto il margine verso sud del presente studio è rappresentato dalla foce del Foglia, e quella del porto di Cervia, costruito qualche secolo fa, ma poco significativo nel testimoniare l' evoluzione della costa.

(2) L. TONINI, *Il porto di Rimini*, Tipografia Fava e Garagnani, Bologna, 1864.

(3) BORGHI, *Le spiagge romagnole*, cit. p. 120.

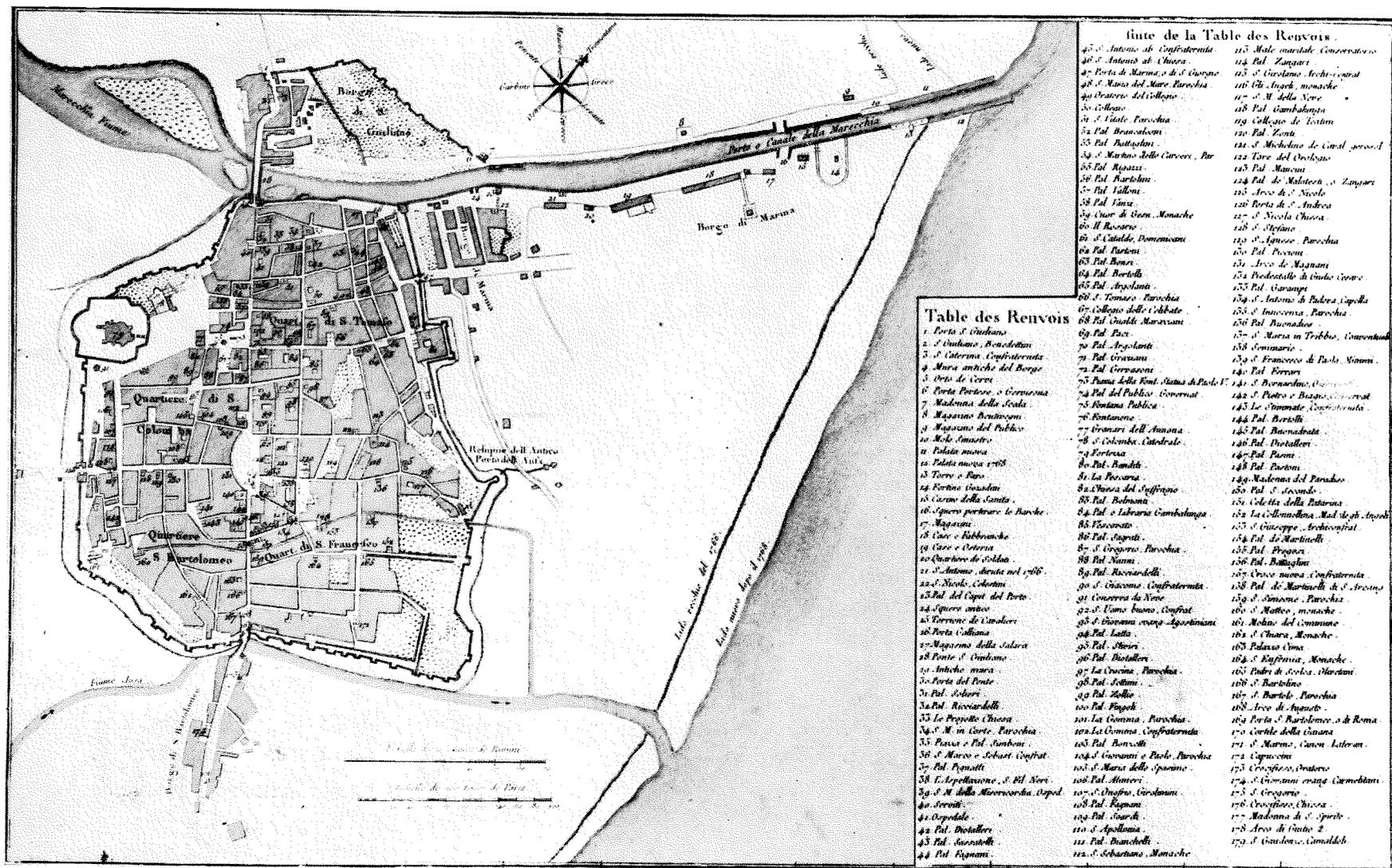


Figura n. 94 — Carta di Rimini francese della fine del 18° secolo con la linea di costa nel 1766 e nel 1768. (Esemplare della Biblioteca Piancastelli di Forlì).

tano alle prime nostre memorie; delle quali una è il rostro della nave (tipo sicuro di potenza marittima) impresso nell'uncia dell'*aes grave* riminese già fusa più di ventidue secoli fa, dominanti i Galli Senoni; probabilmente col metallo, onde Roma si fu redenta dalle armi di quel Brenno che ebbela incendiata, e che qui ebbe posta la sede sua. E nella seconda guerra punica, per attestazione di Livio, il Console Tito Sempronio Longo, mandato all'incontro di Annibale che calava dalle Alpi, trasportò l' esercito dalla Sicilia a Rimini per mare: lo che avvenuto l' anno di Roma 536 (218 avanti Cristo) prova come quella Repubblica non fu tarda a far pro di quanto porgeva l' acquisto di questa città, ove già aveva di-

retto una Colonia, la quale anche allora come sotto i Galli fu Capoluogo della Provincia. In fine Strabone, mentre annovera la città di Rimini fra le principali degli Umbri, assicura che essa avea fiume e PORTO dello stesso nome. Da quel Porto sappiamo poi che nell' anno 491 dell'era corrente salpò Re Teodorico per recarsi all' assedio di Ravenna: e nella Cronaca Sorattense è detto che nell'ottavo secolo Carlo Magno pose navi a guardia dell' Adriatico in *portibus Aquilejae, Ravennae, Arimini et Anconae*.

Tutto questo se basta a farci sicuri che Rimini ebbe Porto in ogni tempo, non basta a chiarire se in origine questo fosse fatto esclusivamente da un seno di mare, come asserì il Clementini, o se vi concorresse ancora il fiume, come fu opinato da altri: molto meno poi ci dà indizii che bastino per indicarne la capacità e la figura. Noto è che l'antico Porto di Rimini fu appunto in mezzo a quel tratto che corre tra il Marecchia e l' *Aprusa* oggi AUSA (4) ».

La posizione dell'antico porto romano, indicata da Tonini, si trova tra le antiche mura

(4) TONINI, *Il porto di Rimini*, cit., pp. 1-2.

della città e l'attuale scalo ferroviario. I resti di questo porto erano ancora evidenti nel XVIII secolo e la torre sulla sommità del molo crollò la notte del 28 gennaio 1807 ⁽⁵⁾. Il Tonini, inoltre, afferma come cosa fuori di ogni dubbio che il fiume Marecchia si scaricasse « in quel bacino o seno formante il Porto qui sopra descritto. Infatti, siccome altrove notai, vedi che tutti gli scrittori quanti ricordarono questo Porto, cominciando da Strabone, lo ricordarono sempre in unione al fiume: e i nostri in specie sono concordi nell'asserire che le barche ascendevano al Ponte d' Augusto ⁽⁶⁾ ».

Per avere nuove notizie sulla situazione portuale di Rimini si deve giungere al X secolo dopo Cristo e « d' allora in poi si trova ricordo costante di due Porti ben distinti, coi vocaboli di *Porto della Marecchia* al nuovo e di *Porto dell' Ausa* al vecchio ⁽⁷⁾ ». Infatti « qualunque fosse la primitiva direzione del fiume, sia perchè questa, tutta volta a levante, avesse riempito quel seno o bacino co' sedimenti suoi rigurgitativi dentro dal mare; sia l' infelicità dei tempi, in cui nè un pensiero più nè una mano si volse alla riparazione delle cose pubbliche; fatto fu che il Marecchia nel secolo X, non solo ebbe rotta la propria sponda a un quattro miglia dalla città correndo al mare col principal suo corno in prossimità della Chiesa di S. Martino, donde a questa venne il vocabolo *in ripa rupta* (e restano ancora le tracce di quel suo corso, che nelle grandi piene non cessa di visitare); ma inoltre per altro ramo si aprì nuova foce con minor giro, a sinistra di quella che facevasi ad abbandonare. Delle quali cose, come già avvenute alcun tempo innanzi, ci è documento sicuro la Bolla di Papa Nicolò II, data da Osimo ai 25 marzo del 1059 in favore del Mon. di San Giuliano, nella quale, oltre esser ricordata la prima volta quella Chiesa di S. Martino col vocabolo *in ripa rupta*, vien concesso a quel Monastero quanto terreno era di proprietà della Chiesa Romana fra esso e il Ponte d' Augusto *cum nuovo suo Portu Mariculae trasmeato* ⁽⁸⁾ ».

Per lo studio delle relazioni intercorrenti tra lo sviluppo del delta del Marecchia e l'evoluzione del porto di Rimini è importante constatare che nel X secolo la situazione del litorale era ancora assai simile a quella presente in epoca romana. « Che poi ambedue i

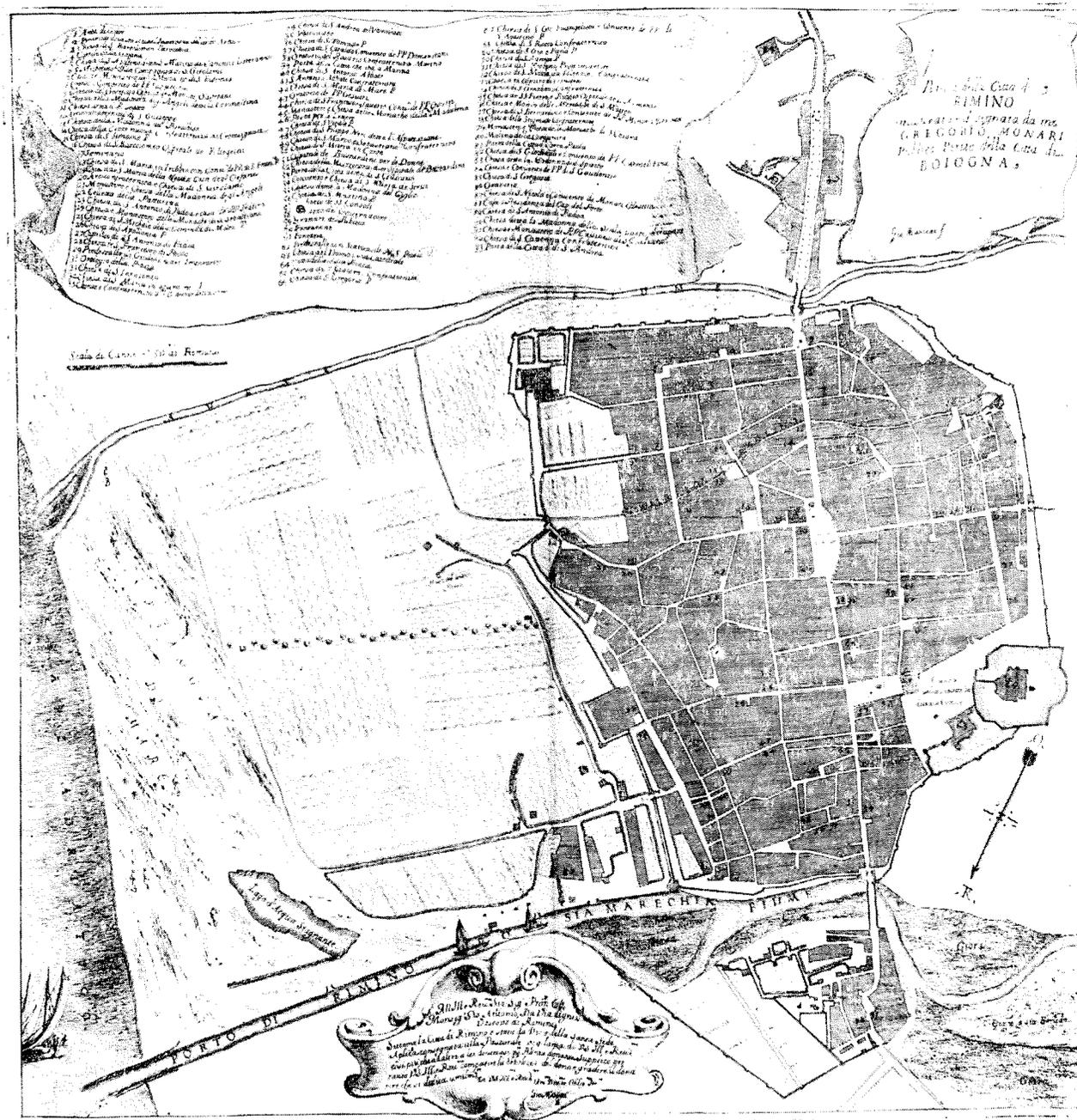


Figura 95 — Carta di Rimini disegnata da Gregorio Monari e dedicata ad Antonio Da Via, Vescovo di Rimini tra il 1698 e il 1726. (Esemplare della Biblioteca Piancastelli di Forlì).

Porti fossero in uso anche nel Secolo XIV, ce ne fa prova la descrizione di Romagna dataci dal Card. Anglico nel 1371, ove di Rimini è detto *habet Portum pulcherrimum SVpra MARE juxta civitatem, et SVpra FLVVIVM MARICVLE*. (Fantuzzi, *Mon. Rav. T. V.*) Lo

che sembra indicare due Porti ben distinti: l'uno tutto opera del mare, l'altro fatto dalla bocca del fiume.

Nonostante le cure poste dal Comune per la conservazione del vecchio Porto, vedesi che questo dovette andar peggiorando ogni di più

⁽⁵⁾ *Ibid.*, p. 2.

⁽⁶⁾ *Ibid.*, p. 3.

⁽⁷⁾ *Ibid.*, p. 4.

⁽⁸⁾ *Ibid.*, p. 4.

Figura n. 96

Il porto di Rimini nel 1887.
(Esemplare della *Biblioteca Piancastelli*
di Forlì).

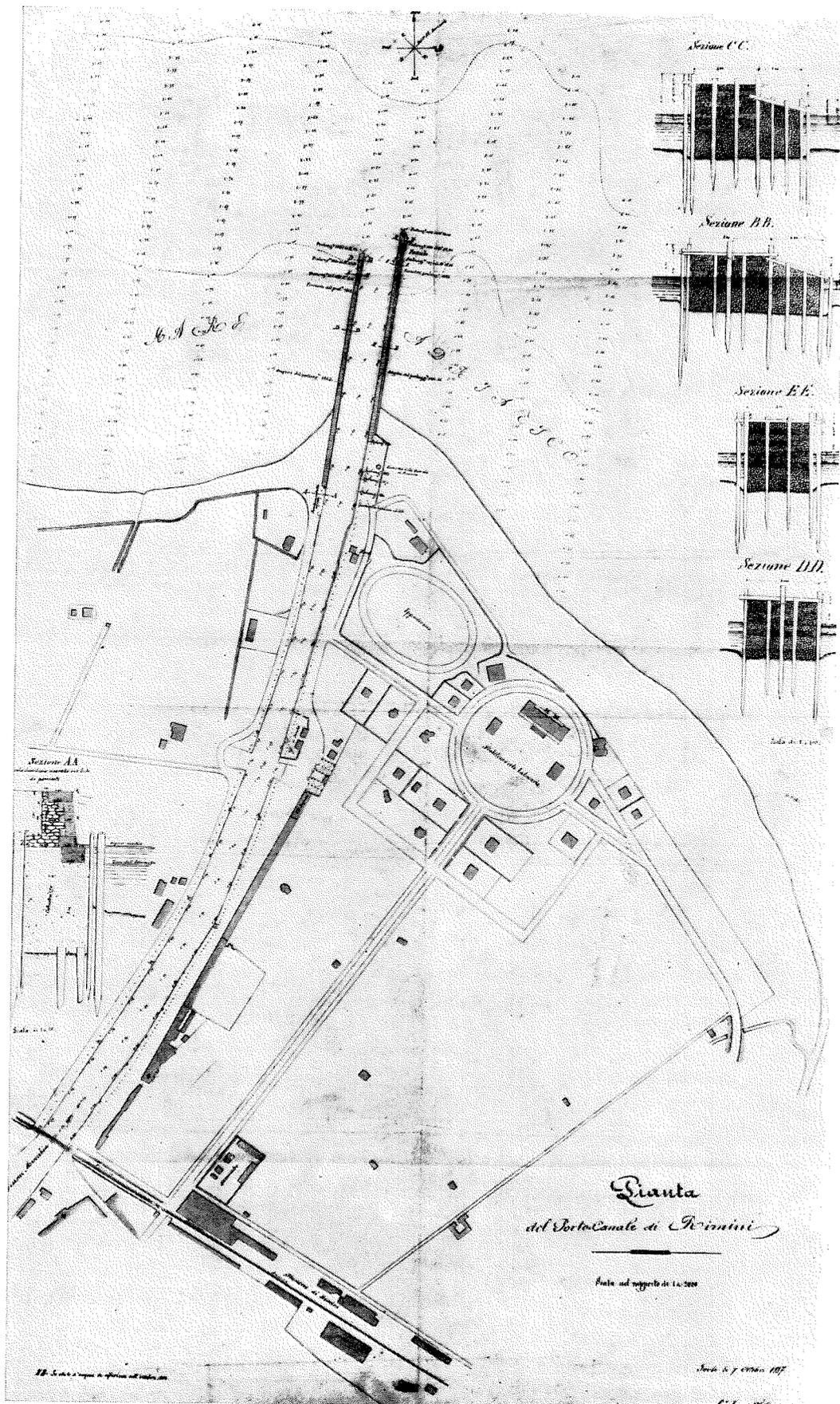




Figura 97.

Carta di Rimini stampata ad Amsterdam a cura di Pierre Mortier, riprodotte una situazione del litorale già sorpassata. (Esemplare della *Biblioteca Piancastelli* di Forlì).

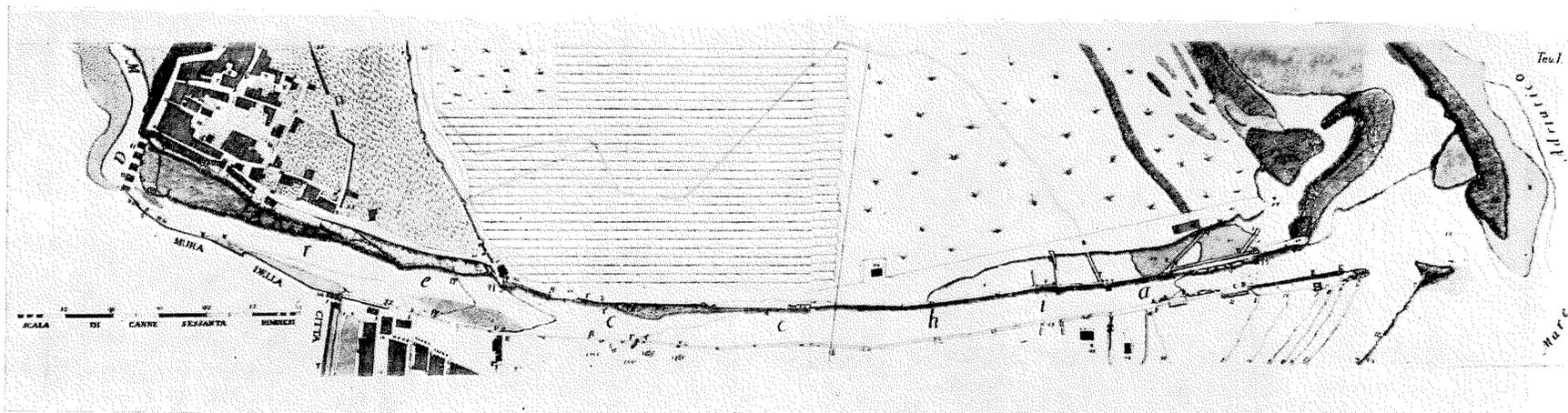


Figura n. 98 — Carta con l'evoluzione del porto di Rimini dal 1300 fino al 1766. (Esemplare della Biblioteca Piancastelli di Forlì).

tanto da rimanere inutile affatto: nè più risorse, avvegnachè da più carteggi del Comune col Card. Legato, con l'ingegner Francesco Masini di Cesena, e col cav. Melzi di Ferrara, si rilevi che nel 1598 volevasi costruire un nuovo Porto nell'Ausa. A che fu di parere contrario il rinomato architetto Fontana, il quale preferiva i restauri del nuovo nel Marecchia⁽⁹⁾ ».

Dal 1300 in poi tutte le cure furono dedicate al nuovo porto sul Marecchia, lottando contro gli effetti delle piene fluviali, contro le conseguenze delle mareggiate e contro l'accumulo dei sedimenti. Nella figura n. 99 si può osservare l'evoluzione storica del porto di Rimini da quest'epoca in poi⁽¹⁰⁾ e desumere che il porto e il delta del Marecchia si sono formati contemporaneamente. L'apporto dei sedimenti fluviali e il loro accumulo nel porto canale e ai suoi margini, imponeva continuamente l'allungamento dei moli e l'escavazione della foce fluviale per mantenere sufficientemente profondi i fondali. Questo ha finito con l'allungare sempre di più il porto canale fino al nostro secolo, quando il Marecchia è stato deviato artificialmente al di fuori del porto

e i moli sono stati decisamente prolungati in mare, con l'effetto di bloccare completamente il *nastro trasportatore litoraneo*, provocando una attiva sedimentazione ad est del porto e una notevole erosione ad ovest.

La figura n. 100 mostra inoltre che il protendimento del delta, più lento fino alla fine del 1400, si è sviluppato notevolmente nei tre secoli successivi. Dal 1800 in poi il protendimento è continuato quasi allo stesso ritmo ad est del porto, in seguito all'intercettazione del trasporto litoraneo ad opera dei moli prolungati, mentre ha subito brusche riduzioni ad ovest. Circa le cause dell'accentuato protendimento a partire dalla fine del 1400 il Boscovich, già nel 1765, affermava lucidamente che nell'erosione del suolo « conviene vedere l'origine della sua sempre maggiore infelicità ita crescendo negli ultimi due secoli. Essa è

stata quella cagione medesima, per cui tante parti d'Italia hanno tanto sofferto, e soffrono tuttora senza rimedio... L'Italia una volta era piena di selve e prati e massimamente le sue colline e montagne non erano ridotte a coltura. La coltivazione sopravvenuta ha fatto sì, che ora i fiumi sono assai più torbidi per la materia mossa dall'aratro e dalla zappa e strascinata dalle acque piovane, di quanto fosse una volta.

... Le torbide poi spinte in mare e ribattute dal mare istesso fanno crescere a proporzione della loro materia le spiagge... Ove i fiumi sono incassati con moli prodotti in mare, l'accrescimento in vicinanza di essi è incomparabilmente maggiore, che ove sono liberi, addensandosi la materia nel primo caso ad essi moli, che la arrestano, e spandendosi a maggiore distanza nel secondo⁽¹¹⁾ ».

⁽⁹⁾ *Ibid.*, p. 5-6.

⁽¹⁰⁾ Le successive posizioni della linea di costa e le principali fasi di allungamento dei moli portuali sono state ricostruite sulla base delle carte topografiche presenti nella Biblioteca Piancastelli di Forlì. Sono stati inoltre utilizzati, oltre allo studio (citato, i seguenti lavori: Anonimo (S. Calindri), *Lettera di un riminese ad un amico di Roma*, Roma 1768; JACQUIER e LE SEUR, *Del porto di Rimini (Memoria)*, Roma 1768.

⁽¹¹⁾ R. G. BOSCOVICH, *Del porto di Rimini*, Pesaro, 1765.

EVOLUZIONE STORICA DEL PORTO DI RIMINI

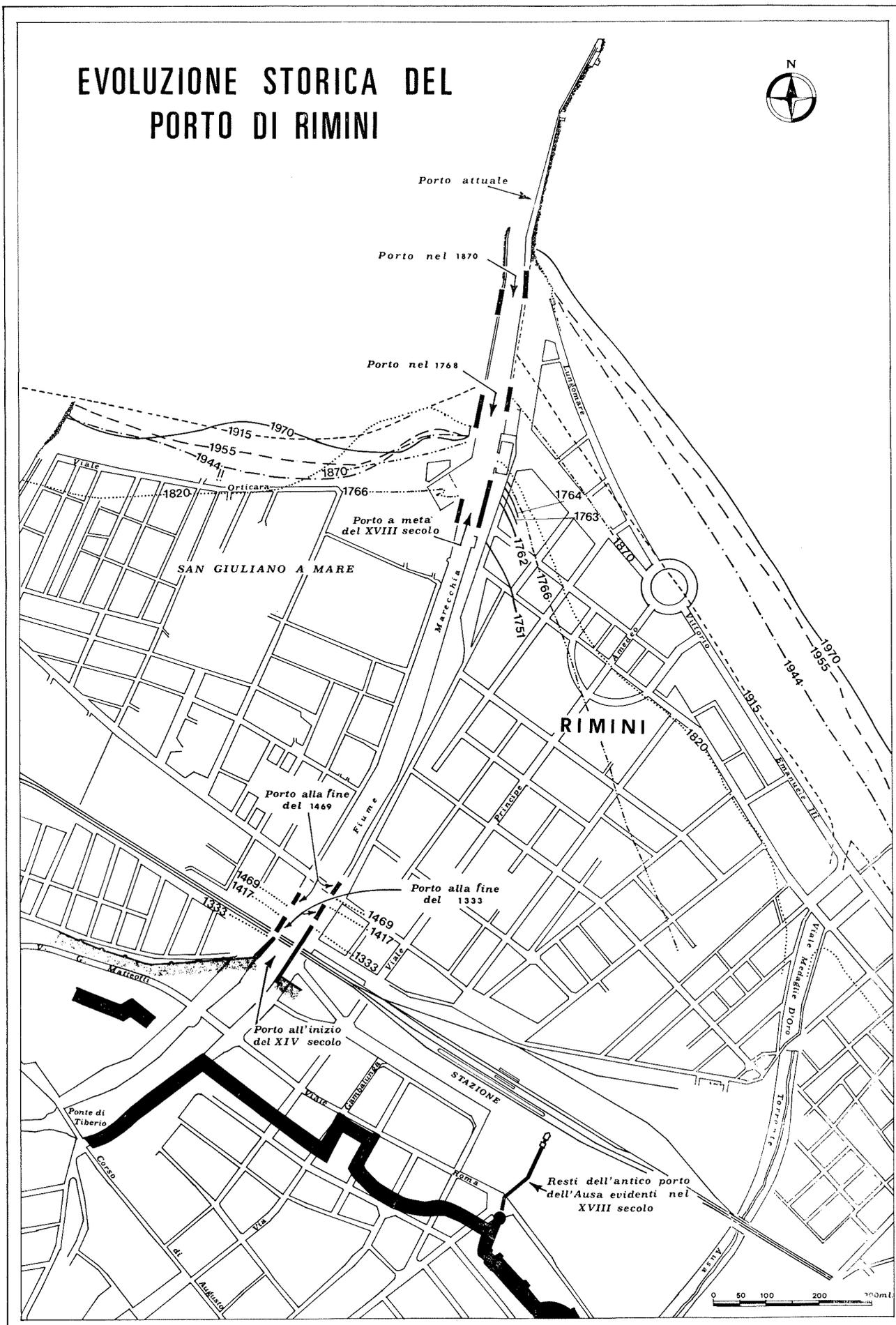


Figura n. 99

La formazione del delta del Marecchia ha determinato il continuo allungamento del porto canale.

8.4. Il porto di Cesenatico e la spiaggia

Anche lo sviluppo del porto-canale di Cesenatico ha contemporaneamente seguito e determinato lo sviluppo della spiaggia. La situazione generale è però profondamente diversa da quella esaminata nel caso del porto di Rimini. Due cose soprattutto differenziano la situazione di Cesenatico da quella riminese: l'assenza di un corso d'acqua con torbide significative nel porto e un progressivo aumento della lunghezza dei moli, che non ha mai perturbato significativamente il trasporto litoraneo dei materiali sabbiosi. Il porto, infatti, è alimentato dai canali di scolo (vene) della pianura.

Nella figura n. 102 si può osservare lo sviluppo storico del porto di Cesenatico e le modalità delle variazioni della spiaggia ai suoi lati ⁽¹²⁾. Il protrendimento della spiaggia è stato costante anche se con fasi più lente ed altre più veloci ⁽¹³⁾.

8.5. L'erosione accelerata

Come era già chiaro al Boscovich, l'erosione accelerata del suolo, determinata dall'uomo, ha avuto una notevole importanza nel provocare le variazioni storiche della costa in esame ⁽¹⁴⁾. Infatti la principale fonte di approvvigionamento dei sedimenti della nostra spiaggia è costituita dal trasporto solido dei fiumi dal Savio al Foglia. Questo oggi è particolarmente vero in quanto il porto di Pesaro praticamente blocca il trasporto litoraneo da sud del Foglia e il moto prevalente delle correnti di spiaggia suddivide tra il nord e il sud i sedimenti del Savio.

La situazione idrogeologica del territorio dal bacino del Savio a quello del Foglia inclusi ha quindi una importanza determinante nel condizionare gli equilibri delle spiagge. All'alba del popolamento agricolo, quando le condizioni erosive del territorio erano normali, nella montagna, specie in quella più alta, dominavano le Faggete dai ricchi sottoboschi erbacei e le Abetine. Sulle cime ventilate dei monti si distendevano rigogliosi prati naturali e povere vegetazioni rupestri si abbarbicavano sulle pendici troppo ripide. Nella collina il Quer-

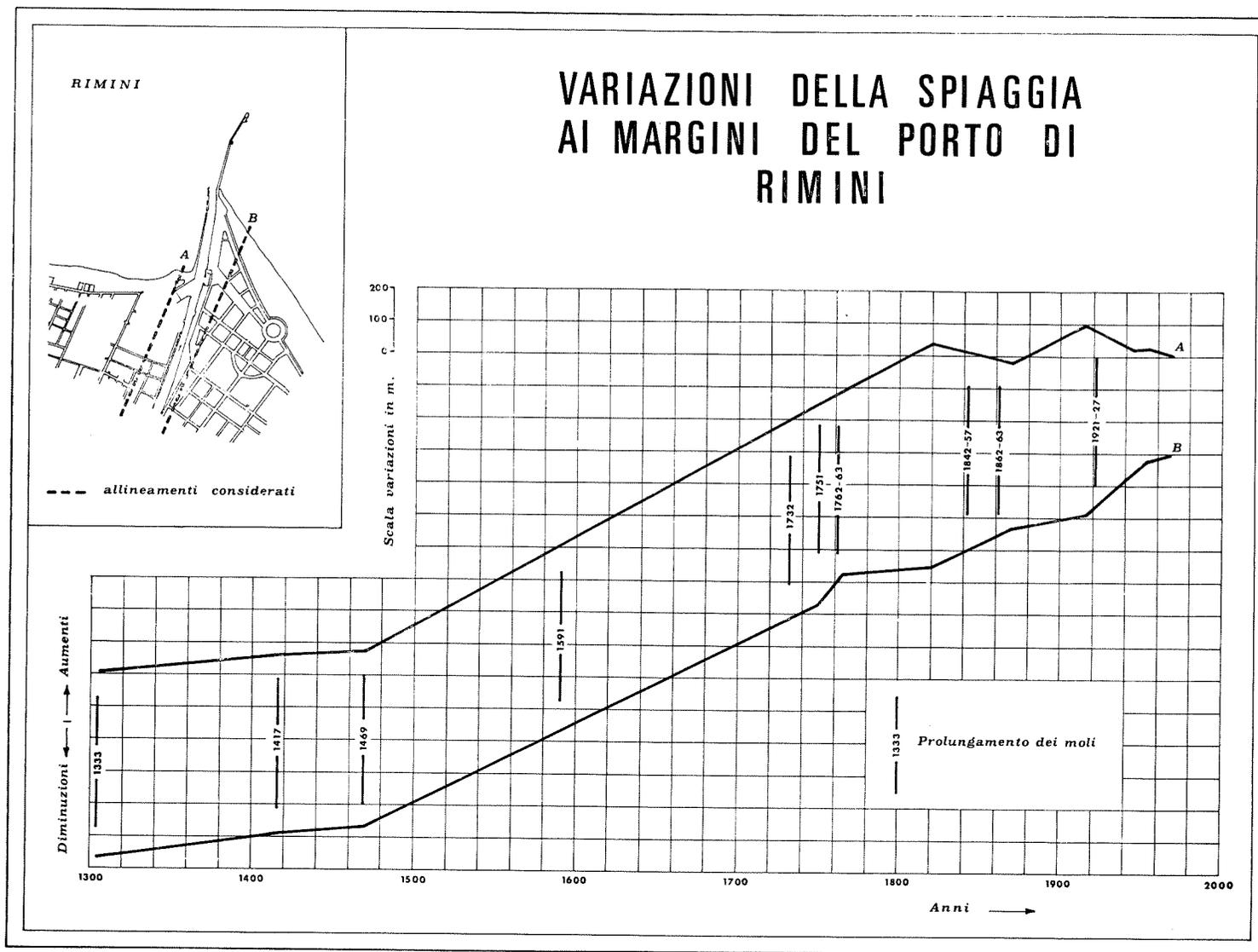


Figura n. 100

⁽¹²⁾ Nella redazione di tale figura sono stati tenuti presenti, tra l'altro, i seguenti lavori: A. D'ARRIGO, *Leonardo da Vinci e il regime della spiaggia di Cesenatico. Ricerche sulle origini dei porti-canali del Rinascimento*, in «Annali dei Lavori Pubblici», Roma 1939 e 1940, n. 11 e 12 del 1939 e 4 del 1940; A. D'ARRIGO, *Leonardo da Vinci e le variazioni della spiaggia di Cesenatico dal 1502 al 1968*, in «Ingegneria», Milano 1970, n. 2; D. GOTTARDO, *Porto canale di Cesenatico progettato da Leonardo da Vinci. Ricerca del punto terminale del molo destro*, in «Bollettino Mensile», n. 9, Camera di Commercio, Forlì, 1971.

⁽¹³⁾ Dopo questo breve cenno sulle principali opere marittime perpendicolari alla costa, ci si dovrebbe soffermare su quelle parallele alla spiaggia. Il discorso in merito sarà invece ripreso parlando successivamente delle opere di difesa e dei loro effetti.

⁽¹⁴⁾ Nella morfologia di un territorio generalmente si possono riconoscere le tracce di due fatti erosivi: quello antico (*erosione normale*) che ha finito col conferire al paesaggio il tipico aspetto; quello recente (*erosione accelerata*) conseguente al disboscamento e alla messa a coltura, frutto del turbamento del vecchio equilibrio in lentissimo divenire. Infatti dove il mantello vegetale è in condizioni naturali l'erosione del suolo è, in generale, limitata al normale ricambio tra il suolo progressivamente usurato e i prodotti dell'alterazione di nuova roccia. Vi sarà naturalmente l'incisione valliva, la frana e la superficie rocciosa nuda; ma questi fenomeni resteranno circoscritti, mentre al di sotto del manto vegetale, e tramite un suolo in costante rinnovamento, le apparenze immutabili della morfologia subiranno la loro lenta e quasi inavvertibile evoluzione. In ogni caso l'erosione in atto sarà tanto più contenuta dalla vegetazione, quanto meno giovanile sarà il paesaggio. Tra le principali attività dell'uomo, che aprono la via all'erosione accelerata del suolo, sono: il disboscamento e il dissodamento di pendici ripide; lo sfruttamento del ceduo e del pascolo; le caratteristiche della vegetazione coltivata e il prolungato sfruttamento del suolo; la pendenza, la disposizione e le dimensioni degli appezzamenti; le caratteristiche delle lavorazioni e delle sistemazioni; l'impovertimento del suolo; gli incendi; l'abbandono dei campi; le costruzioni imprudenti.

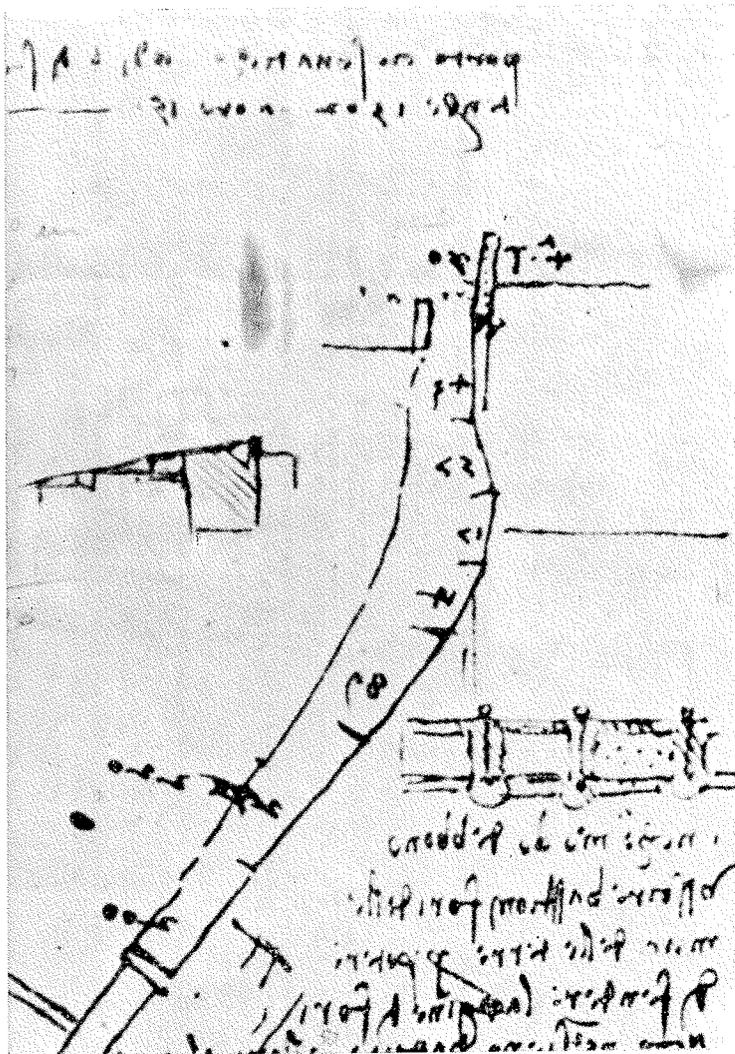


Figura n. 101 — Il porto di Cesenatico disegnato da Leonardo da Vinci

ceto era dominante sui rilievi marnoso-arenacei e molassici, le piante rupestri erano diffuse sui calcari e sui gessi, una vegetazione erbacea o boschiva dominava sui suoli argillosi fino ai margini degli squallidi calanchi; nella pianura il Querceto si estendeva dalle antiche conoidi fluviali fino alla fascia lagunare e valliva, dove dominava una caratteristica vegetazione, e fino sul litorale. Presso la spiaggia, infine, vegetavano indisturbate le piante erbacee dei suoli a forte salinità.

Fino all'età del bronzo la caccia e la pastorizia dovevano esercitarsi nelle condizioni offerte dalla natura senza sostanzialmente violare l'ambiente. Durante l'età del bronzo l'agricoltura, con un ruolo economico secondario rispetto alla pastorizia, si è sviluppata

specialmente nell'alta pianura, ponendo ovviamente a coltura i terreni pianeggianti. Nell'età del ferro gli stanziamenti umani e quindi le attività agricole occupano i terrazzi alluvionali, che accompagnano i fiumi, mentre la pastorizia e la caccia continuavano probabilmente senza portare sostanziali modifiche alle condizioni naturali della collina e della montagna.

Nell'età romana il vero interesse fu per le zone di pianura, che furono centuriate e disboscate. Con ogni verosimiglianza la coltivazione del suolo, anche nel periodo imperiale, non andò molto oltre le pendici più dolci della bassa collina e i suoli meno in pendio che affiancavano le valli e le alluvioni terrazzate. Il restante territorio, praticamente inalterato, offriva pascoli spontanei ai greggi, castagne e legname.

Nel Medioevo barbarico, con una popolazione ridotta al minimo, con l'abbandono delle opere agricole romane, e quindi contemporaneamente al reinselvatichimento della pianura, iniziò il processo che doveva portare all'attuale grado di erosione le zone collinari e montane.

La fuga delle popolazioni di fronte alle orde barbariche e alle milizie ugualmente barbare che le fronteggiavano portò infatti al disboscamento e alla messa a coltura di pendici, che in altri tempi sarebbero state prive di interesse. Su questi pendii in breve ebbe libero gioco l'erosione idrica. A causa dell'esiguità della popolazione⁽¹⁵⁾, anche nel Medioevo l'intervento dell'uomo non ha decisamente inciso nelle condizioni naturali dell'alta collina e montagna. Ha solo gettato le basi di un processo, sviluppatosi nei secoli successivi.

Verso la fine del Medioevo la popolazione ha cominciato progressivamente ad aumentare e col Rinascimento ha preso un significativo avvio il processo di estensione delle colture nella collina e nella montagna e quindi il fenomeno dell'erosione accelerata del suolo che ha finito col favorire la crescita delle spiagge.

L'erodibilità delle formazioni geologiche affioranti nel territorio in esame, la cui distribuzione può essere osservata nella figura n. 103⁽¹⁶⁾, è notevole. Sono infatti molto diffuse sia le rocce argillose e marnose, sia le argille scagliose. Anche le altre formazioni litologiche più resistenti presentano spesso forti acclività superficiali e quindi sono fortemente esposte ai fatti erosivi⁽¹⁷⁾. I suoli, poi, hanno subito forti erosioni: frequentemente nelle zone collinari e montane sono stati completamente asportati o decisamente riaccostati alle caratteristiche della roccia madre. Questo appare ben evidente nella carta dell'erosione dei suoli (figura n. 104), ove⁽¹⁸⁾ si può avere un'idea dell'importanza e dell'intensità dei fenomeni erosivi in atto nei suoli.

L'intervento dell'uomo, specie nel nostro secolo, si è sviluppato anche in modo da provocare una riduzione nell'apporto di materiali al mare ad opera dei fiumi. Le opere di sistemazione montana, i rimboschimenti, le opere di arginatura e di imbrigliamento nei fiumi e nei torrenti, la costruzione di invasi artificiali (lago di Quarto) hanno certamente conseguito questo risultato. Esistono solo dati parziali ed indicativi di questo fenomeno. Buli⁽¹⁹⁾ valuta in sei milioni di metri cubi il materiale trattenuto in conseguenza dei lavori di sistemazione del Marecchia tra il 1911 e il 1928. A sua vol-

⁽¹⁵⁾ Si veda in proposito A. ANTONIAZZI, *L'utilizzazione del suolo nella Provincia di Forlì*, Camera di Commercio, Forlì 1966, p. 19.

⁽¹⁶⁾ La carta è stata costruita utilizzando le Carte Geologiche in scala 1:100.000 del Servizio Geologico d'Italia e rilievi originali.

⁽¹⁷⁾ Si veda in proposito: A. ANTONIAZZI, V. PROLI, *L'erosione del suolo nella Provincia di Forlì*, C.C.I.A.A., Forlì, 1968.

⁽¹⁸⁾ Le classi di erosione adottate sono le seguenti: *suoli con erosione normale*: suoli coltivati pianeggianti, in cui i fenomeni di erosione sono limitati, per ragioni morfologiche e di sistemazione del terreno, al normale ricambio del suolo; *suoli con erosione debole*: suoli naturali, anche in pendio, in cui si presenta una limitata e localizzata erosione idrica diffusa nella parte più superficiale dell'orizzonte umifero A; suoli coltivati, generalmente pianeggianti, in cui le lavorazioni riguardano l'orizzonte A residuo ed eventualmente gli orizzonti differenziati sottostanti; *suoli con erosione moderata*: suoli naturali in cui l'orizzonte A è profondamente intaccato da fenomeni di erosione idrica diffusa; suoli coltivati in cui le lavorazioni interessano l'orizzonte A residuo e gli orizzonti sottostanti; *suoli con erosione forte*: suoli naturali in cui l'erosione idrica diffusa e localmente quella incanalata hanno asportato in modo più o meno completo l'orizzonte A del profilo; suoli coltivati in cui le lavorazioni giungono ad intaccare la roccia madre o i substrati pedogenetici; *suoli con erosione fortissima*: affioramenti di rocce nude con una moderata alterazione superficiale di carattere prevalentemente fisico e con lembi di suoli residui tra i solchi scavati da un'erosione idrica incanalata assai attiva e generalizzata.

⁽¹⁹⁾ U. BULI, *Studio sulle variazioni della linea di spiaggia del litorale riminese*, in «Giornali di Geologia», Ser. II, Vol. 11, Bologna 1936, pp. 18-19.

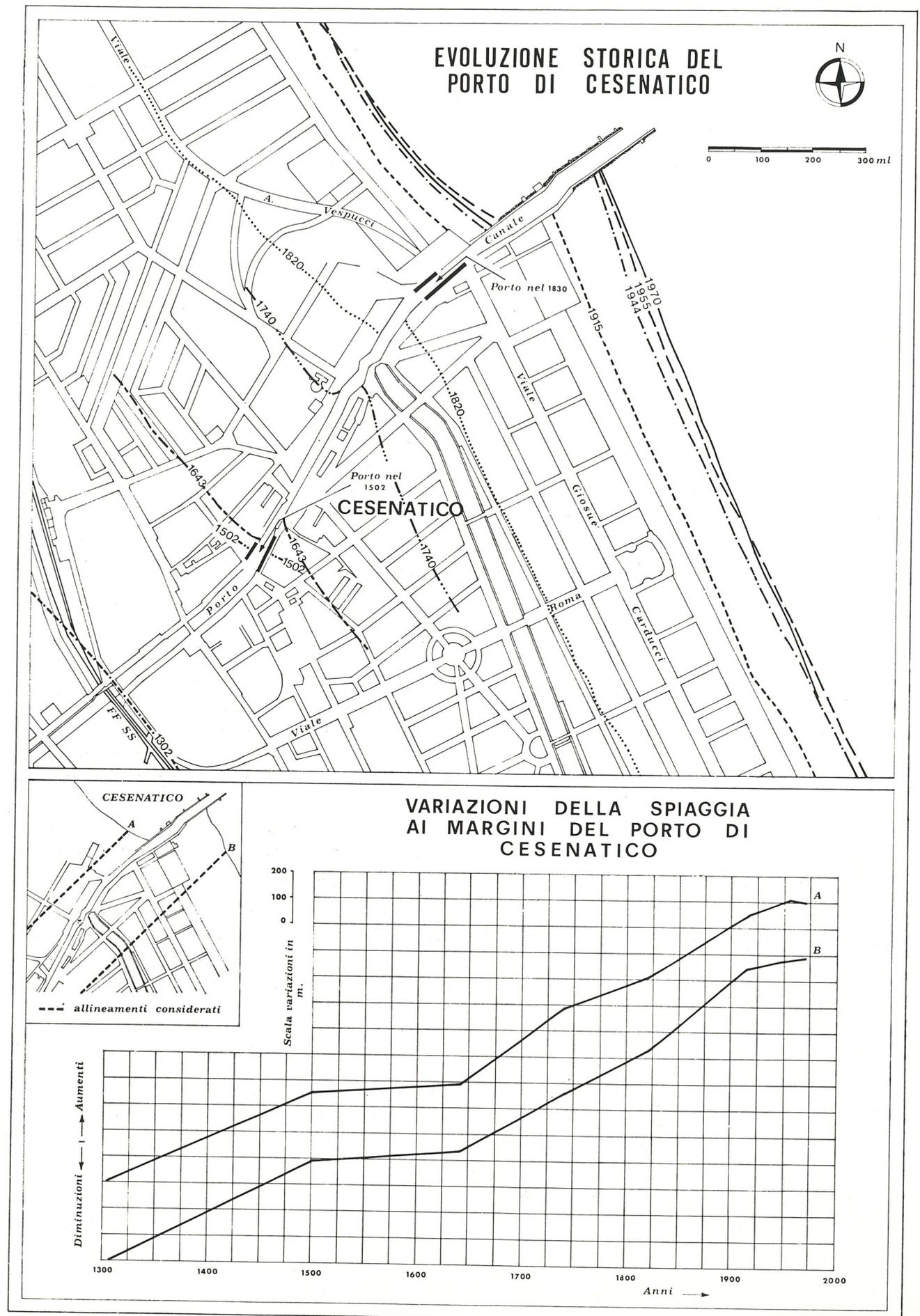


Figura n. 102

Il continuo allungamento del porto-canale di Cesenatico testimonia una intensa sedimentazione costiera.

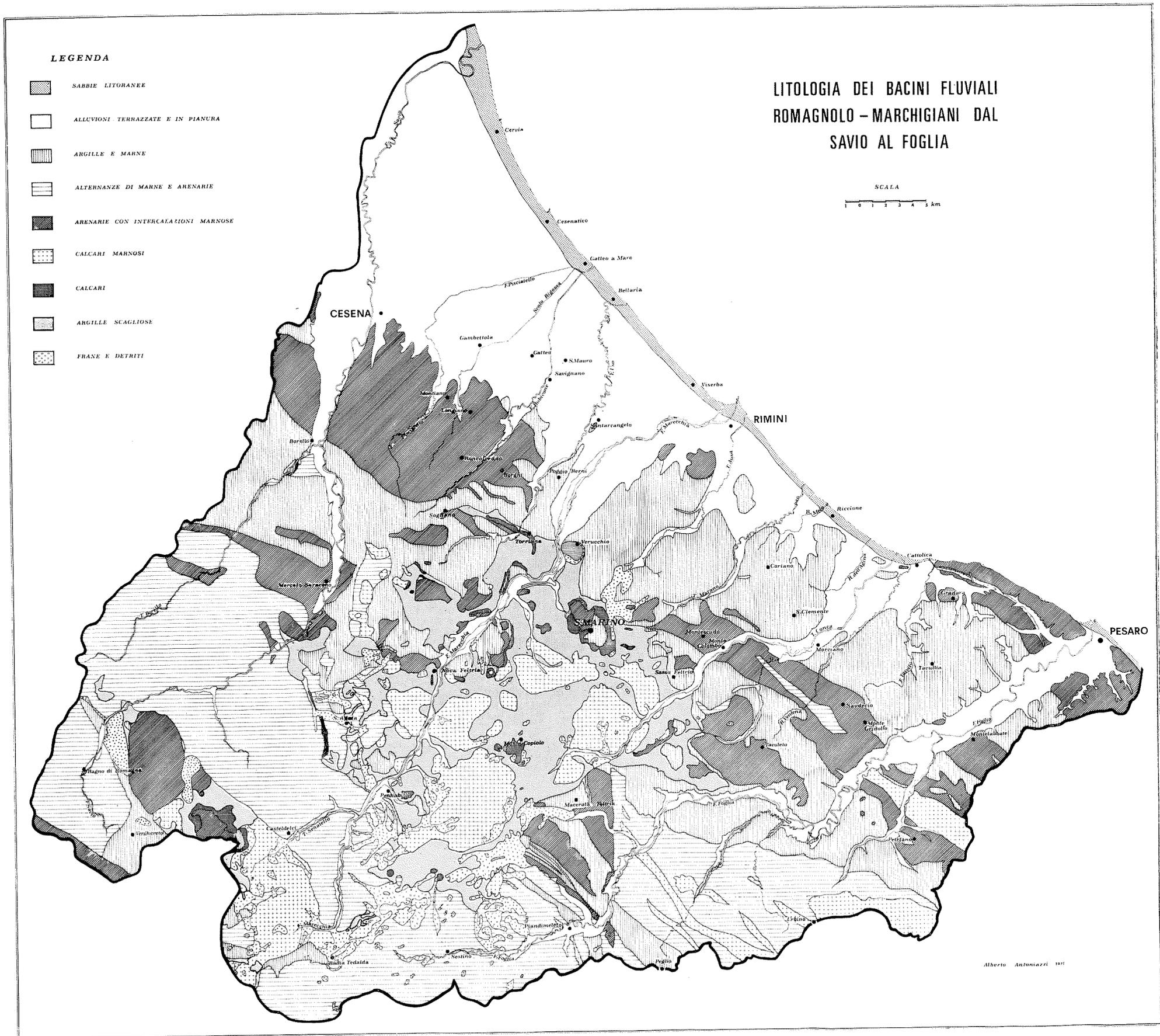


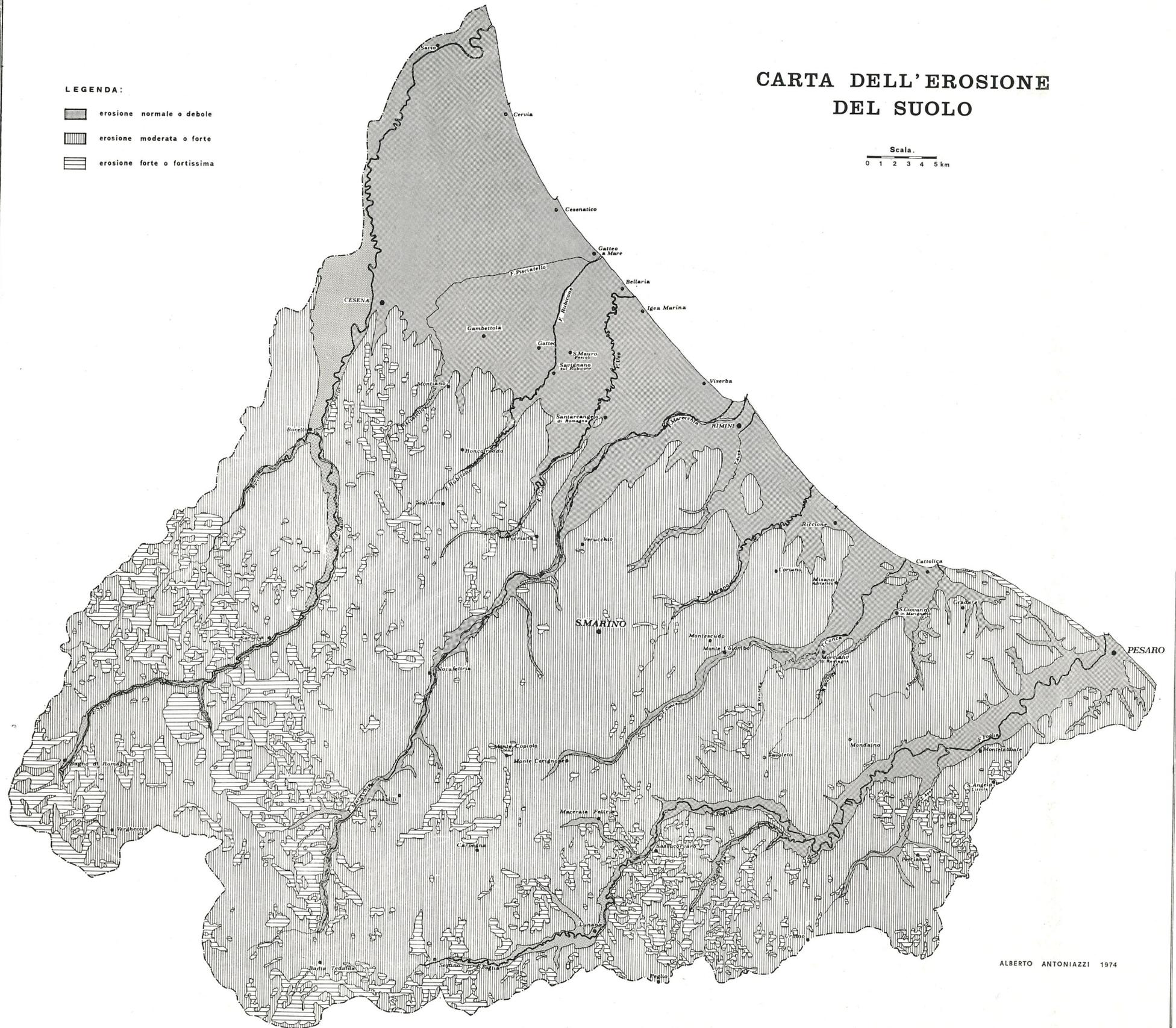
Figura n. 103

CARTA DELL'EROSIONE DEL SUOLO

LEGENDA:

-  erosione normale o debole
-  erosione moderata o forte
-  erosione forte o fortissima

Scala.
0 1 2 3 4 5 km



ALBERTO ANTONIAZZI 1974

Figura n. 104

ta il bacino del lago di Quarto nell'alto Savio ⁽²⁰⁾ tra il 1925 e il 1958 si è ridotto dell'86 per cento del proprio volume trattenendo quasi quattro milioni di metri cubi di materiali.

8.6. Escavazioni negli alvei fluviali

Le estrazioni di materiali lapidei negli alvei dei maggiori corsi d'acqua del territorio in esame, sono state veramente notevoli. Il professor Supino, ad esempio, in una relazione inedita del 1960, stima certamente superiore a 300.000 metri cubi all'anno il materiale asportato per le costruzioni dai bacini del Conca, del Marecchia e dell'Uso e ritiene che « attualmente l'asportazione dei materiali dai corsi d'acqua sia la causa principale dell'arretramento della spiaggia ⁽²¹⁾ ».

Per quanto concerne il Savio, nella relazione tecnica allegata ad una richiesta di lavori urgenti di difesa, inviata al Ministro dei Lavori Pubblici dalla *Pro Loco* di Lido di Savio, viene affermato che « gli indiscriminati escavi di una draga alla foce del Savio, autorizzati regolarmente, hanno sottratto al mare in sette anni di funzionamento della draga, un milione circa di metri cubi di materiale ⁽²²⁾ ». Anche in una pubblicazione del 1969 « gli scavi di un milione di metri cubi di sabbia autorizzati negli ultimi anni nei pressi della foce » del Savio sono indicati tra le principali cause della eccezionale riduzione verificatasi nel delta di questo fiume ⁽²³⁾.

Data l'evidente importanza di queste escavazioni è stato compiuto uno studio apposito, nell'ambito del programma di ricerche sull'erosione marina, sulle quantità di sabbia e di ghiaia estratte dal 1957 al 1972 dagli alvei del Savio, dell'Uso, del Marecchia e del Conca ⁽²⁴⁾. Il quadro complessivo dei dati ottenuti è raccolto nella tabella n. 22, nella quale si può osservare come dagli alvei considerati siano stati estratti oltre nove milioni di metri cubi di materiali nei sedici anni considerati. In valori arrotondati il 71% delle sabbie e delle ghiaie è stato asportato dal Marecchia, il 22% dal Savio, il 5% dal Conca e il 2% dall'Uso. Rispetto al valore medio annuo di 575 mila metri cubi, fatto pari a 100, l'estrazione complessiva è stata superiore alla media dal 1958 al 1966. Nel 1972 è stata raggiunta l'estrazione minima, pari al 73% di quella media, che però avviene quasi esclusivamente nell'alveo del

Tab. n. 22 — MATERIALI LAPIDEI ESTRATTI DAGLI ALVEI DEL SAVIO, DELL'USO, DEL MARECCHIA E DEL CONCA DAL 1957 AL 1972 IN MIGLIAIA DI METRI CUBI.

Anno	Savio 10 ³ mc	Uso 10 ³ mc	Marecchia 10 ³ mc	Conca 10 ³ mc	Totale 10 ³ mc
1957	189	9	325	10	533
1958	196	7	377	9	589
1959	187	12	380	19	598
1960	150	13	497	21	681
1961	182	22	416	33	653
1962	208	25	307	50	590
1963	233	27	315	56	631
1964	189	26	575	54	844
1965	139	20	400	52	611
1966	287	20	354	90	751
1967	9	25	366	46	446
1968	7	8	432	10	457
1969	8	10	438	12	468
1970	6	—	460	9	475
1971	5	—	434	9	448
1972	5	—	420	—	425
Totale	2.000	224	6.496	480	9.200
media annua	125	14	406	30	575

Marecchia. Si può così constatare come, purtroppo, sia caduta nel vuoto l'esortazione del professor Supino ad impedire con ogni mezzo la asportazione di ghiaia e sabbia dal Marecchia e dal Conca. Le necessità delle imprese, che devono fornirsi di detti materiali, potranno

essere soddisfatte dalle cave di pietra già aperte e da aprirsi nella zona montana, col vantaggio che gli eventuali detriti inutilizzabili potranno contribuire anch'essi al trasporto solido ⁽²⁵⁾.

⁽²⁰⁾ T. GAZZOLO, *Il grado di erodibilità dei terreni e il trasporto solido nei bacini della regione emiliano-romagnola e marchigiana*, in «Giornale del Genio Civile», 2 e 3, 1960.

⁽²¹⁾ G. SUPINO, *Le variazioni delle spiagge del litorale riminese*, Bologna 2 agosto 1960, relazione inedita redatta per conto dell'Amministrazione Comunale di Rimini, p. 11.

⁽²²⁾ Domanda del 18 gennaio 1969, firmata del prof. Adriano Mariani, Presidente della Pro Loco di Lido del Savio, e relazione tecnica allegata del 7 gennaio 1969.

⁽²³⁾ N. MARINI, *L'erosione marina nemica della nostra riviera*, in «Tutta Cervia», anno 1, n. 3, Cervia 1969, p.2.

⁽²⁴⁾ Lo studio, in preparazione per la stampa, è stato compiuto dal geometra Valdes Proli, direttore tecnico del Consorzio di Bonifica di Predappio, e dallo scrivente, mediante un accurato rilievo dei tratti fluviali nei quali sono avvenute le estrazioni e delle quantità concesse. Sono stati, inoltre, consultati esperti del settore e quanti potevano fornire informazioni utili. La valutazione finale dei dati e la loro elaborazione ha portato prudenzialmente ad ammettere una estrazione media di poco più di un metro cubo di materiali per ogni metro quadrato di superficie escavata. A giudizio degli esperti questo valore è piuttosto basso.

⁽²⁵⁾ SUPINO, *Le variazioni delle spiagge*, cit., p. 11. Oltre all'erosione marina le escavazioni negli alvei fluviali hanno determinato l'approfondimento degli alvei, specie nelle zone collinari e montane, provocando lo scalzamento delle opere parallele e trasversali al corso d'acqua (ponti, briglie, muri ecc.). Nelle aree pedecollinari, l'approfondimento degli alvei, ha inoltre portato le acque a scorrere per gran parte dell'anno nei terreni impermeabili, sui quali poggiano le alluvioni dove prima fluivano. Questo ha ridotto notevolmente l'alimentazione delle preziose falde idriche sotterranee delle conoidi della pianura. La mancanza di una visione d'insieme delle conseguenze delle escavazioni negli alvei fluviali ha quindi determinato danni veramente incalcolabili, il cui costo è già stato, in parte, gravemente pagato dalla collettività.

QUANTITA' DI MATERIALI SCAVATI NELL' ALVEO DEI FIUMI CONCA, MARECCHIA, SAVIO E USO TRA IL 1957 E IL 1972

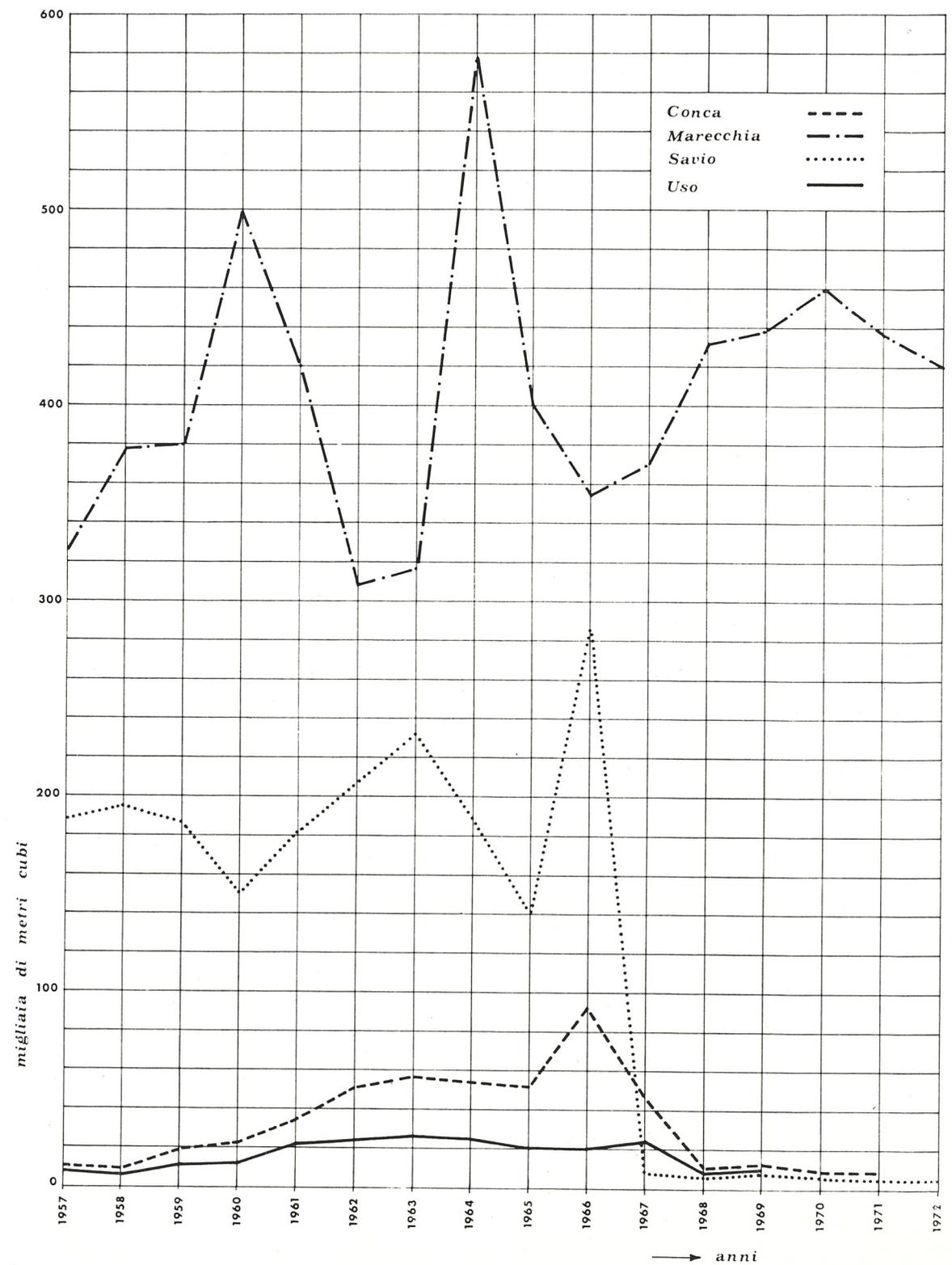


Figura n. 105

Nell'alveo del Marecchia hanno raggiunto due culmini nel 1960 e nel 1964. Nel Savio e nel Conca invece le maggiori estrazioni si sono verificate nel 1966, prima della cessazione delle autorizzazioni.

L'andamento delle estrazioni negli alvei dei quattro corsi d'acqua considerati è evidente nella figura n. 105, mentre la quantità media annua asportata in ciascun tratto degli alvei è indicata nella figura n. 106.

8.7. Estrazione di acque sotterranee

La subsidenza del suolo può essere determinata anche dall'uomo attraverso l'abbassamento delle falde acquifere presenti nel sottosuolo, in seguito all'estrazione di acque sotterranee. Le condizioni che favoriscono questo fenomeno sono la presenza di serbatoi formati da sabbie recenti poco consolidate e cementate, in cui abbondanti estrazioni determinano abbassamenti del livello statico delle acque sotterranee, distribuite in falde acquifere piatte, poco profonde e assai estese. Questa situazione si riscontra, nel litorale in esame, specie da Bellaria verso Cervia. Infatti la profonda conoide del Marecchia, estesa fino ad oltre Torre Pedrera, è prevalentemente ghiaiosa.

Le estrazioni di acque sotterranee ad uso potabile, agricolo e alberghiero sono notevoli lungo la fascia costiera. Nella figura n. 107 sono indicati solo una parte dei pozzi presenti nella zona. Ad ogni modo un recente studio ⁽²⁶⁾ ha mostrato che in questa zona vi è una densità di oltre 10 pozzi acquiferi artesiani per chilometro quadrato. Questo ha determinato notevoli estrazioni d'acqua ed ha portato, negli ultimi decenni, i livelli statici da condizioni di salienza naturale ad una profondità anche superiore ai 20-30 metri dal piano di campagna. A questi emungimenti può essere forse attribuita, almeno in parte, la particolare subsidenza che ha recentemente colpito la zona di Bellaria e di Cesenatico.

8.8 Le opere di difesa

Le difese parallele aderenti alla costa si possono osservare lungo tutti i tratti del litorale in esame colpiti dall'erosione marina. Esse sono sorte quasi ovunque come immediata difesa di fabbricati minacciati dal mare o come intervento di sistemazione o di ripristino di strade litoranee danneggiate dalle mareggiate. All'atto della costruzione erano quasi sempre a ridosso della battigia e praticamente aderenti alle opere da proteggere. Attualmente, in vari

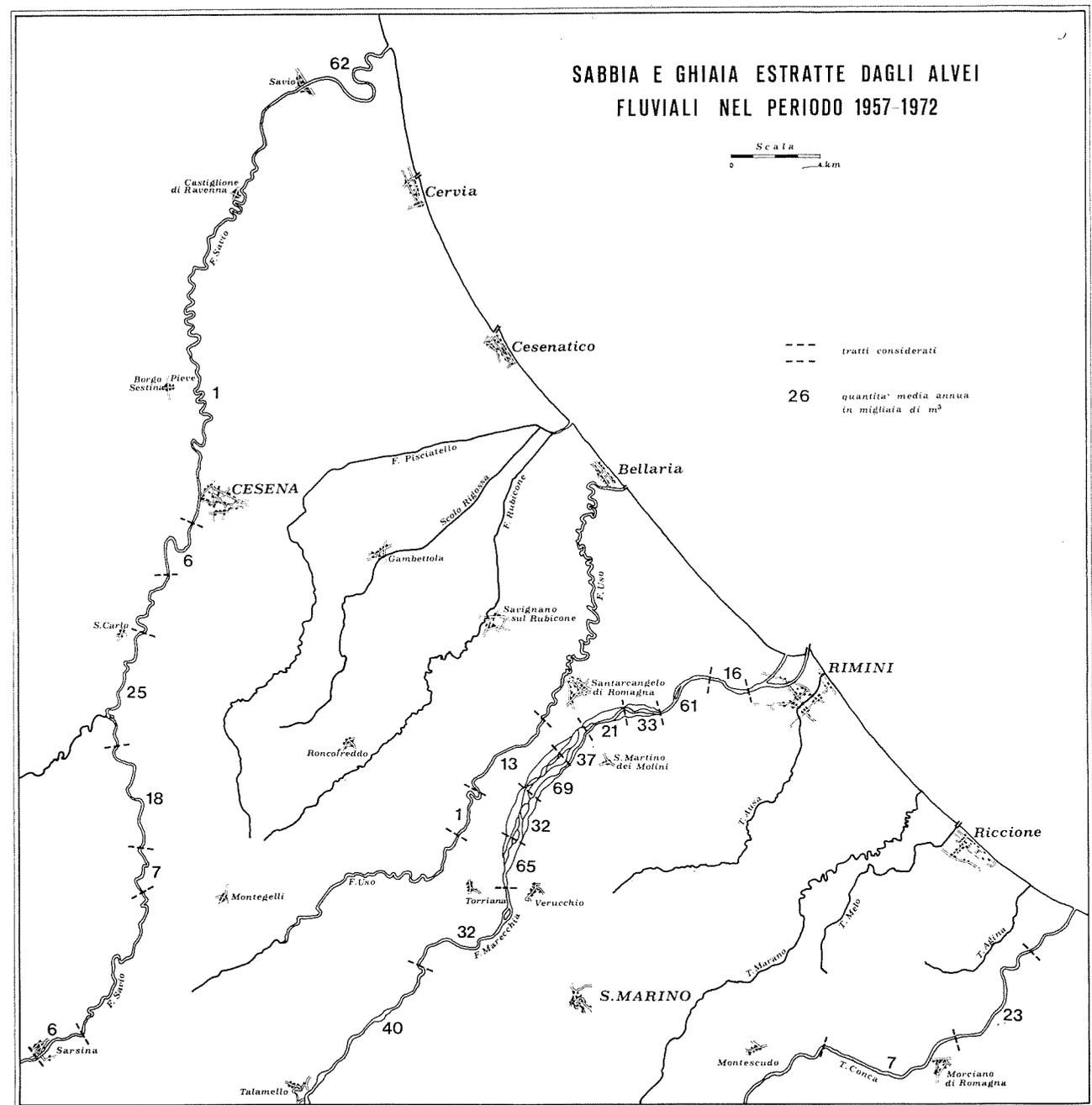


Figura n. 106

casi, sono state allontanate dal mare o risultano difese da altre opere, come le scogliere frangiflutto costruite più al largo. Dove queste costruzioni sono rimaste esposte alle mareggiate hanno determinato l'asportazione della spiaggia emersa e la loro stabilità è continua-

mente pregiudicata dallo scalzamento.

Lungo la costa in esame si possono osservare vari tipi di opere di difesa parallele aderenti. Quelle impermeabili sono rappresentate generalmente da muri verticali o inclinati in conglomerato cementizio (figura n. 108) con

(25) Eseguito dallo scrivente per il Consorzio Acque per le Province di Forlì e Ravenna.

POZZI ARTESIANI PERFORATI TRA RIMINI E CESENATICO

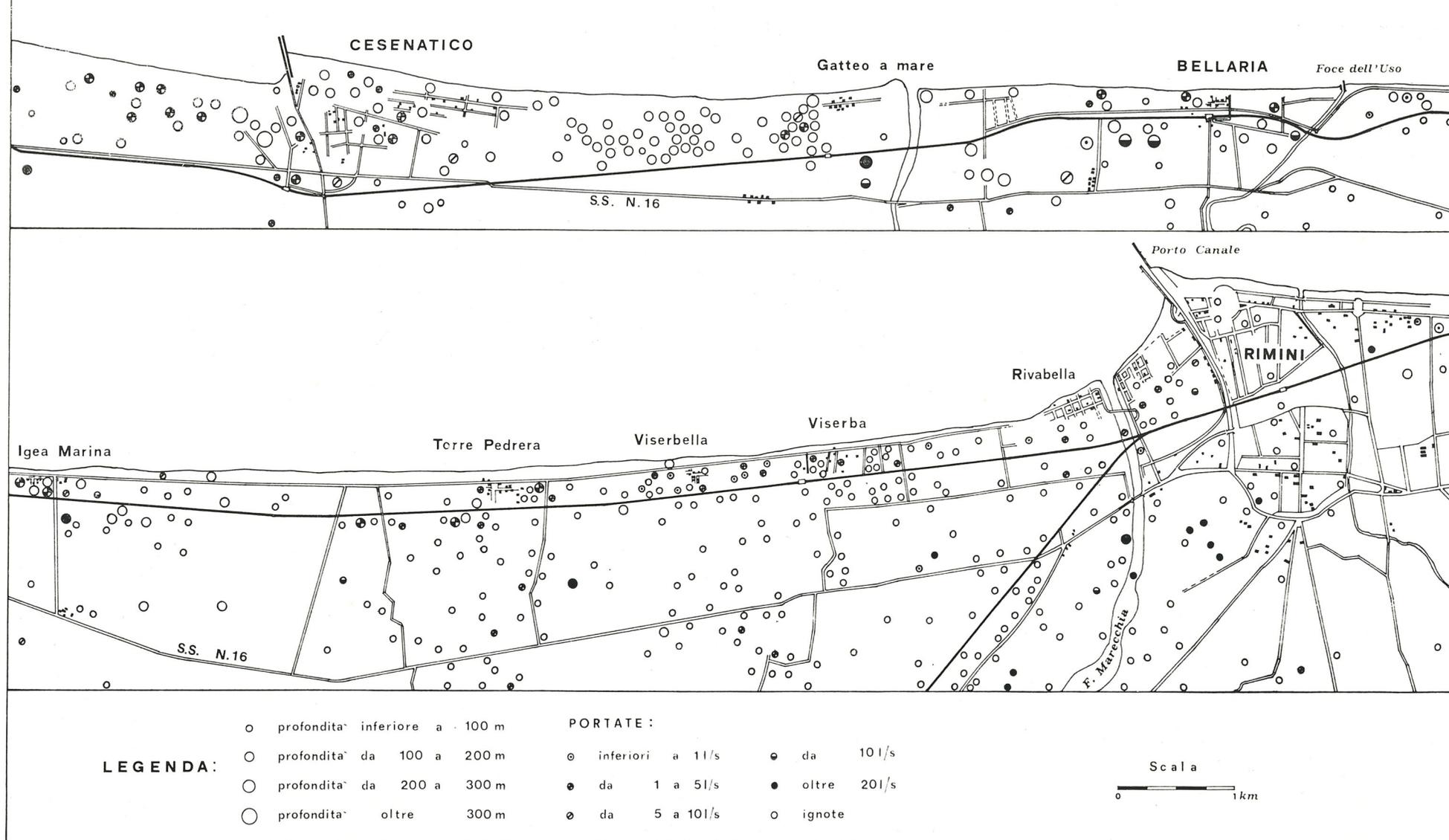


Figura n. 107

fondazioni profonde da un metro e mezzo a due metri e mezzo. Le difese parallele aderenti permeabili sono normalmente costituite da accumuli di massi calcarei allineati lungo i tratti da proteggere. Si tratta comunque di opere instabili e di breve durata, che richiedono in continuazione onerosi lavori di sistemazione e di rifornimento di materiali. Non mancano, infine, opere di difesa parallele aderenti in gabbioni metallici a forma di paralle-

lepipedo rettangolo riempiti di pietrame e rivestiti o meno di cemento. Le fondazioni di queste costruzioni raggiungono le stesse profondità dei muri in conglomerato cementizio.

Spesso difese aderenti parallele di tipo diverso sono associate assieme. E' frequente, ad esempio, la posa di massi calcarei a ridosso della parte a mare dei muri in conglomerato cementizio, quale difesa dallo scalzamento (figura n. 109). Allineamenti di blocchi di roc-

cia sono anche disposti a protezione dei moli nella parte esposta alle mareggiate.

Le più comuni opere di difesa trasversali, sperimentate nel litorale in esame, sono rappresentate da pennelli costruiti in legno, in massi calcarei, in gabbioni di rete metallica riempiti di pietrame, in cemento armato in parallelepipedi o in struttura compatta ecc. I pennelli intervengono nella situazione litoranea come ostacoli al trasporto dei materiali lungo

la spiaggia, capaci di arrestarne la quantità necessaria ai fini della difesa dall'erosione o per provocarne il protendimento. Per la difesa dall'erosione i pennelli sono utili quasi esclusivamente se costruiti a gruppi e dimensionati in modo tale da non impoverire nettamente il trasporto litoraneo di materiali e da non determinare bruschi arresti a ridosso del primo pennello. La loro lunghezza deve essere inoltre adeguata al moto ondoso e alla pendenza della spiaggia. Gli esperti consigliano di prolungarli fino a raggiungere la profondità alla quale le onde non fanno più risentire in modo veramente efficace la propria azione sul fondo. Vanno poi dimensionati in modo da resistere agli scalzamenti e da smorzare le onde, evitandone il frangimento. Sono normalmente costruiti perpendicolarmente alla linea di battigia ed estesi nella spiaggia emersa per evitare l'aggiramento a monte ad opera del mare. La loro altezza deve essere adeguata al profilo che si cerca di realizzare nella spiaggia e va dimensionata con estrema prudenza. La distanza tra i pennelli deve essere stabilita a ragion veduta e deve essere proporzionale alla loro lunghezza e quindi alle caratteristiche generali del paraggio. Spesso viene consigliata una distanza pari a una volta o una volta e mezza la lunghezza. Queste opere di difesa inoltre sono particolarmente utili quando il «nastro trasportatore litoraneo» è ben dotato di materiali. In caso contrario risultano poco efficaci ed è opportuno integrarne l'azione di difesa dalle mareggiate con opere parallele alla costa.

Dei vari gruppi di pennelli realizzati in varie riprese nel litorale in esame, solo quelli costruiti di recente sulla spiaggia di Misano, si veda in proposito la figura n. 111, rispondono ai requisiti esposti. Essi, infatti, sono lunghi circa 40 metri e distano l'uno dall'altro circa 60 metri. Pennelli di vario tipo, anche con strutture angolate, ma di efficacia molto discutibile, si possono osservare lungo la spiaggia a sud di Cesenatico (figura 112). In passato sono state costruite opere di questo tipo anche lungo la costa di Viserba e di Rivabella. I pennelli, dapprima in legno, furono poi realizzati in blocchi prefabbricati in cemento armato. Secondo Borghi⁽²⁷⁾, infatti, nel 1917-1918 ne sono stati costruiti cinque per difendere le ville in prima linea sulla spiaggia di Viserba. Queste opere erano lunghe

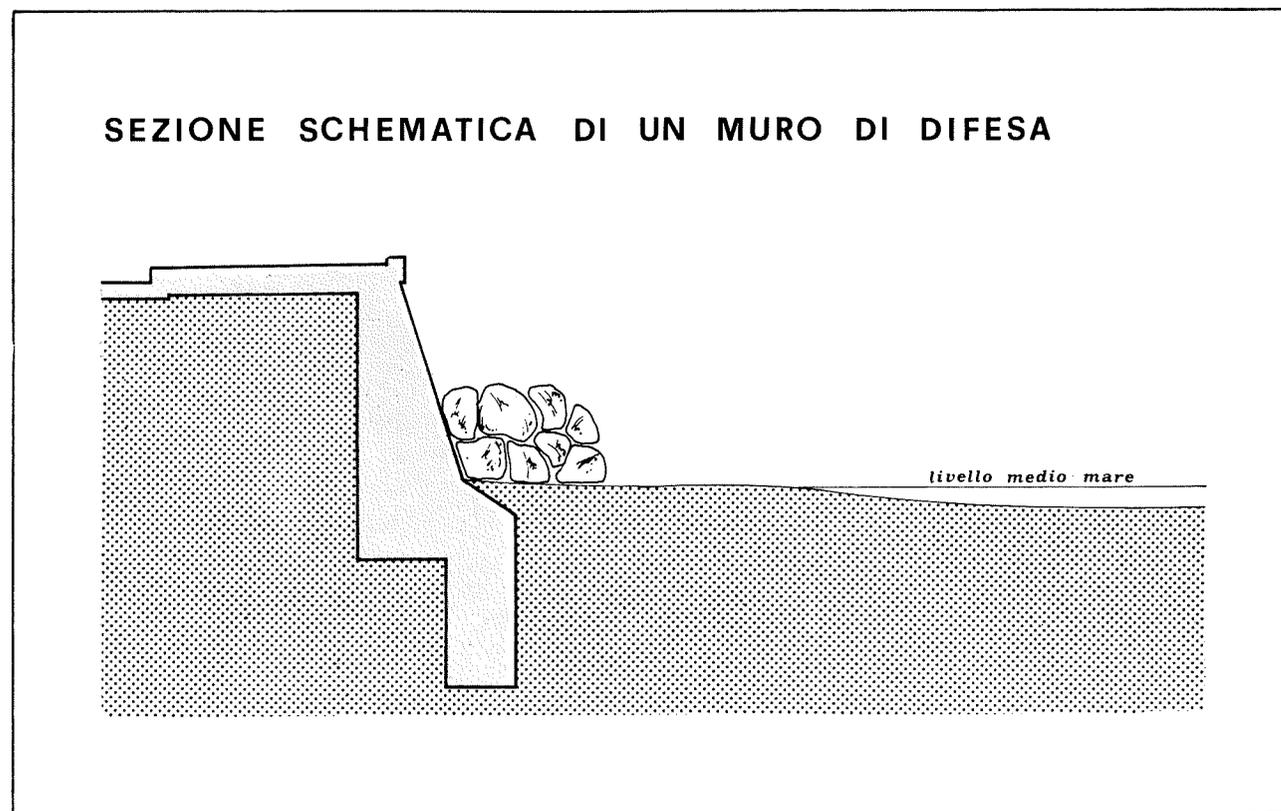


Figura n. 108

circa 30 metri ciascuna ed erano poste ad una distanza di circa 150 metri l'una dall'altra. Altri quattro pennelli, già parzialmente distrutti nel 1928, erano stati costruiti anche a Rivabella. La situazione di questo tratto del litorale nel 1944, ricavata dalle foto aeree della ricognizione Alleata, è evidente nella figura n. 113. Alcuni pennelli, infine, sono ancora visibili lungo la costa, ormai protetta dalle scogliere frangiflutti, a Viserbella.

Altri tipi di opere perpendicolari alla riva sono state sperimentate nel litorale in esame. Si tratta, in particolare, di pennelli metallici flottanti, formati da un asse, sorretto da pali infissi sul fondo, dal quale ciondolano aghi mobili di acciaio. Scopo di queste opere era il rallentamento delle correnti di spiaggia e quindi la sedimentazione della sabbia trasportata. I risultati conseguiti da queste strutture, poste in opera a Cattolica e ad Igea Marina, sono stati molto discussi. Certamente la povertà di sedimenti a disposizione del nastro

trasportatore litoraneo ha giocato a loro sfavore e ha portato alla loro sostituzione con scogliere frangiflutti.

Le opere di difesa in mare sono di gran lunga le più diffuse nel litorale in esame. Sono rappresentate, nella generalità dei casi, da scogliere frangiflutti. La loro distribuzione lungo la costa è evidente nelle figure ove sono riportate le variazioni della linea di spiaggia tra il 1820 e il 1970. Le scogliere costruite successivamente a Igea Marina possono essere osservate nella figura n. 114. Queste opere presentano generalmente una lunghezza variabile tra 90 e 150 metri e sono state normalmente costruite su fondali di due metri o due metri e mezzo. La loro disposizione non è esattamente parallela alla riva, ma forma un angolo aperto verso nord. Sono costituite da un accumulo di blocchi di roccia calcarea e presentano una sezione trapezoidale con la base minore, larga 4 o 5 metri, elevata sul mare medio di circa 50 centimetri.

⁽²⁷⁾ BORGHII, *Le spiagge*, cit., p. 122.

Figura n. 109

Muro di difesa protetto da massi rocciosi.



Figura n. 110

Spiaggia difesa da pennelli, da opere parallele aderenti e da scogliere frangiflutti.



**POSIZIONI DELLA SPIAGGIA A MISANO ADRIATICO
NEGLI ANNI 1820 - 1915 - 1944 - 1955 - 1972**

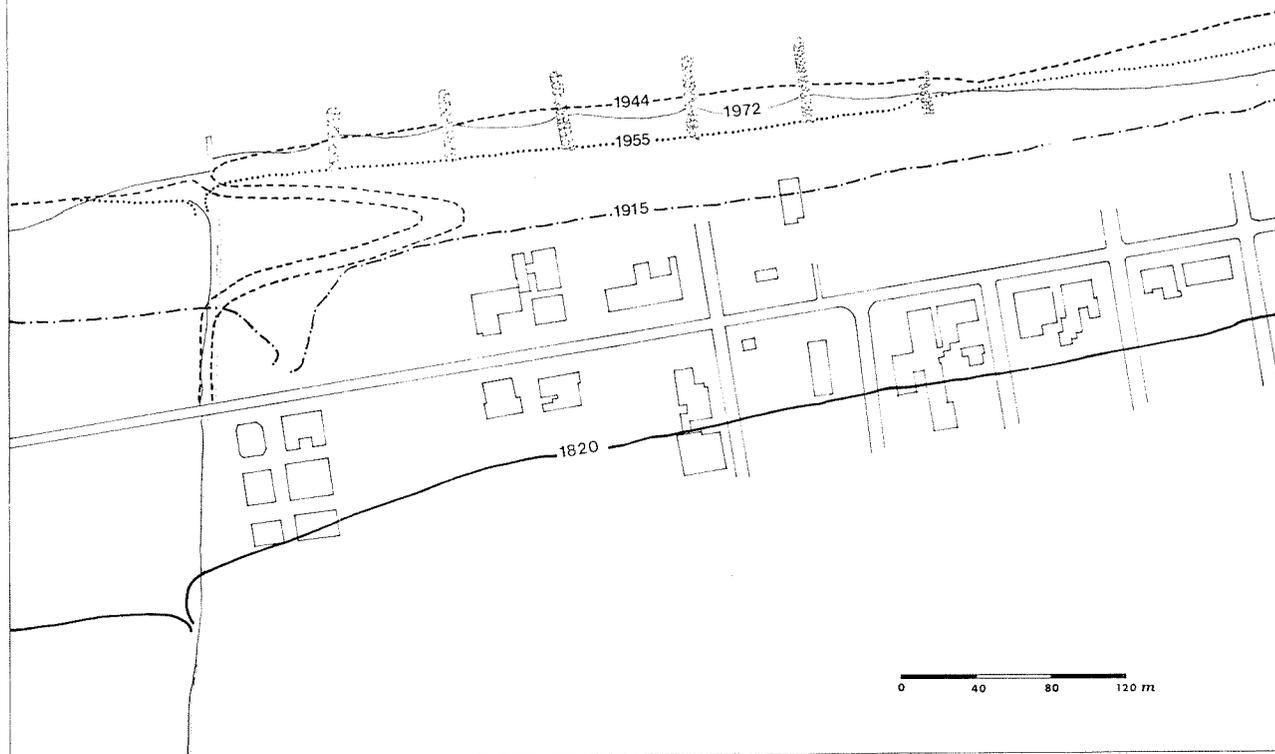


Figura n. 111

Pennelli costruiti recentemente a Misano Adriatico



Figura n. 112

Pennelli costruiti lungo la spiaggia
a Sud di Cesenatico.

Figura n. 113
 La situazione di questo tratto del litorale è stata tratta dalle foto aeree della ricognizione alleata.

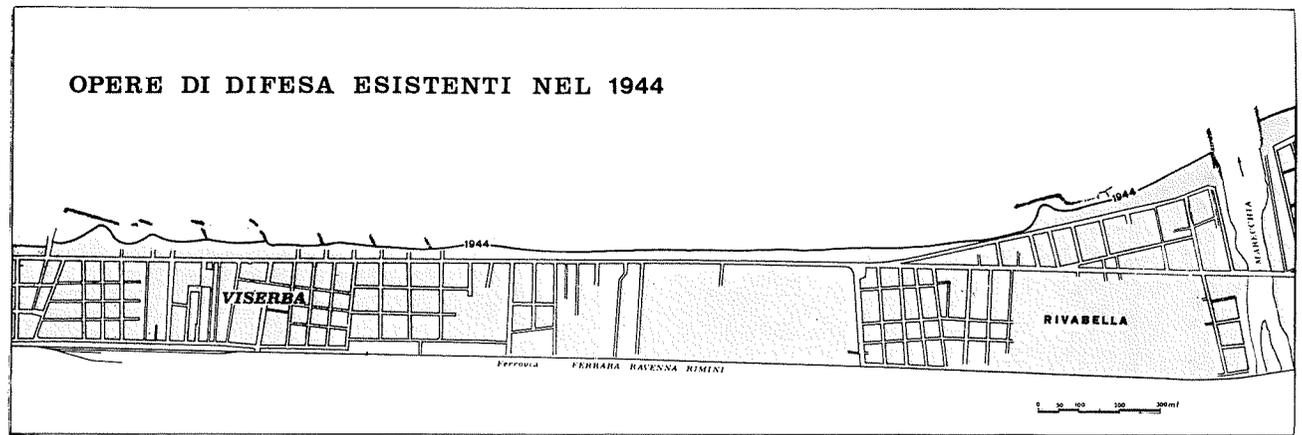


Figura n. 113

Figura n. 114
 Con questa successione di scogliere è stato protetto un tratto costiero gravemente minacciato dall'erosione marina.

Figura n. 114

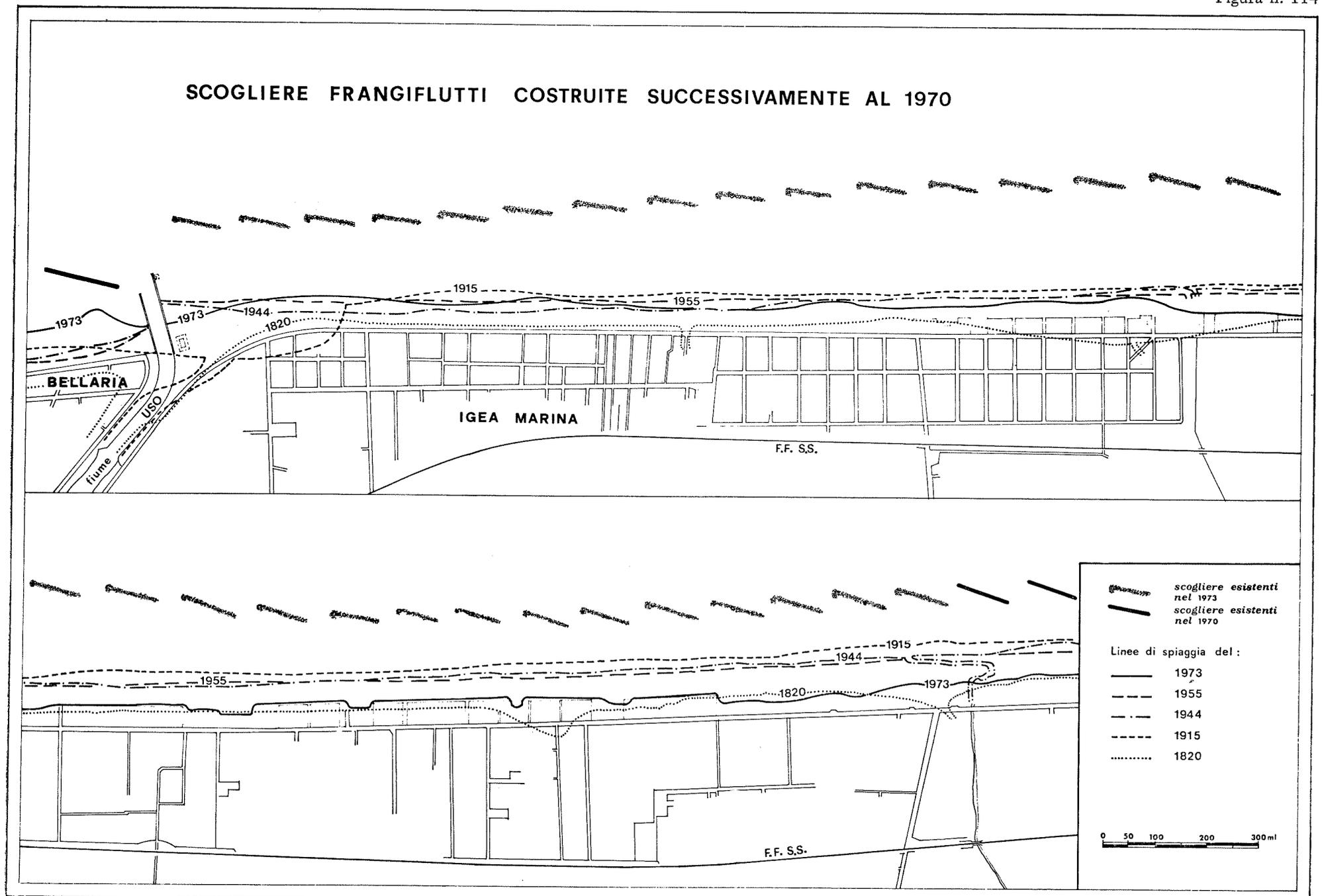


Figura n. 115

Effetto delle scogliere frangiflutti.



Figura n. 116

Variazioni della linea di spiaggia in seguito alla costruzione delle scogliere frangiflutti.

Figura n. 115

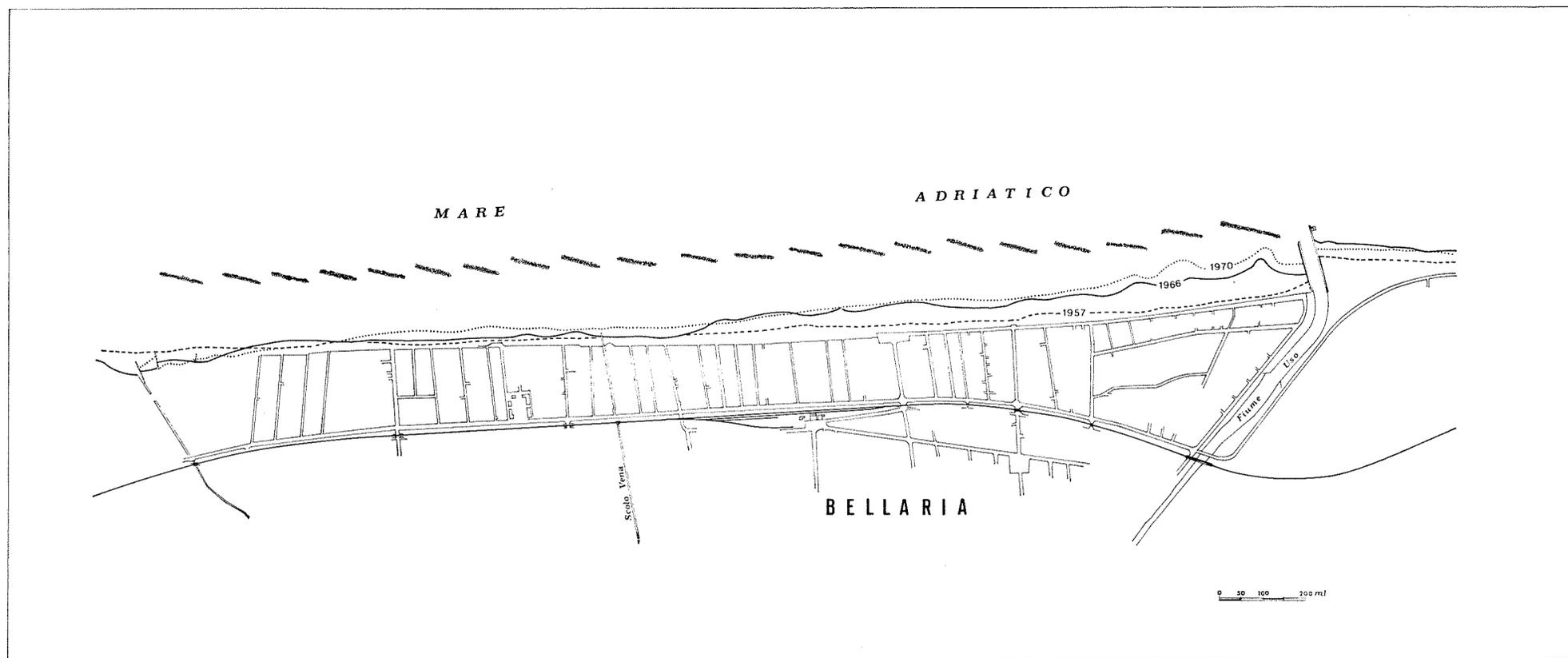


Figura n. 116

La costruzione sistematica delle scogliere frangiflutti, anche se gli interventi sono stati piuttosto discontinui, è iniziata qualche anno prima del 1960. Attualmente sono protetti da scogliere: un tratto di costa presso la foce del Savio, la spiaggia da Valverde di Cesenatico alla foce del Marecchia e il litorale di Cattolica. Dove sono state costruite queste opere hanno svolto una efficace protezione delle strade e degli edifici minacciati dal mare, provocando la massima dissipazione dell'energia delle onde incidenti e quindi diminuendone o annullandone la capacità distruttiva (figura n. 115). Minore efficacia hanno, invece, dimostrato nel produrre ripascimenti lungo le aree litoranee protette. Nella figura n. 116 si può osservare il meccanismo col quale ha operato una successione di scogliere. Situazioni analoghe si constatano negli altri tratti di spiaggia ugualmente protetti. In generale si può affermare che il massimo arresto di materiali si verifica nel settore più meridionale della spiaggia, nel quale generalmente inizia la costruzione delle scogliere frangiflutti ⁽²⁸⁾. Nella figura n. 117 è evidente una situazione che ha imposto la costruzione di queste opere.

Anche in situazioni di carenza di materiali, come quella in esame, all'inizio di una successione di scogliere si ha la rapida formazione di alcuni tomboli, separati da fondali profondi oltre due metri in corrispondenza delle interruzioni tra i successivi frangiflutti. Poi il ripascimento diviene estremamente lento sia per la scarsità di sabbia, sia per il suo scorrere all'esterno delle scogliere. Dove la successione termina verso nord, infine, si ha erosione, come conseguenza della precedente intercettazione di una parte del flusso di materiali in moto prevalente da sud lungo la spiaggia. Nel-



Figura n. 117 — La spiaggia di Cattolica dopo la mareggiata dell'11 aprile 1963. Fenomeni come questo hanno determinato la costruzione delle scogliere frangiflutti. (da S. Pericoli, *Osservazioni geomorfologiche sull'erosione marina nel litorale romagnolo*, in « Studi Romagnoli », XVIII (1967), Faenza, Lega, 1970).

la figura n. 118 è evidente con tutta chiarezza il trasferimento dell'erosione marina lungo la spiaggia di Torre Pedrera ⁽²⁹⁾.

Non risulta, infine, che nel litorale in esame siano stati tentati significativi ripascimenti artificiali delle spiagge.

⁽²⁸⁾ Fa eccezione in proposito la spiaggia di Igea Marina, dove le costruzioni sono state operate in senso inverso, procedendo dalla foce dell'Uso verso Torre Pedrera, tenendo conto del meccanismo di spostamento dell'erosione marina.

⁽²⁹⁾ I dati elaborati nella figura sono stati forniti dall'Amministrazione Provinciale di Forlì.

SPOSTAMENTO DELL'EROSIONE MARINA LUNGO LA SPIAGGIA

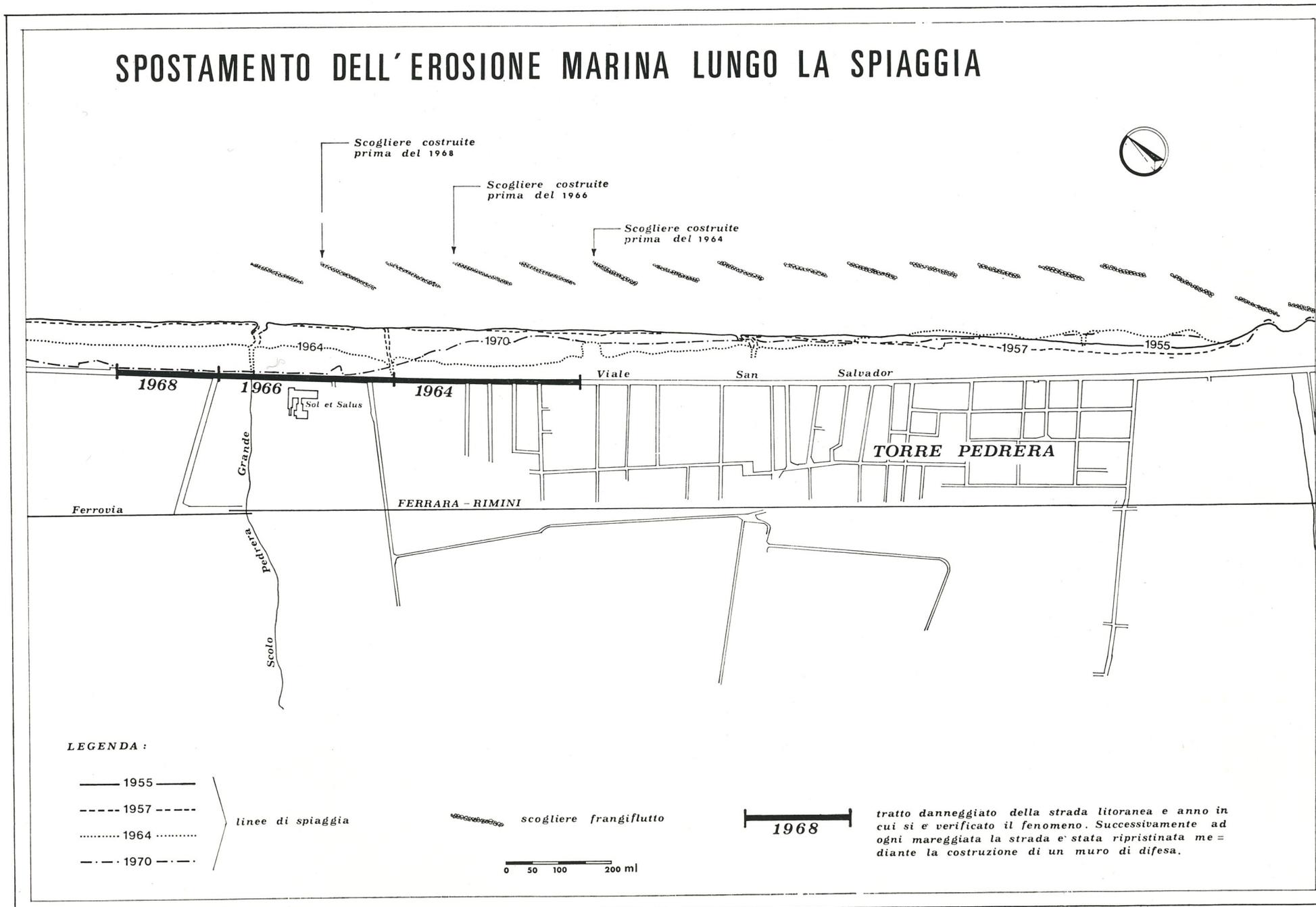
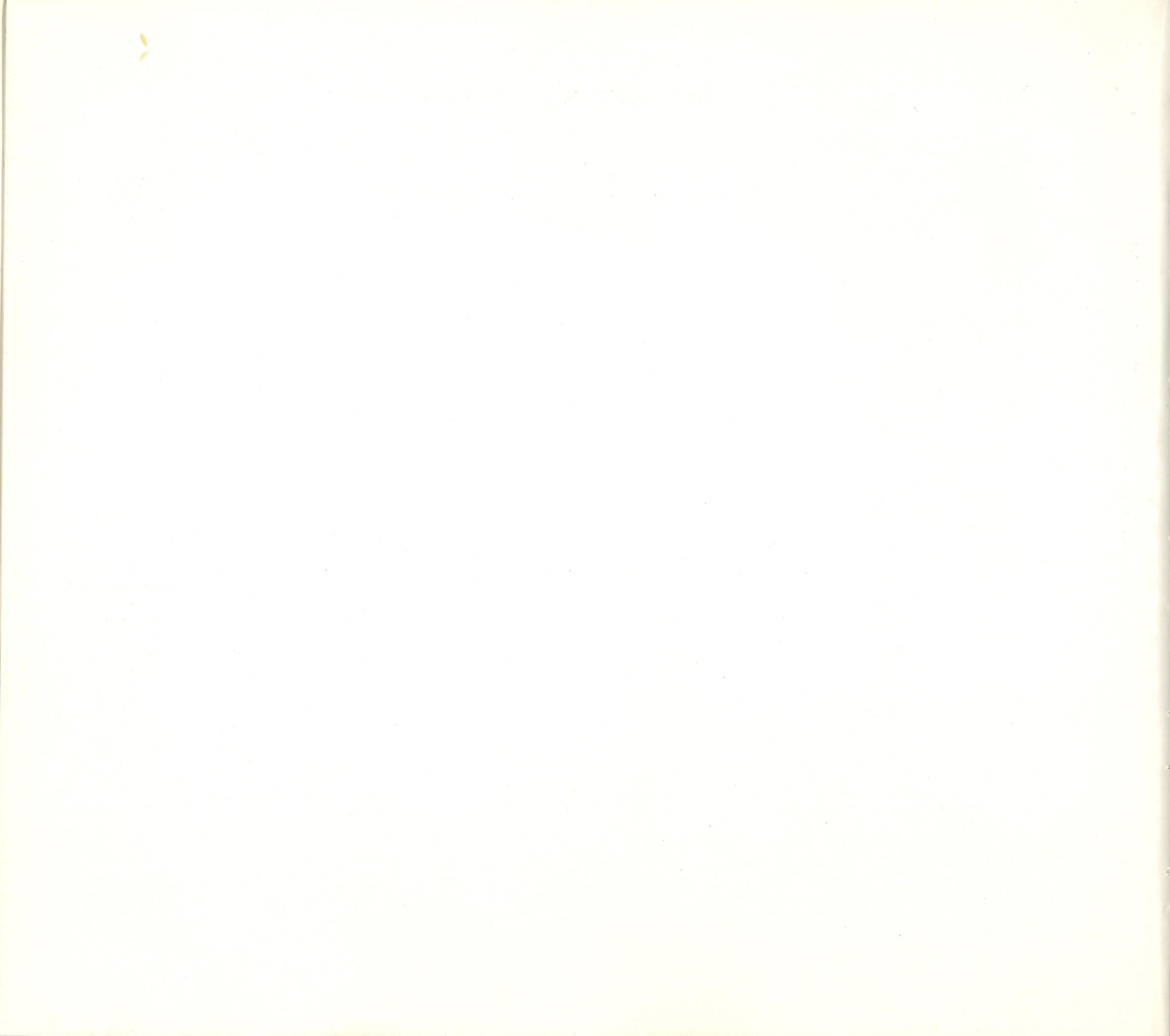


Figura n. 118



9. - CAUSE DELL'EROSIONE MARINA

9.1 Variazioni nel bilancio dei materiali

Le cause delle variazioni della linea di spiaggia sono da ricercarsi principalmente:

- a) in perturbazioni o interruzioni nel trasporto dei materiali lungo la spiaggia;
- b) modifiche nel rifornimento dei materiali;
- c) in variazioni nella velocità di movimento della sabbia;
- d) in accresciute perdite o acquisizioni di materiali;
- e) in variazioni nei fondali e nel livello marino.

Vediamo ora di valutare, alla luce di quanto già esposto, l'incidenza di ciascuna di queste cause nelle variazioni verificatesi nel litorale in esame.

Le principali cause di perturbazione del trasporto dei materiali lungo la spiaggia, come è già stato fatto rilevare, sono rappresentate dalle opere perpendicolari alla costa, in particolare i lunghi moli portuali, che hanno interrotto il «nastro trasportatore litoraneo», azionato dai frangenti e dalle conseguenti *longshore currents*. In via subordinata, un ulteriore elemento di perturbazione è rappresentato dalle scogliere frangiflutto, che producono arresti di materiali in certi tratti del litorale, ma impoveriscono le spiagge più a nord dell'afflusso di materiali e ne provocano l'erosione. Un effetto analogo a quello dei moli, possono provocare i pennelli costieri, se non ben studiati e adattati alle condizioni locali.

Le modifiche nel rifornimento dei mate-

riali possono dipendere principalmente nel litorale in esame:

- da cambiamenti nell'apporto solido fluviale;
- da variazioni nell'abrasione della costa rocciosa tra Pesaro e Gabicce;
- da mutamenti nelle quantità di sabbie e di detriti calcarei di origine organogena (conchiglie ecc.) spinti a riva dopo essere stati dragati dal fondo ad opera del moto ondoso;
- da cambiamenti nel trasporto ad opera del vento.

L'apporto solido dei corsi d'acqua dal Savio al Foglia è senz'altro determinante nell'equilibrio della spiaggia romagnola in esame. Anche se i dati noti sulle quantità di materiali trasportati al mare sono incompleti, appare tuttavia chiaro, da quanto esposto in precedenza, che vi è stata una notevole riduzione nel trasporto solido fluviale in seguito sia alle sistemazioni dei corsi d'acqua, sia alle rilevanti escavazioni di sabbia e ghiaia dai loro alvei.

La costa alta marchigiana in erosione alimenta sicuramente il trasporto litoraneo. Non vi sono indizi che facciano ritenere in atto una variazione nella sua abrasione. Tuttavia le scogliere e le opere di difesa, che cominciano appena ad interessarla, potrebbero col tempo, e aumentando in modo significativo, determinare riduzioni nell'apporto di materiali dalla costa tra Pesaro e Gabicce.

Non vi sono elementi per decidere circa l'esistenza o meno di cambiamenti nella quan-

tità dei detriti calcarei organogeni dragati dai fondali dal moto ondoso.

L'azione del vento, che soffiando da terra determinava parziali e spesso modeste restituzioni al mare delle sabbie accumulate nelle dune costiere, è ormai priva di significato nel litorale romagnolo in esame, completamente urbanizzato e privato della fascia delle dune.

Le variazioni nella velocità di movimento dei materiali della spiaggia dovrebbero manifestarsi soprattutto in conseguenza di variazioni climatiche, specie nel regime dei venti, e quindi del moto ondoso di rilevante entità. In proposito mancano elementi significativi che indichino sostanziali variazioni nell'ultimo secolo. In passato variazioni di questo tipo si sono certamente verificate. Infatti, mentre la direzione prevalente di moto dei materiali lungo la spiaggia da sud verso nord si è verificata costantemente o con netta prevalenza durante il Quaternario e in epoca storica, come provato dagli studi di Veggiani citati, la capacità di trasporto delle *longshore currents* è variata attraverso i tempi. Se in epoca romana è giunta a trasportare ghiaie dal Metauro fino al ravennate, oggi non riesce a far loro superare i moli del porto di Pesaro. Attualmente la deriva litoranea dei materiali non è significativamente alimentata che dal fiume Foglia fino alla zona di Cervia, dove scende da nord-ovest una parte dell'apporto solido del Savio.

Nella costa romagnola tra Cattolica e la foce del Savio è più giusto parlare di accresciute perdite di materiali, che di aumenti nella loro quantità. Queste perdite possono essere dovute principalmente:

- al passaggio di materiali in fondali profondi, con loro sottrazione permanente o temporanea alla spiaggia, come conseguenza della perturbazione e della deviazione verso il largo dei filetti idrici trasportatori, dovuta alla costruzione di lunghe opere perpendicolari alla riva;
- ad escavazione ed asportazione di sabbia dalle spiagge per le costruzioni;
- a cause occasionali di mobilitazione dei materiali.

Le prime due cause di perdita dei materiali non dovrebbero essere attualmente in atto. In passato le asportazioni di sabbia dalle spiagge sono state notevoli: nel dopoguerra questi materiali sono stati largamente usati nella ricostruzione e nell'attività costruttiva successiva. Sabbie marine sono state utilizzate perfino a Forlì. Non è tuttavia possibile una stima neanche generica delle quantità di materiali sottratti al litorale, prima dei divieti.

Le cause del terzo tipo sfuggono ad uno studio generale sulla situazione delle spiagge.

Le variazioni nei fondali e nel livello marino, infine, concorrono nel produrre un progressivo incremento del mare sulle terre emerse.

9.2 Cause fondamentali dell'erosione.

Da quanto esposto in precedenza risultano evidenti le seguenti principali cause dell'erosione marina delle spiagge considerate :

a) l'arresto di materiali sabbiosi in tratti particolari del litorale a causa della costruzione e del prolungamento dei moli portuali e delle opere di difesa, siano esse scogliere frangiflutto o pennelli;

b) la diminuzione nell'apporto di materiali da parte dei corsi d'acqua, specie a causa delle rilevanti e prolungate estrazioni di materiali ghiaioso-sabbiosi dagli alvei;

c) l'aumento del livello marino medio attuale e il contemporaneo abbassamento della costa, che tendono a modificare i rapporti tra la terra e il mare, influenzando sulle spiagge.

Complessivamente le due prime cause paiono assumere un ruolo preminente nell'erosione delle spiagge. Infatti le variazioni nel livello ma-

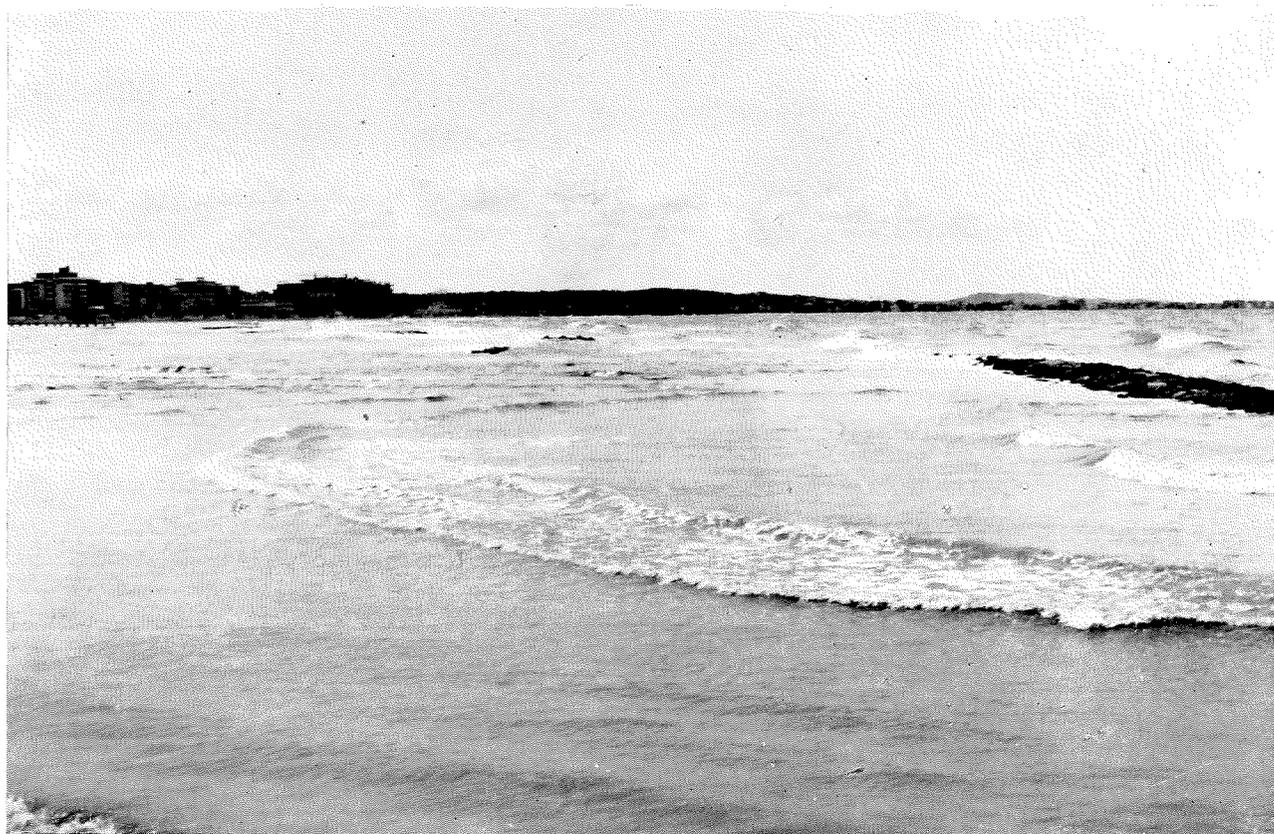


Figura n. 119 — Espansione delle onde verso la spiaggia dopo il passaggio attraverso l'interruzione delle scogliere frangiflutti.

rino e i movimenti di subsidenza della costa possono assumere una importanza determinante solo nel caso non vengano compensati da un proporzionale apporto di materiali dalla terraferma. Un quantitativo sufficiente di sabbia è sempre in grado di mantenere una condizione di equilibrio nella spiaggia e nei fondali.

Ciò che perturba il moto dei materiali, o che ne impoverisce il flusso, è quindi determinante nel provocare l'erosione della costa in esame. Se poi a queste perturbazioni e impoverimenti si aggiunge l'innalzamento del livello marino, la situazione diviene ancora più grave.

Nella prima metà del nostro secolo è stata certamente prevalente, quale causa dell'erosione marina, l'azione di arresto dei materiali operata dai moli. Attualmente ha invece maggiore efficacia la riduzione dell'apporto di materiali fluviali.

Sulla significatività di altre cause dell'erosione è difficile pronunciarsi, perchè i dati in merito scarseggiano. La modifica di ciascuno dei dinamismi esaminati può infatti determinare

variazioni della linea di spiaggia e quindi anche il fenomeno erosivo. Così, ad esempio, variazioni climatiche, tali da modificare la capacità di trasporto del « nastro trasportatore litorale », agendo tramite il vento sul moto ondoso, potrebbero, a parità di apporto terrigeno, determinare un protendimento o un arretramento della spiaggia, a seconda delle circostanze. Ad ogni modo, allo stato attuale delle conoscenze, non pare che tutte queste altre cause abbiano una particolare importanza per la costa in esame, con le sole eccezioni rappresentate dall'estrazione dell'acqua dal sottosuolo, che in qualche caso può aver aggravato la subsidenza, e dall'asportazione della sabbia dalla spiaggia a scopi edilizi, ormai completamente cessata.

9.3 Quantità di sedimenti disponibili per la spiaggia.

Un tentativo di stima, in base ai dati fino ad ora disponibili, delle quantità di sedimenti

annualmente in gioco, nel litorale tra la foce del Savio e Cattolica è stato compiuto dai Tecnici olandesi nel 1968 ⁽¹⁾, seguendo il seguente schema di ragionamento: « I fenomeni di sommersione, erosione e ripascimento producono dei cambiamenti nelle sezioni trasversali alla costa del tipo indicato nella figura 121. Le quantità di sedimenti coinvolti in questi fenomeni sono essenzialmente fornite e portate via dal nastro trasportatore litoraneo. Durante questi cambiamenti, tuttavia, la zona ove i sedimenti prendono parte attiva a questi processi tende a conservare la propria forma. Questo profilo rappresenta una condizione di equilibrio. Possiede una altezza d ed una larghezza b , in cui il fondo è essenzialmente composto di materiali di spiaggia. Si può quindi concludere che su una spiaggia di lunghezza l deve depositarsi una quantità $P = p d l$ di materiali, perchè si verifichi un ripascimento p perpendicolare alla costa, e, allo stesso modo, si ritiene che una quantità $Q = q b l$ di materiali venga asportata quando la costa viene sommersa di una quantità q .

Per il calcolo la costa è stata suddivisa in quattro tratti (foce Savio – porto di Cesenatico; porto di Cesenatico – foce Uso; foce Uso – Porto di Rimini; porto di Rimini – porto di Cattolica) lunghi rispettivamente Km 13; 7,5; 12,5 e 17. A questi tratti sono stati attribuiti rispettivamente valori di d pari a 10; 10,5; 11; 12 metri e valori di b pari a 3.500; 3.000; 2.750 e 2.500 metri. Tenendo conto che nei quattro tratti considerati il protendimento medio annuo nell'ultimo novantennio, allora risultava rispettivamente di 1,4; 0,4; 0,2 e 0,9 metri all'anno, l'accrescimento totale risulta di 420.000 m³ annui. A questo valore venivano poi aggiunti 330.000 m³ per anno necessari per compensare un innalzamento complessivo del livello marino considerato variabile da 2 a 2,5 millimetri all'anno, procedendo da Cattolica verso la foce del Savio. Risulta così necessario, secondo questa stima, un quantitativo medio annuo di 750.000 e 800.000 m³ di materiali per mantenere in equilibrio la spiaggia romagnola in esame.

Allo stesso modo veniva calcolato che, con uno sprofondamento quasi nullo, ma con un protendimento della spiaggia di 2,5-3 metri all'anno, lo sviluppo della spiaggia precedente al 1850 doveva avere richiesto circa 1,5 milioni di m³ di materiali. Veniva tuttavia ritenuto am-



Figura n. 120 — Ripascimento della spiaggia determinato dalle scogliere frangiflutti a Viserba.

missibile, in questa spiaggia, un apporto a lunga scadenza non superiore, in media a 750.000-1.000.000 di metri cubi di sabbia.

Con lo stesso tipo di calcolo seguito dai Tecnici olandesi, ma con i dati acquisiti in altri più recenti lavori, è stata tentata una nuova stima delle quantità annualmente in gioco lungo la spiaggia romagnola in esame ⁽²⁾. Utilizzando le conoscenze sulla distribuzione della granulometria nei fondali, compendiate nella figura n. 5, è stato considerato come termine della spiaggia sottomarina la curva di 75 micron, la cui profondità media è di circa 7 metri e la cui distanza media dalla linea di spiaggia è di circa 1.650 metri. I valori delle variazioni orizzontali della spiaggia, impiegati nel calcolo, sono quelli indicati nel paragrafo 3.3. La stessa cosa vale per quanto concerne la lunghezza media dei tratti costieri considerati. Circa l'aumento del livello marino rispetto alla terra

emersa son stati utilizzati prima i dati sull'aumento medio del livello marino nel litorale romagnolo, forniti dallo studio di Gottardo, poi i dati sulla subsidenza rilevati dall'Istituto Geografico Militare e pubblicati nel 1967 e nel 1971 ⁽³⁾. Questo ha portato a due serie di calcoli diversi.

La prima stima, ha assunto, come aumento del livello marino rispetto alla crosta terrestre nel litorale romagnolo considerato, il valore medio di 5,5 millimetri annui nel periodo 1915-1970 ⁽⁴⁾. Precedentemente al 1915 è stato ammesso un aumento medio del livello marino di 2 millimetri annui.

Questo tipo di calcolo mette in evidenza una netta caduta quantitativa nei materiali in gioco annualmente lungo la spiaggia dal secolo scorso ad oggi. La disponibilità passa, infatti, da 908 mila metri cubi annui, precedentemente al 1915, a 781 mila metri cubi annui tra il

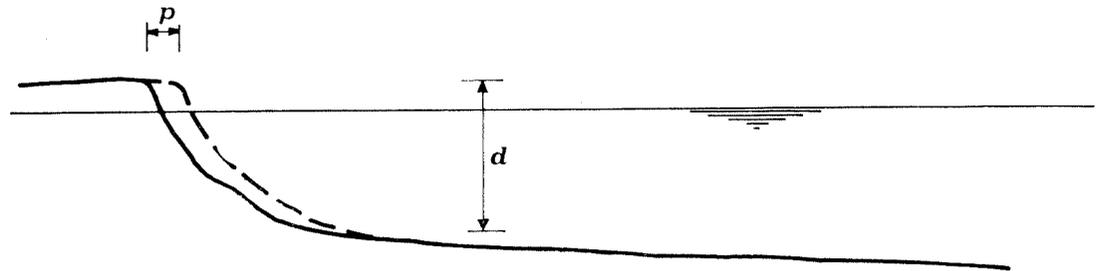
(1) DELFT HYDRAULICS LABORATORY, *The Coast*, cit., p. 9.

(2) ANTONIAZZI, *Variazioni della linea di spiaggia*, cit.

(3) Si veda in proposito quanto detto nel paragrafo 4.2.

(4) L'estensione pura e semplice alla nostra spiaggia dell'andamento analitico riscontrato a Porto Corsini, oltre ad essere arbitraria porta, con la base di calcolo stabilita, a risultati del tutto inaccettabili.

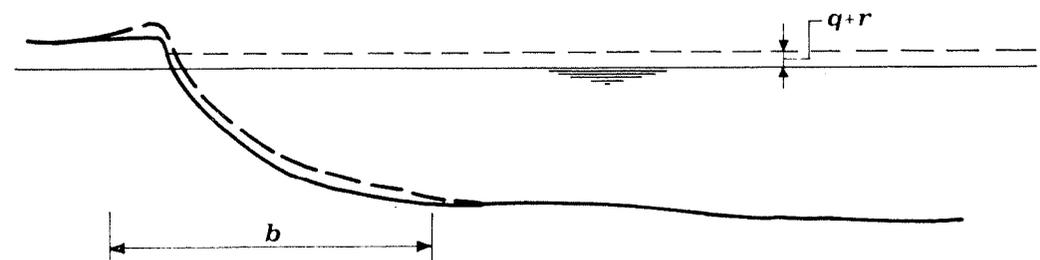
ACCRESIMENTO — EROSIONE



p = aumento della spiaggia normalmente alla costa

d = profondità del fondale composto essenzialmente da materiali di spiaggia

INNALZAMENTO — ABBASSAMENTO



q = subsidenza

r = aumento del livello marino

b = ampiezza del fondale composto essenzialmente da materiali di spiaggia

Figura n. 121

Cambiamenti nel profilo della costa (da Delft Hydraulics Laboratory, *The Coast*, cit.).

1915 e il 1944, a 737 mila metri cubi annui tra il 1944 e il 1955, a 502 mila metri cubi annui tra il 1955 e il 1970. Il dato più appariscente di questa stima è la netta riduzione nella disponibilità di materiali per la spiaggia successivamente al 1955⁽⁵⁾ Si veda in proposito la figura n. 122.

Nel secondo tentativo di stima sono stati introdotti nel calcolo, in misura prudenziale, i valori della subsidenza, riscontrati dall'Istituto Geografico Militare lungo la nostra costa, integrati dell'incremento medio annuo del livello marino. La variazione complessiva terra-mare è stata così considerata di 2 millimetri annui prima del 1900; di 4,7 millimetri annui tra il 1900 e il 1950 e di 8,9 millimetri annui tra il 1950 e il 1970. Con questi valori è risultato che la disponibilità media di materiali nella spiaggia in esame è stata di 908 mila metri cubi annui prima del 1900, di 837 mila metri cubi annui nel periodo 1900-1950 e di 860 mila metri cubi annui nel periodo 1950-1970.

Mediante questo calcolo viene verosimilmente sovrastimato l'effetto sulla linea di spiaggia della subsidenza riscontrata nell'entroterra durante l'ultimo trentennio. Inoltre questo tipo di calcolo, estendendo anche a sud di Rimini la stessa subsidenza riscontrata tra il 1950 e il 1970 tra questo centro e Cervia, porta anche a valutare con eccesso l'apporto attuale di materiali alla spiaggia. L'eccesso, dovuto a quest'ultimo fatto, tuttavia, non dovrebbe superare i 60-70 mila metri cubi annui.

Un valore dell'ordine di mezzo milione di metri cubi di sabbia, disponibili attualmente per la spiaggia, appare come il più verosimile, anche alla luce di quanto verrà detto in seguito sulle fonti di approvvigionamento dei materiali.

9.4 Provenienza dei sedimenti della spiaggia.

Le principali fonti di approvvigionamento di sedimenti per le nostre spiagge sono rappresentate dal trasporto solido dei fiumi tra il Savio e il Foglia, dai materiali erosi dalla costa alta tra Cattolica e Pesaro, dall'apporto di conchiglie di molluschi.

L'apporto ad opera dei fiumi è certamente determinante. Sono state, in precedenza, eseguite tre stime dell'apporto annuo di materiali sabbiosi alla spiaggia. Tutte e tre partono da elaborazioni abbastanza simili dei dati idrometrici disponibili.

La prima stima⁽⁶⁾, adottando sulle portate solide annue nel litorale forlivese un coefficiente pari a 23,6%, basato su notizie granulometriche sulle torbide del fiume Conca⁽⁷⁾, valuta l'apporto di sabbie di origine fluviale alla spiaggia forlivese in circa 350 mila metri cubi, che divengono circa 470 mila se si includono nel totale anche le portate solide del fiume Foglia.

La seconda stima è fornita dai tecnici olandesi⁽⁸⁾, che calcolano un apporto annuo di sabbia fluviale al litorale tra Cattolica e la foce del fiume Savio dell'ordine di 400-500 mila metri cubi, adottando sulla portata solida annua complessiva una percentuale utile del 25-30% e considerando solo metà dell'apporto del fiume Savio come significativo per la spiaggia in esame. Questo valore salirebbe a 500-600 mila metri cubi se, con lo stesso tipo di calcolo, si tenesse conto anche della portata del fiume Foglia.

La terza stima⁽⁹⁾, che valuta dell'ordine di 750 mila metri cubi l'apporto di sabbia fluviale annuo nel litorale tra la foce dei Fiumi Uniti e del fiume Metauro, è stata eseguita considerando un apporto sabbioso pari al 23,6% del trasporto solido totale annuo dei fiumi. Se da questo apporto, con le stesse basi di calcolo, si tolgono le portate dei Fiumi Uniti, del Metauro e metà di quelle del fiume Savio, le sabbie fluviali che pervengono al litorale oggetto di questo studio risultano ammontare a circa 450-480 mila metri cubi.

Da tutte queste stime risulta quindi un apporto di sabbia fluviale alla spiaggia tra le foci dei fiumi Savio e Foglia dell'ordine di grandezza di 450-500 mila metri cubi. Si tratta di un quantitativo di sabbia assai prossimo a quello di 425 mila metri cubi, ottenuto nel presente studio.

La costa alta tra Gabicce e Pesaro alimenta sicuramente il trasporto litoraneo. I tecnici olandesi⁽¹⁰⁾ stimano, con un'ipotesi estremamen-

te prudenziale, vi sia una produzione di sabbia dell'ordine di 10 mila metri cubi annui. Un'altra valutazione⁽¹¹⁾ ammette invece un'erosione annua di 72 mila metri cubi di roccia e una produzione di circa 50 mila metri cubi di materiali atti ad alimentare le spiagge.

La costa alta in erosione tra Gabicce e Pesaro, in base agli elementi raccolti nel presente studio, può essere considerata prudenzialmente lunga 12 mila metri e alta in media 100 metri, mentre il suo arretramento medio annuo è di 0,18 metri. Risulta così un'asportazione di 216 mila metri cubi all'anno. La roccia è formata da molasse, con sabbie fini e silt, con abbondanti intercalazioni marnose e, in alcuni tratti, è decisamente marnosa. Si può quindi ammettere che solo il 25-30% dei materiali erosi siano idonei ad alimentare la spiaggia. Si ottiene così un contributo della costa marchigiana al nastro trasportatore litoraneo di 54-65 mila metri cubi annui.

L'apporto di frammenti di conchiglie ai materiali della spiaggia è stato valutato⁽¹²⁾ dell'ordine del 5-10% sul totale. La determinazione del contenuto in carbonati della frazione sabbiosa dei campioni di materiali trasportati dai fiumi, si veda in proposito la tabella n. 21, ha consentito un utile confronto con le calcimetrie della spiaggia. Poiché il moto generale dei materiali lungo la linea di spiaggia è da sud verso nord, salvo che nel tratto in corrispondenza della foce del Savio, si può constatare che vi è un collegamento tra il contenuto in carbonati delle sabbie fluviali e quelli delle sabbie della spiaggia. All'elevato apporto in carbonati del Marecchia (54%) corrisponde, infatti, l'alto valore dei carbonati presenti nella spiaggia estesa tra la foce di questo fiume e Cervia, pur con l'attuazione dovuta all'immissione delle sabbie dell'Uso (36%) e del Rubicone (27%). Questa riduzione, relativamente poco appariscente, è legata alla rilevante differenza nelle quantità di materiali immessi in mare dal Ma-

(5) Questo dato, che mi sembrava poco accettabile prima del completamento della raccolta dei dati sulle escavazioni negli alvei fluviali, oggi mi pare ponga in evidenza le conseguenze di questo intervento.

(6) ANTONIAZZI, *L'erosione marina*, cit., p. 54.

(7) Le granulometrie delle alluvioni campionate consentono di considerare valido e prudenziale questo valore. Si veda in proposito il paragrafo 7.4.

(8) DELFT HYDRAULICS LABORATORY, *The Coast*, cit., pp. 10-11.

(9) RIZZINI-VEGGIANI, op. cit., pp. 28-29.

(10) DELFT HYDRAULICS LABORATORY, *The Coast*, cit. p. 10.

(11) RIZZINI-VEGGIANI, op. cit., pp. 30-31.

(12) ANTONIAZZI, *Lineamenti granulometrici*, cit., pp. 13-14.

recchia e dagli altri modesti corsi d'acqua. Solo il significativo apporto del Savio riesce, più a nord, a deprimere nettamente il contenuto in carbonati della spiaggia.

Anche tra il porto di Rimini e Cattolica si nota un collegamento tra il contenuto in sabbia dei materiali torrentizi e quello della spiaggia, malgrado un valore un poco elevato del contenuto in carbonati delle sabbie del Conca. A sud di Cattolica il numero di campioni sabbiosi lungo la riva è insignificante e quindi non è possibile stabilire collegamenti con l'apporto in sabbie carbonatiche del Foglia.

La ricchezza in carbonati, infine, della spiaggia a sud del porto di Pesaro (60%) appare legata all'apporto dei fiumi marchigiani più meridionali e, in particolare, a quello del Metauro.

L'eccesso di carbonati tra la sabbia lungo la linea di spiaggia e quella trasportata dai fiumi appare dell'ordine del 5% nel tratto tra Cattolica e il porto di Rimini; del 10% nell'area di influenza del Marecchia, considerata estesa fino a Cervia⁽¹³⁾, del 5% presso la foce del Savio.

Il contributo dei detriti carbonatici di origine biologica alla spiaggia in esame può essere stimato dell'ordine di 25 mila metri cubi annui, ammettendo prudenzialmente un apporto pari al 5% della sabbia disponibile.

Quanto esposto porta ad ammettere che sulla spiaggia romagnola in esame vi sia attualmente un apporto di mezzo milione di metri cubi di sabbia, derivata per l'84% dal trasporto solido fluviale e per il resto dall'erosione della costa alta marchigiana e dalle conchiglie. Questo valore concorda significativamente con quello di 502.000 metri cubi, stimato in base alle variazioni della linea di spiaggia tra il 1955 e il 1970.

9.5 Distribuzione dei materiali lungo la spiaggia.

La figura n. 122 fornisce, nelle sue grandi linee, il quadro della distribuzione dei materiali nel litorale tra Cattolica e la foce del Savio. Prima di tutto colpisce l'esistenza di due zone di accumulo dei sedimenti: la prima a sud-est del porto di Rimini, la seconda culminante nella zona di Cesenatico e Cervia. L'arresto della sabbia a sud-est del porto di Rimini è stato determinato dai moli, che praticamente hanno in-

terrotto il «nastro trasportatore litoraneo». La deposizione della sabbia con culmine nella zona di Cesenatico e Cervia invece, pare legata, oltre che all'azione dei moli portuali, anche alla particolare situazione del paraggio, ove si verifica l'incontro tra un principale trasporto litoraneo proveniente da sud-est con un limitato trasporto in senso inverso avanzante dalla foce del Savio.

La spiaggia tra il porto di Rimini e il porto di Cesenatico ha, a sua volta, risentito della riduzione dell'apporto solido del Marecchia oltre che dell'interruzione del «nastro trasportatore litoraneo». Malgrado le attenuazioni prodotte dalle medie, sono evidenti, in particolare, nel periodo 1915-1944 gli effetti delle opere eseguite sul Marecchia, citate da Buli⁽¹⁴⁾, e nel periodo 1955-1970 le conseguenze delle notevoli escavazioni nell'alveo fluviale. Fino a quest'ultimo periodo le medie dei materiali sedimentati o asportati nei vari tratti di costa non hanno posto in evidenza zone in netta erosione, perchè il protendimento della spiaggia è stato sempre prevalente. Nel periodo 1955-1970 però vi è stato un netto deficit di sabbia tra Torre Pedrera e la foce dell'Uso.

Anche presso la foce del Savio si è evidenziato, nel periodo 1955-1970, un fatto erosivo legato alla diminuzione dell'apporto solido del corso d'acqua. La progressiva riduzione dei materiali appare chiaramente dal confronto di tutti i diagrammi della figura 122, ma il fatto diviene particolarmente evidente dal 1944 in poi.

La distribuzione dei materiali nel litorale in esame è quindi influenzata, nelle sue linee fondamentali, sia dalla riduzione del trasporto solido fluviale (si veda in proposito la figura n. 123), sia dalle interruzioni nel «nastro trasportatore litoraneo» a cominciare da quella principale di Rimini. Risultano così individuati tre tratti costieri: da Cattolica al porto di Rimini, da questo porto a quello di Cervia, dal

porto di Cervia alla foce del Savio. A grandi linee si può affermare che nel primo tratto la sedimentazione è rimasta praticamente immutata dal secolo scorso al 1970 ed è dell'ordine di grandezza di 300 mila metri cubi annui. Nel tratto dal porto di Rimini a quello di Cervia la sedimentazione è passata da 450 mila metri cubi annui a 200 mila metri cubi annui, con una riduzione di 250 mila metri cubi. Nel tratto, infine, dal porto di Cervia alla foce del Savio una sedimentazione inizialmente dell'ordine di 150 mila metri cubi annui si è praticamente annullata. Questo soprattutto in relazione al diminuito apporto solido fluviale.

Nella figura n. 124 è stato riportato un tentativo di stima del bilancio della spiaggia tra la foce del Savio e Cattolica, ottenuto attraverso l'elaborazione dei dati raccolti nel presente studio. Il bilancio del 1970 è stato fondato tanto sulla granulometria dei materiali trasportati (come indicato nel paragrafo 7.5), quanto sulla estensione utile di ciascun corso d'acqua. Il bilancio riferito al 1900 è stato invece eseguito mediante una rivalutazione della granulometria media dei materiali fluviali, che tiene conto delle caratteristiche del trasporto di fondo dei corsi d'acqua. L'apporto della costa alta marchigiana tra Cattolica e Pesaro e quello delle sabbie organogene è stato invece mantenuto costante nelle due situazioni.

9.6 La sistemazione del litorale.

Quanto esposto in precedenza ha messo in evidenza che nella costa romagnola considerata esiste ancora un modesto incremento medio annuo della spiaggia. Questo induce a ritenere che una oculata distribuzione dei materiali lungo tutto l'arco litoraneo potrebbe consentire, in un breve volgere di anni, di ristabilire una condizione di equilibrio nelle varie spiagge.

Alla base di ogni intervento deve essere la

⁽¹³⁾ Trascurando cioè l'anomalia in corrispondenza dell'Uso e del Rubicone (+ 22% in carbonati), spiegabile soprattutto con la diversità degli apporti tra questi corsi d'acqua e il Marecchia. La zona particolarmente ricca in carbonati presso la foce dell'Uso, posta alla fine di una lunga serie di scogliere, che trattengono i materiali provenienti dal Marecchia, probabilmente vede accentuarsi il contributo percentuale delle conchiglie anche a causa del ridotto apporto di materiali silicatici.

⁽¹⁴⁾ BULI, *Studio delle variazioni*, cit. pp. 18-19.

Quantità di materiali sedimentati e asportati ogni anno nei diversi tratti della spiaggia secondo un tentativo di stima

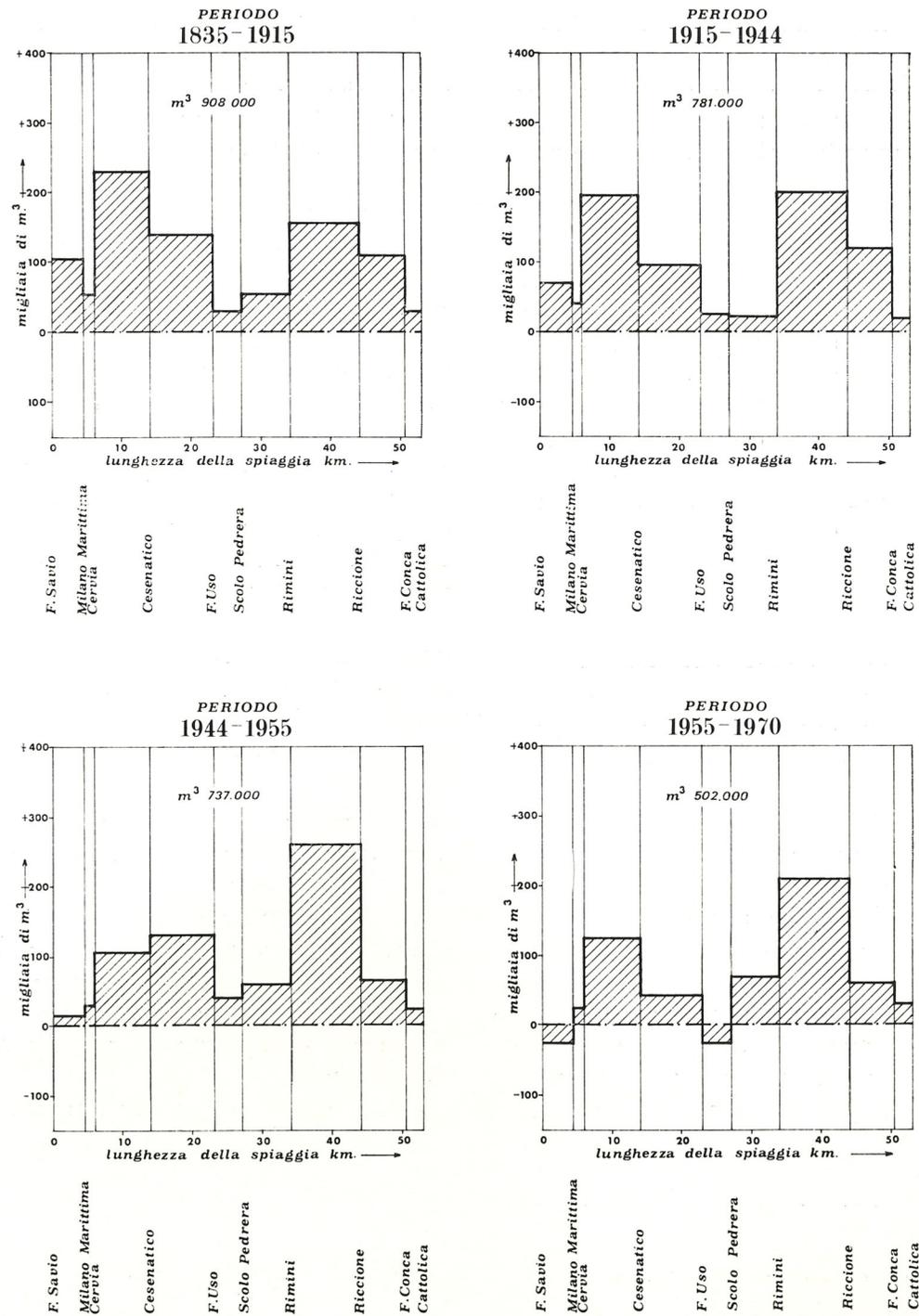


Figura n. 122

Le variazioni in senso orizzontale utilizzate nei calcoli sono quelle acquisite col presente studio; le variazioni verticali, evidenziate dall'aumento del livello marino, sono di 2 millimetri annui antecedentemente al 1915 e di 5,5 millimetri annui nei tempi più recenti.

considerazione che « tutte le misure atte a migliorare le condizioni della costa devono essere programmate in maniera unitaria, tenendo conto della situazione dell'intera costa e del limitato quantitativo di sabbia disponibile »⁽¹⁵⁾.

I principali provvedimenti necessari per ristabilire una condizione di equilibrio nella spiaggia sono:

- l'abbandono di ogni escavazione negli alvei fluviali;
- la rinuncia ad ogni ulteriore prolungamento dei moli portuali;
- evitare che le opere di difesa divengano causa di eccessivi accumuli localizzati di sabbia;
- evitare il depauperamento delle risorse idriche del sottosuolo.

Il primo e fondamentale provvedimento da prendere è il completo abbandono di ogni escavazione negli alvei fluviali (^{15bis}). Si tratta in ogni caso di un intervento tardivo, ma può portare col tempo un certo aumento nella disponibilità di materiali per la spiaggia. Anche le opere di sistemazione fluviale dovrebbero essere eseguite in modo da non ridurre ulteriormente il trasporto solido al mare.

Anche lo sviluppo e il potenziamento dei porti va inquadrato nella realtà esposta. Essi possono essere notevolmente migliorati anche evitando il prolungamento dei moli. Opportuni dragaggi e la costruzione di darsene interne possono renderli ugualmente funzionali senza interrompere o impoverire fortemente il trasporto solido litoraneo, evitando quindi di produrre ulteriori danni nelle spiagge poste a nord-ovest di queste opere. Infatti, secondo i tecnici olandesi, i principali interventi sulla costa, possono essere di due tipi:

1) mediante opere che interrompono solo in parte il trasporto litoraneo e provochino arresti localizzati di sabbia nelle quantità volute (pennelli, scogliere frangiflutti ecc.);

2) mediante pompaggi o trasporti artificiali di sabbia da sud a nord dei moli portuali, che interrompono il « nastro trasportatore litoraneo ».

Nel caso poi delle difese costiere è necessario realizzare un sistema di opere che proteggano dalle mareggiate e favoriscano limitati ripascimenti, ma non impoveriscano sostanzial-

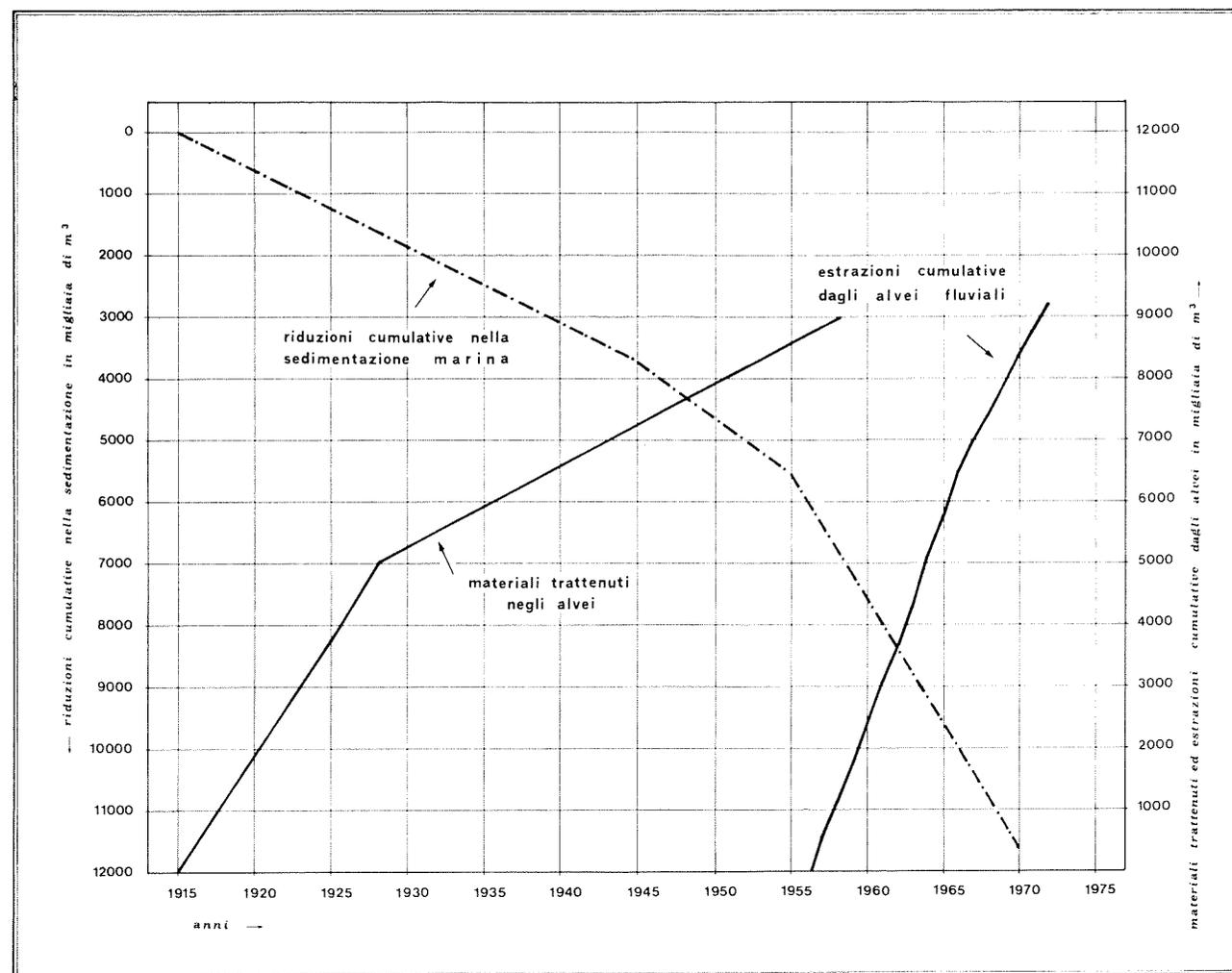


Figura n. 123 — Riduzione cumulativa della sedimentazione dal 1915 al 1970, materiali tratti negli alvei secondo gli autori citati ed estrazioni cumulative dagli alvei del Savio, dell'Uso, del Marecchia e del Conca tra il 1957 e il 1972.

mente le zone poste più a nord del prezioso afflusso di materiali. Va tenuto, in particolare, conto che ⁽¹⁶⁾:

— i muri frangiflutto sono in grado di arrestare l'erosione, ma non servono a preservare la spiaggia;

— i pennelli costieri, se situati in maniera giusta, possono favorire l'accumulo di sabbia; la quantità del ripascimento e il suo interferire col trasporto litoraneo può essere regolata dimensionando adeguatamente tali opere ⁽¹⁷⁾;

— le scogliere frangiflutto in mare daranno un effetto variabile a seconda della lunghezza, della distanza reciproca, dell'altezza e dell'orientamento; l'esperienza effettuata con queste strutture è assai limitata, sarebbe quindi opportuno uno studio mediante modello in scala, in vista del loro impiego lungo la costa: al fine di determinare gli effetti del loro orientamento; allo scopo di progettare un sistema di scogliere che permettano di ottenere il ripascimento desiderato senza troppo in-

⁽¹⁵⁾ Delft Hydraulics Laboratory, *The Coast*, cit., p. 15.

^(15bis) Si veda in proposito: G. SUPINO, *I rimedi al disordine idrogeologico in Emilia-Romagna*, in « La Regione Emilia-Romagna », Anno III, n. 3, Bologna 1967.

⁽¹⁶⁾ Ibid., pp. 15-17.

⁽¹⁷⁾ Come è già stato fatto rilevare gli effetti modesti dei pennelli, costruiti in passato nella zona di Viserba, sono da attribuire soprattutto ad una realizzazione priva di una reale consapevolezza delle caratteristiche del paraggio.

⁽¹⁸⁾ Lo studio su modello delle scogliere e di ogni altro tipo di opere marittime è notevolmente complesso e va eseguito da esperti con estrema prudenza. Si veda in proposito: E. W. BIJKER, *Some considerations about scales for coastal models with movable bed*, Delft Hydraulics Laboratory, Publication N. 50, 1967. Può tuttavia aiutare una progettazione di opere marittime consapevole in misura tanto maggiore quanto più articolate e precise sono le conoscenze sulle caratteristiche e sui fenomeni in atto nel paraggio.

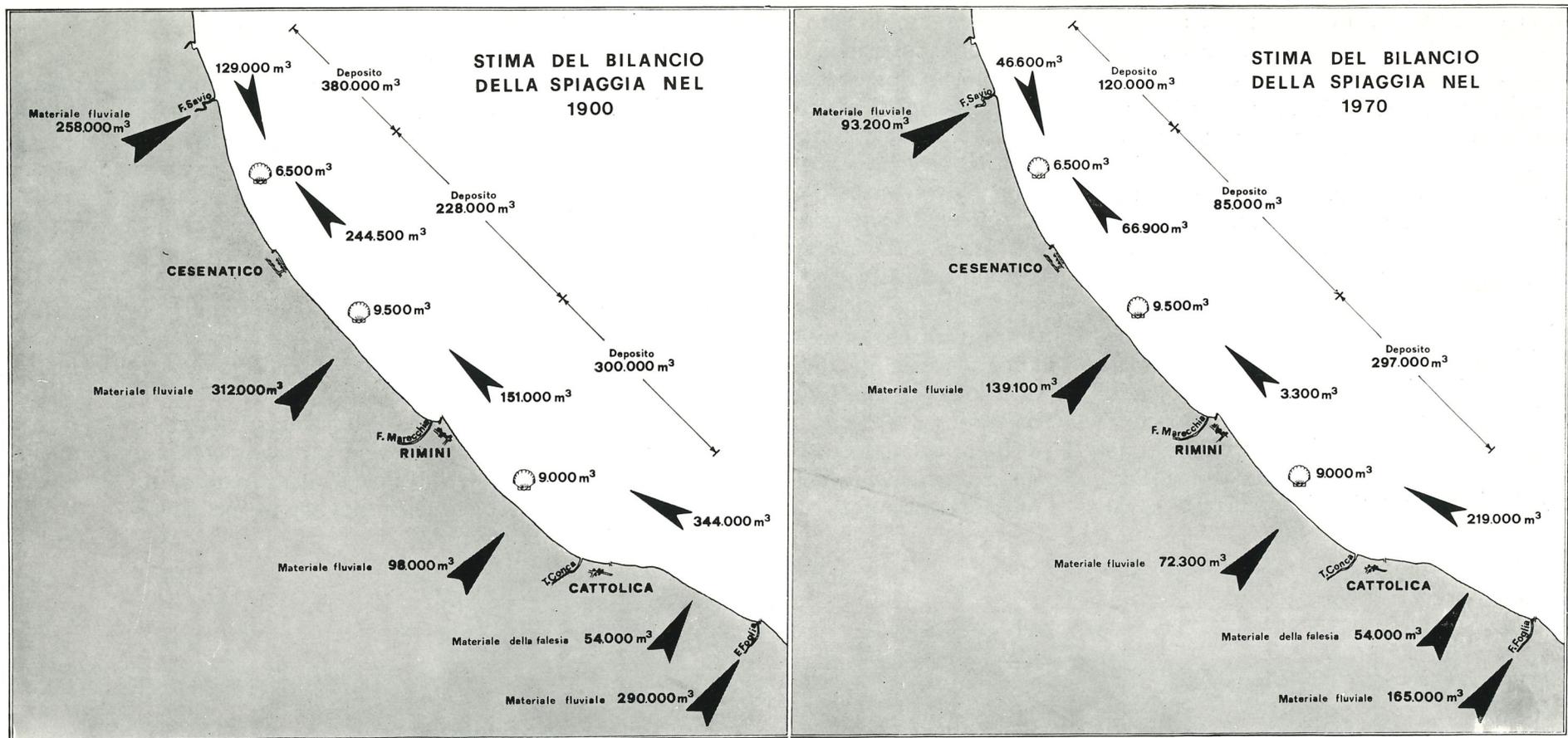


Figura n. 124

Figura n. 124

Il bilancio è stato compiuto considerando la spiaggia suddivisa nei seguenti tre tratti: Cattolica - porto di Rimini, porto di Rimini - porto di Cesenatico, porto di Cesenatico - foce del Savio. Di ciascun tratto sono indicati sia il deposito, sia i materiali entrati o usciti atti ad alimentare la spiaggia, sia la produzione dovuta alle conchiglie. Le frecce mostrano la provenienza dei materiali e ad esse è affiancato il numero che indica la loro quantità. Il simbolo della conchiglia è a fianco della quantità di detriti organogeni.

Figura n. 125

Questa sostituzione di una successione di scogliere con un'altra posta più al largo, benché localmente giustificata dalla necessità della rettifica del sistema delle difese costiere, è bene resti un caso isolato e particolare. Altrimenti si determinerebbero nuovi squilibri nel litorale.

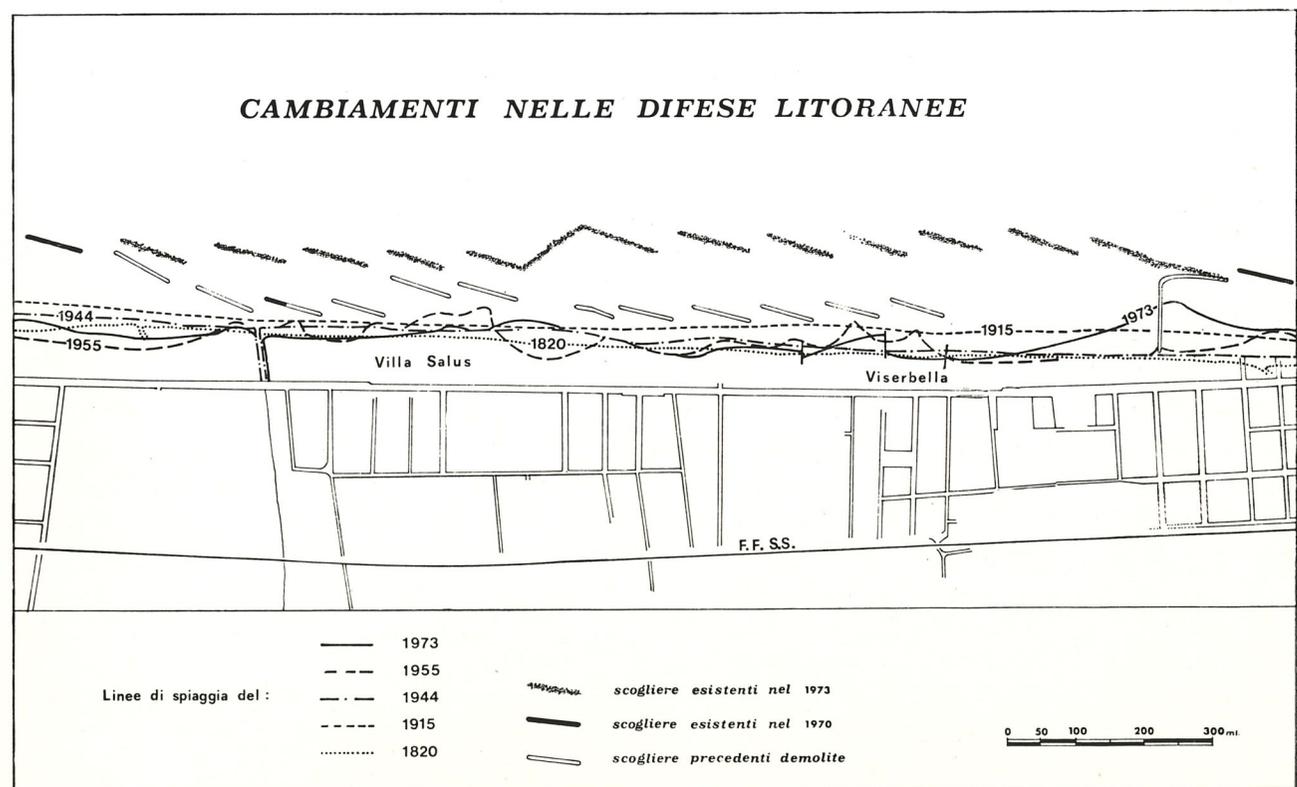


Figura n. 125

terferire nel trasporto litoraneo; per studiare, infine, i fenomeni che si verificano all'inizio e alla fine di una fila di scogliere ⁽¹⁸⁾;

— il trasporto artificiale dei materiali, per evitare l'interruzione del trasporto litoraneo ad opera dei porti, potrebbe avvenire mediante una draga fissa o mobile, trasportando le sabbie o con un sistema di emissione diretta oltre i moli o con chiatte o, addirittura, con autocarri; questo ripascimento artificiale potrebbe essere intermittente, con intervalli di alcuni anni, ma il quantitativo di sabbia spostata da un punto all'altro dovrebbe essere uguale a quello che spontaneamente si verificherebbe in seguito al trasporto litoraneo.

E', infine, opportuno rinunciare ad ulteriori ripascimenti, dove le scogliere frangiflutto hanno già dato risultati e l'alta spiaggia ha co-

minciato nuovamente a protendersi.

Nella situazione in esame un intervento basato sui ripascimenti artificiali, sia mediante pompaggi di materiali da sud a nord delle opere marittime normali alla spiaggia, sia mediante pennelli rifornitori, sarebbe il più « naturale ». Il peso economico di un ripascimento di questo tipo può risultare assai elevato, esso tuttavia sta trovando generale applicazione nelle spiagge degli Stati Uniti ad elevato sviluppo turistico.

Per quanto concerne la subsidenza, infine, l'unica possibilità di intervento appare quella di ridurre la componente di questo fenomeno determinata dall'uomo attraverso l'estrazione di fluidi dal sottosuolo. Evitare, in particolare, il depauperamento delle risorse idriche sotterranee è d'altra parte un preciso dovere sociale.

9.7. Considerazioni conclusive.

Il progresso delle conoscenze sulla situazione del litorale tra Cervia e Pesaro, notevole specie nell'ultimo decennio, ha consentito di inquadrare i fenomeni e i problemi in gioco ed ha permesso ragionevoli tentativi di stima del bilancio della spiaggia. La necessità di intervenire concretamente per realizzare una situazione equilibrata nel litorale, atta a favorire l'armonico sviluppo di tutte le attività costiere, impone la continuazione e l'approfondimento degli studi secondo il programma previsto. Questo consentirà di precisare ulteriormente la situazione e permetterà di sottoporre ad un vaglio critico le conclusioni attuali, confermandole, modificandole o sostituendole con altre migliori se necessario.

A P P E N D I C E



PROGRAMMA DI RICERCHE, A SUO TEMPO FORMULATO, PER REALIZZARE LUNGO LA COSTA FORLIVESE UN COORDINATO SISTEMA DI OPERE E DI INTERVENTI DIFENSIVI NEI CONFRONTI DELL'EROSIONE MARINA.

Il programma generale di ricerche e di progettazione per la difesa della spiaggia forlivese si propone :

- a) la prevenzione dalla erosione marina dei tratti di spiaggia non ancora colpiti e il miglioramento di quelli già impoveriti;
- b) la manutenzione e il miglioramento dei porti.

L'attuazione del programma è articolata nei seguenti tre tempi:

- 1°) raccolta ed elaborazione dei dati facilmente reperibili o rapidamente rilevabili in modo da ottenere un quadro, il più possibile organico, accurato ed aggiornato della situazione del litorale;
- 2°) raccolta ed elaborazione dei dati necessari alla progettazione di un coordinato sistema di opere e di interventi difensivi lungo la costa;
- 3°) progetto di difesa e di sistemazione del litorale.

Lo schema dei lavori previsti è il seguente:

1. Sulla morfologia costiera :

- 1.1. Definizione della situazione geologica della fascia costiera e redazione di una carta geomorfologica della zona in esame.
- 1.2. Rilievo batimetrico di sezioni perpendicolari alla linea di costa, da ripetersi con frequenza stagionale in alcune di esse.
- 1.3. Determinazione delle variazioni storiche dell'andamento dei fondali mediante il confronto dei rilievi batimetrici deducibili dalle successive edizioni delle carte nautiche.
- 1.4. Ricerca di elementi e di notizie sulla subsidenza e sui cambiamenti eustatici del livello marino e sulle loro cause.
- 1.5. Controllo dell'andamento della subsidenza mediante ripetute misure di una adeguata rete di caposaldi, posta al di fuori di aree ove possono verificarsi condizioni particolari di costipamento del terreno.

2. Sulle variazioni della linea di spiaggia :

- 2.1. Redazione di una carta in scala 1:5.000 del litorale tra le foci dei fiumi Savio e Foglia con le variazioni della linea di spiaggia dall'inizio del 19° secolo ad oggi.
- 2.2. Ricerche sulle variazioni più antiche della battigia.
- 2.3. Studio delle variazioni determinate nella spiaggia dalla costruzione dei porti e delle altre opere marittime.

3. Sulla composizione granulometrica dei materiali della spiaggia :

- 3.1. Psammografia di campioni prelevati lungo la battigia e in mare aperto lungo le sezioni perpendicolari alla linea di costa rilevate.
- 3.2. Analisi mineralogica di alcuni dei campioni raccolti.
- 3.3. Ripetizione delle determinazioni precedenti sui campioni prelevati durante la replica dei rilievi batimetrici lungo alcune sezioni perpendicolari alla costa.

4. Sul movimento dei materiali lungo la spiaggia :

- 4.1. Registrazione del vento sul litorale mediante appositi strumenti.
- 4.2. Registrazione del moto ondoso al largo della costa mediante appositi strumenti e potenziamento dei rilievi mareografici.
- 4.3. Rilievo dell'andamento delle correnti lungo la riva e determinazione della direzione dominante di movimento dei materiali lungo la spiaggia.
- 4.4. Stima delle quantità di materiali in movimento in base alle variazioni storiche ed attuali della linea di costa e dei fondali.

5. Sul rifornimento di materiali alla spiaggia :

- 5.1. Determinazione della situazione litologica e dello stato di erosione presente nei bacini fluviali dal Savio al Foglia.
- 5.2. Valutazione dell'apporto dei corsi d'acqua mediante : l'elaborazione degli elementi disponibili sulle portate solide fluviali, il prelievo e l'analisi di campioni del materiale trasportato dai fiumi, l'indagine sull'approfondimento dei letti fluviali e la stima della quantità di materiali asportati.
- 5.3. Individuazione del contributo della costa alta marchigiana da Gabicce a Pesaro in base: alle variazioni della costa in seguito all'erosione marina, alla litologia della serie stratigrafica interessata, al prelievo e all'analisi granulometrica di campioni delle rocce in erosione.
- 5.4. Determinazione del contributo delle conchiglie al quantitativo totale del materiale di spiaggia.
- 5.5. Esame di eventuali altre fonti di approvvigionamento di materiali per la spiaggia.

6. Sulle cause delle variazioni della linea di costa.

- 6.1. Variazioni nella quantità di materiali disponibili per la spiaggia.

- 6.2. Variazioni nei fondali e nel livello marino.

- 6.3. Mutazioni climatiche e nel moto ondoso, quindi nella capacità di trasporto delle correnti di spiaggia.

- 6.4. Interventi antropici diretti, come la costruzione di porti e di opere di difesa, o indiretti come l'estrazione di sabbia e ghiaia dagli alvei fluviali oppure la estrazione di fluidi dal sottosuolo.

- 6.5. Esame di altre eventuali cause delle variazioni in atto.

7. Sulle opere di difesa :

- 7.1. Esame delle opere di difesa sperimentate sulla spiaggia emersa e sottomarina.

- 7.2. Analisi degli effetti delle varie opere marittime di difesa realizzate.

- 7.3. Prove su modello degli effetti e del migliore impiego delle scogliere frangiflutti o di altri tipi di difesa.

- 7.4. Prove su modello degli effetti delle opere portuali in progetto, per poterle poi realizzare perturbando il meno possibile la situazione generale della spiaggia e realizzando tempestivamente le opere indispensabili per contenere i danni assolutamente inevitabili.

8. Progetto di valorizzazione, di difesa e di sistemazione del litorale.

I N D I C E



Pagina	5	PRESENTAZIONE	Pagina	108	6.4. Il moto ondoso
»	7	1. INTRODUZIONE	»	111	6.5. Maremoti
»	11	2. Geomorfologia costiera	»	111	6.6. Moti dei materiali lungo la spiaggia
»	11	2.1. Il litorale in esame	»	113	7. Il trasporto solido fluviale
»	11	2.2. La spiaggia romagnola	»	113	7.1. I corsi d'acqua
»	14	2.3. La granulometria della spiaggia	»	114	7.2. Portata complessiva
»	23	2.4. Composizione dei materiali della spiaggia	»	116	7.3. Trasporto solido
»	24	2.5. L'entroterra romagnolo	»	118	7.4. Granulometria dei materiali alluvionali
»	27	2.6. Morfologia e sottosuolo della spiaggia	»	119	7.5. Materiali atti ad alimentare la spiaggia
»	29	2.7. La costa alta marchigiana	»	121	8. L'attività dell'uomo
»	33	3. Variazioni della linea di spiaggia	»	121	8.1. L'uomo e la costa
»	33	3.1. La trasgressione fiandriana	»	121	8.2. Opere marittime
»	35	3.2. La regressione dell'ultimo millennio	»	121	8.3. Il porto di Rimini e il delta del Marecchia
»	40	3.3. Variazioni medie della linea di spiaggia tra il 1820 e il 1970	»	128	8.4. Il porto di Cesenatico e la spiaggia
»	81	4. Dinamismi della litosfera	»	128	8.5. L'erosione accelerata
»	81	4.1. La fossa tettonica padana	»	133	8.6. Escavazioni negli alvei fluviali
»	82	4.2. La subsidenza attuale delle terre emerse	»	135	8.7. Estrazioni di acque sotterranee
»	85	4.3. La sismicità del litorale	»	135	8.8. Le opere di difesa
»	86	4.4. Mutamenti nella spiaggia sottomarina	»	145	9. Cause dell'erosione marina
»	97	5. Dinamismi dell'atmosfera	»	145	9.1. Variazioni nel bilancio dei materiali
»	97	5.1. Variazioni del clima dopo l'ultima glaciazione	»	146	9.2. Cause fondamentali dell'erosione
»	98	5.2. Il clima attuale	»	146	9.3. Quantità di sedimenti disponibili per la spiaggia
»	100	5.3. Il vento al suolo	»	149	9.4. Provenienze dei sedimenti della spiaggia
»	105	6. I moti del mare	»	150	9.5. Distribuzione dei materiali lungo la spiaggia
»	105	6.1. Variazioni attuali del livello marino	»	150	9.6. La sistemazione del litorale
»	107	6.2. Le maree	»	154	9.7. Considerazioni conclusive
»	107	6.3. Le correnti marine	»	155	APPENDICE
			»	157	Programma di ricerche

Finito di stampare
coi tipi della Tipografia Moderna
F.lli Zauli - Castrocaro Terme
nel mese di Febbraio 1976.