

STUDI RECENTI SULLE VARIAZIONI ATTUALI D E L . L I V E L L O M A R I N O

DINA ALBANI

Man mano che le relazioni internazionali vanno riallacciandosi e perfezionandosi, giungono dai vari paesi le ultime annate di quelle riviste straniere, il cui invio era stato interrotto quattro, cinque e anche sei anni fa.

Lo spoglio di queste riviste è nello stesso tempo laborioso e gradito, ma specialmente gradito quando avviene di imbatterci in dati e notizie particolarmente interessanti per i nostri studi.

Nel numero di ottobre dell'annata 1943 della « Geographical review » H. A. Mårner, in un pregevole articolo sulle « tide observations at Baltimora and the problem of coastal stability », mette in evidenza particolari fenomeni da lui osservati nelle variazioni del livello marino lungo le coste atlantiche degli Stati Uniti.

Tali variazioni sono state, per lungo tempo, oggetto di osservazioni molto rare ed incerte ed è solamente a partire dai primi anni di questo secolo che il loro studio ha trovato, con l'installazione dei mareografi, una base più precisa.

Su questa base appunto furono fatte interessanti ricerche (1) anche in talune regioni costiere europee con risultati che suggeriscono l'idea di una comparazione fra fenomeni simili avvenuti in ambienti diversi fra loro, come tali infatti si possono considerare le coste atlantiche degli Stati Uniti, i litorali del Mediterraneo e le regioni costiere europee dell'Atlantico e del Mare del Nord.

H. A. Mårner considera per le sue ricerche il periodo di tempo compreso fra il 1903 e il 1942, avvertendo che le osservazioni avvenute durante questo quarantennio costituiscono la più lunga serie di osservazioni continuate della marea fatte sulle coste atlantiche degli Stati Uniti.

Dopo aver dimostrato l'inconsistenza di un possibile cambiamento nel regime dell'onda di marea a Baltimora durante il suddetto periodo quarantennale, l'A. afferma che un innalzamento del livello marino di piedi 0,34, pari a piedi 0,87 in un secolo, si è verificato nei quarant'anni considerati. E questo nonostante la irre-

(1) Alcune di queste ricerche furono da me segnalate in « *Le spiagge della Toscana settentrionale dalla foce del fiume Magra ai Monti Livornesi* », nel vol. *Le Spiagge toscane*, Roma 1940, presso il Comitato Nazionale per la Geografia.

golare variazione, di anno in anno, del livello marino stesso e l'apparente presenza di cicli con periodi da 4 a 20 anni.

Secondo l'A. sarebbero infatti da escludere cicli di sollevamento e di abbassamento del livello del mare. Egli osserva che il carattere stagionale di alcuni agenti naturali, ch'egli riassume sotto i vocaboli « vento » e « tempo », produce un corrispondente cambiamento stagionale nel livello marino. A Baltimora, ad esempio, il livello del mare è più basso in inverno e più alto nella tarda estate.

Il livello del mare varia da un mese all'altro, e, se osserviamo nell'unita tabella i valori medi delle altezze medie mensili di ciascun mese attraverso il periodo 1903-1942, possiamo constatare che il cambiamento in altezza del livello marino — indicato di mese in mese dai suddetti valori medi — può essere considerato co-

Anni	1911	1912	1913	1918	1919	1920	1924	1925	1926	1903-1942
in.	3.71	3.39	3.74	3.85	3.67	3.67	3.64	3.89	3.45	3.76
br.	3.86	3.61	3.53	3.73	3.85	3.75	4.00	4.03	3.88	3.76
.	3.73	3.74	3.52	3.99	3.86	3.62	4.13	3.70	3.57	3.90
Apr.	4.08	3.89	3.94	4.35	4.07	4.37	4.27	4.15	3.88	4.15
Mag.	4.12	4.30	4.09	4.18	4.63	4.40	4.71	4.23	4.10	4.32
Giu.	4.38	4.21	4.23	4.49	4.77	4.40	4.54	4.31	4.25	4.46
Lug.	4.21	4.21	4.20	4.40	4.70	4.29	4.40	4.38	4.28	4.45
	4.44	4.28	4.47	4.48	4.61	4.44	4.54	4.33	4.60	4.51
t.	4.60	4.69	4.40	4.41	4.54	4.44	4.57	4.54	4.73	4.54
Ott.	4.52	4.23	4.43	4.38	4.61	4.40	4.27	4.03	4.45	4.38
Nov.	3.78	3.87	0.01	4.11	4.48	4.20	4.08	3.90	4.10	4.05
Dic.	3.77	3.60	3.77	4.12	3.87	4.09	3.42	3.51	3.88	3.84
Medie	4.10	4.00	4.03	4.21	4.30	4.17	4.21	4.08	4.10	4.18

me rappresentante la variazione periodica annuale del livello del mare, la quale è in relazione al periodico cambiamento stagionale del vento e delle altre condizioni meteorologiche. Ciò posto, non sembrerebbe potersi attribuire a variazioni cicliche le differenze presentate dalle altezze medie di taluni anni, come il 1912, il 1919 e il 1925, considerati come il punto rispettivamente più basso, più alto e più basso di ciò che appaiono essere i cicli di sollevamento e abbassamento del livello marino.

Nel 1912, ad esempio, il livello marino era piedi 0,18 più basso del valore medio di tutto il periodo quarantennale. Ma se confrontiamo le altezze mensili del 1912 con le corrispondenti altezze mensili

medie, troviamo grandi differenze varianti tra $-0,37$ e $+0,15$. Sembra chiaro quindi che queste differenze sono gli effetti occasionali delle variazioni del « vento » e del « tempo » mentre la differenza media di $0,18$ è un risultato puramente statistico.

Le stesse osservazioni fatte per gli anni 1919 e 1925 portano alla conclusione che quelle che sembrano essere periodicità con amplitudini relativamente grandi non possono essere in nessun modo considerate come vere periodicità.

Di un solo ciclo, tuttavia, non può essere messa in dubbio la esistenza, ed è quello che ha un periodo di 18,6 anni, e corrisponde alla rivoluzione della linea dei nodi dell'orbita lunare e la sua amplitudine, calcolata sulla base di considerazioni teoriche, dovrebbe esser piccola.

Che se poi vorremmo trarre conclusioni da osservazioni dirette non lo potremmo, dato il breve periodo considerato, che non permette di rintracciare effetti apprezzabili di questo ciclo.

Molto interessante appare poi la curva, qui riportata nella fig. 1,

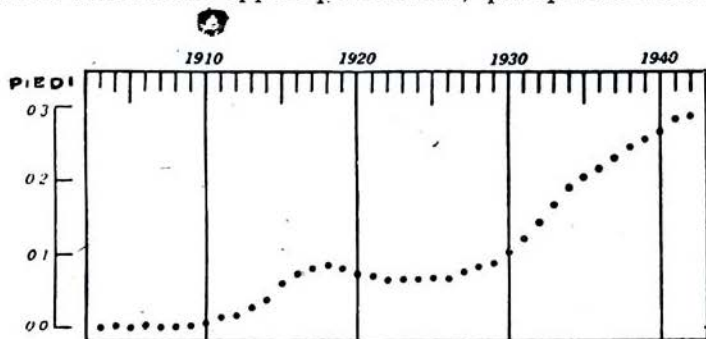


Fig. 1. - Variazione annuale del livello marino a Baltimora fra il 1903 e il 1942.

che l'A. ha ottenuta dopo aver eliminati gli effetti perturbatori del vento e degli altri agenti meteorologici, e nella quale è rappresentata la variazione del livello marino a Baltimora secondo valori medi limitati a cinque mesi di ciascun anno e precisamente ai mesi compresi fra giugno e ottobre, in quanto questi costituiscono il periodo dell'anno in cui il livello marino subisce minori perturbazioni.

La suddetta curva rappresenta la migliore approssimazione al reale cambiamento delle relazioni fra terra e mare a Baltimora nel periodo 1903-1942.

Non sembra tuttavia che questo cambiamento sia avvenuto in modo regolare. A una variazione, risoltasi in un sollevamento di piccola entità del livello del mare fra il 1903 e il 1929, sarebbe successo, fra il 1929 e il 1942 un sollevamento di entità assai maggiore, che avrebbe portato il livello del mare a piedi 0,3 (pari a 10 cm.)

più elevato del 1903. Il sollevamento annuale oscillerebbe quindi da 2 a 3 millimetri.

Alla fine del suo articolo l'A. avverte che la supposizione di attribuire al sollevamento del livello del mare la variazione di piedi 0,3 nelle altezze relative fra terra e mare è puramente convenzionale. Può darsi benissimo che la variazione possa esser riferita a un abbassamento della costa, o anche a una concomitanza dei due fenomeni.

Per quello che riguarda l'estensione del fenomeno osservato, l'A. constata che — malgrado il breve periodo delle osservazioni riferibili soltanto agli ultimi dieci o venti anni — una variazione approssimativamente uguale, nel livello marino, sarebbe stata riscontrata anche a Boston, New York, Atlantic City e Charleston. Non si tratterebbe quindi di una variazione locale ma regionale.

Non solo; in base a dati riguardanti le varie regioni del mondo B. Gutemberg (1) sarebbe arrivato alla conclusione che un generale sollevamento del livello marino si sarebbe verificato, negli ultimi anni, in misura di circa 10 centimetri in un secolo. Egli nota inoltre che il sollevamento avrebbe subito una accelerazione durante gli ultimi decenni.

Di fronte ai risultati del Gutemberg, il Marmer, che avrebbe notato, in quaranta anni, a Baltimora, un sollevamento annuo all'incirca doppio (e cioè da 2 a 3 mm.) di quello constatato dal Gutemberg in altre regioni del Globo, avanzerebbe l'ipotesi che a Baltimora fosse intervenuto contemporaneamente un abbassamento locale della costa di valore uguale al sollevamento del mare. Ma tale notizia, sia pure riportata come semplice ipotesi, non è appoggiata da nessuna prova o indizio.

Fin qui l'interessante articolo del Marmer.

Ma riferendoci a pubblicazioni un po' meno recenti, pure ad interessanti conclusioni sarebbero giunti Ch. Lallemand ed E. Prévot con le loro osservazioni del livello medio del mare sul litorale

(1) *Changes in sea level, postglacial uplift, and mobility of the earth's interior*, Bull. Geol. Soc. of America, vol. 52, 1941 [part I], pp. 721-772. Questa pubblicazione, citata dal Marmer, non è stata da me consultata direttamente.

Nè mi è stato possibile consultare la Pubbl. Sc. N. 5 « *Monthly and annual mean heights of sea-level* », Liverpool 1940, dell'Assoc. d'Ocean. Phis. Union Géod. et Geoph. Internat., che dà i livelli medi mensili e annui di tutte le stazioni mareografiche della terra. Da tali dati si può ricavare che un aumento del livello marino, con un ritmo di circa 1-2 centimetri per decennio, avviene, in generale, per tutti i mari della terra. Cfr. POLLI S., *Il graduale aumento del libello del mare a Venezia, Trieste e Pola*. Estratto dalla rivista di Geofisica pura e applicata, vol. IX, fasc. 1-2, Milano 1946. Cfr. anche VERCELLI F., *Le variazioni attuali del medio livello marino* nei Rapports et Procès-verbaux des réunions de la Commission internationale pour l'exploration scientifique de la mer Méditerranée, Vol. XI.

francese (1). Essi hanno preso in considerazione due stazioni: Brest, sull'Oceano Atlantico, dove dal 1851 funziona un mareografo del Servizio idrografico della Marina, e Marsiglia, sul Mediterraneo, ove dal 1885 si susseguono osservazioni regolari precississime per mezzo di un mareografo e di molti altri apparecchi installati in questo porto e nelle sue vicinanze.

Da un primo esame dei dati ottenuti, da cui risultò un sollevamento continuo del livello marino di circa tre quarti di millimetro per anno (2) si giunse — attraverso un diagramma che univa in una curva unica le osservazioni di Brest dal 1851 al 1885 e quelle di Marsiglia dal 1885 al 1925 — alla conclusione che si dovesse trattare non di un sollevamento continuo del mare ma di un movimento oscillatorio assai complesso risultante dalla sovrapposizione di parecchie onde di origine astronomica.

Tra queste onde componenti, con periodi approssimati fra 2 e 18,6 anni, la meglio determinata sembrerebbe quest'ultima, che risulta originata dalla rivoluzione della linea dei nodi dell'orbita lunare.

Come abbiamo veduto, Marmer non sembra dare una grande importanza a questa onda, pur non mettendone in dubbio l'esistenza e anche riconoscendo che l'intervallo di tempo di 40 anni è troppo breve per poter prendere in considerazione un'onda con un periodo di 18,6 anni. Le indagini di Lallemand e Prevot a Brest e a Marsiglia si riferiscono invece a un intervallo di tempo quasi doppio di quello in cui sono state fatte le osservazioni a Baltimora.

Prevot inoltre prende in considerazione un'altra onda a lunghissimo periodo corrispondente a 5 rivoluzioni della linea dei nodi dell'orbita lunare e cioè a 93 anni tropici. A questa onda Prevot attribuirebbe il lento sollevamento del livello marino osservato a Marsiglia dopo il 1885. Ma sembra che non si possa ancora pronunciarsi sull'esistenza di componenti aventi periodi più lunghi di 45 anni (3).

Oltre all'andamento periodico si può distinguere, tanto a Brest come a Marsiglia, una tendenza generale al sollevamento del livello marino del valore di 12 centimetri in un secolo per Brest, mentre per Marsiglia sarebbe più debole e cioè di circa otto centimetri.

(1) LALLEMAND CH., PRÉVOT E., *Variations lentes du niveau moyen de la mer sur le littoral français*, Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 188, Parigi 1929, pp. 1345-48.

(2) *Rapport sur les travaux du Service de Nivellement général de la France de 1922 à 1924* (Deuxième Congrès de l'Union internationale de Géodésie et de Géophysique, Rapport 7 b, Madrid, 1924).

(3) Cfr. FROLOW V., *Sur les mouvements du niveau moyen de la mer a Brest et à Marseille*, Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, t. 202, p. 908.

Oltre il mareografo di Marsiglia, un'altra ventina di apparecchi sono stati installati sulle coste del Mediterraneo. Secondo Vignal (1) l'aspetto dei diagrammi dei livelli medi nel Mediterraneo presenterebbe, di solito, nei porti vicini, un parallelismo assai marcato, parallelismo che si attenuerebbe col crescere della distanza, pur persistendo però una certa analogia anche quando si tratti di porti relativamente distanti fra loro.

Tenendo conto degli apparecchi che hanno funzionato durante più decenni sotto controllo soddisfacente, se ne potrebbe trarre (facendo astrazione da tutte le oscillazioni accidentali in sensi diversi) una variazione secolare lentissima con la tendenza ad elevarsi del livello marino in ragione di 1 millimetro all'anno, passando raramente e di poco i due millimetri. Vignal accenna anche a movimenti bradisismici di sollevamento e abbassamento del suolo con andamento assai differente da regione a regione, e solo le osservazioni sufficientemente moltiplicate lungo le coste potrebbero dare un'idea del movimento di insieme, forse complicatissimo, del Mediterraneo (2).

Vignal richiama infine l'attenzione su abbassamenti gradualmente importantissimi che si sarebbero verificati in molti promontori della costa giapponese del Pacifico e il cui valore sorpasserebbe il mezzo centimetro per anno.

Ma riportandoci ai litorali dell'Europa occidentale, possiamo osservare che variazioni nel livello marino sono state segnalate lungo le coste inglesi della Manica e del Mare del Nord.

Interessanti ricerche, compiute da W. V. Lewis e W. G. Balchin (3) presso Dungeness sul Passo di Calais, hanno posto in luce

(1) VIGNAL JEAN, *Les changements du niveau moyen des mers le long des côtes en Méditerranée et dans le monde*, Annales des ponts et chaussées, Parigi, ott. 1935, pagg. 638-84.

(2) Richiamo l'attenzione sulla pubblicazione *Monthly and annual mean heights of sea-level* (già citata) per quel che riguarda la variazione del medio livello marino avvenuta negli ultimi cinquanta anni in trenta stazioni mareografiche del Mediterraneo. Secondo dati riportati dalla suddetta pubblicazione l'aumento del livello marino sarebbe in media di cm. 1,8 per decennio. Cfr. POLLI S., *Il graduale aumento del livello marino determinato per 30 porti del mare Mediterraneo*, pubbl. n. 218 dell'Istituto Geofisico, Trieste, 1946.

Per le stazioni mareografiche di Venezia, Trieste e Pola, S. Polli (nella pubblicazione citata, *Il graduale aumento del livello del mare a Venezia, Trieste, Pola*), osserva che, mentre per Trieste e Pola i valori dell'aumento sono poco diversi da quello di cm. 1,8 medio per il Mediterraneo, per Venezia l'alto valore dell'incremento decennale di cm. 3,8, uno dei più alti della terra, dipende da un contemporaneo sprofondamento della zona lagunare.

(3) *Past sea-levels at Dungeness*, Geogr. Journ. 1940, pp. 258-85.

un sollevamento nel livello marino di circa un metro e mezzo dal secolo XV ad oggi (1).

Prove del sollevamento marino, sempre nella proporzione di circa 30 centimetri per secolo, risulterebbero anche dagli studi compiuti da H. L. Jolly a Newlyn nella baia di Mont in Cornovaglia e a Felixtome sul Mare del Nord (2).

Secondo O. Meissner (3) il livello del mare si sarebbe sollevato, dal 1855 al 1920, di circa un millimetro e mezzo all'anno sulle coste tedesche del Mare del Nord e di circa la metà sulle coste del Baltico.

Per un abbassamento costiero, con valori via via crescenti, a partire dal confine tedesco-danese fino al territorio olandese, sembrano invece pronunciarsi vari autori olandesi e tedeschi citati in un articolo di G. Wegemann (4). Si nota tuttavia una forte differenza nei valori calcolati, per un secolo, da ciascun autore.

Per quello che riguarda il sollevamento generale, assai sensibile del suolo in rapporto al mare, che si verificava lungo le coste della penisola Scandinava e che veniva generalmente attribuito a movimenti di tipo epirogenetico e ad oscillazioni di compensazione isostatica, V. Frolov (5), analizzando le medie dei mareografi di Narvik, Heimsjø, Nordfiord, Bergen, Stavanger, Tredge, Nevlunghavn e Oslo, giunge all'interessante conclusione che non vi sono movimenti apprezzabili del continente in rapporto al mare e che il movimento isostatico postglaciale sembra terminato sulle coste della Norvegia.

Da quanto abbiamo esposto risulta assai chiaramente che in alcune estese regioni del globo il livello del mare sembra elevarsi rispetto a un caposaldo. In taluni luoghi (Marsiglia e Brest) l'analisi delle osservazioni ha messo in evidenza che una parte dei movimenti del livello medio del mare è dovuta ad un susseguirsi di variazioni periodiche, la cui origine potrebbe essere in relazione, per talune variazioni, con fenomeni astronomici e, per altre, con influen-

(1) Le ricerche di Lewis e Balchin sulle antiche linee di spiaggia nei dossi ciottolosi presso Dungeness mettono in evidenza movimenti alternati di sollevamento e di abbassamento del livello marino per cui intorno al XIII secolo il mare avrebbe avuto lo stesso livello di oggi, ciò che comporta un abbassamento del livello stesso fra i secoli XIII e XV. Nel secolo VIII tale livello sarebbe stato circa 30 centimetri più basso dell'attuale; attualmente sarebbe più alto di circa un metro e mezzo rispetto ai tempi romani.

(2) JOLLY H. L., *Supposed land subsidence in the south of England*, Geogr. Journ. 1939. pp. 408-13.

(3) MEISSNER O., *Eine säkulare Wasserstandsänderung der deutschen Küste*. Peter. Mitteil. 1926, p. 23.

(4) WEGEMANN G., *Die Senkung der deutschen Nordseemarschen*, Peter, Mitteil. 1933, p. 169.

(5) FROLOV V., *L'analyse des séries maréographiques de la Norvège*, Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. 206, Parigi 1938, pp. 824-26.

ze di carattere meteorologico. Rispetto a queste ultime abbiamo veduto che Marmer ha cercato di eliminarle nel costruire la curva della fig. 1, che rappresenta, secondo il suo metodo, la migliore approssimazione al reale cambiamento del livello marino a Baltimora.

Anche l'ipotesi (1) che le portate fluviali possano avere influenza sulla stabilità del livello marino, può esser presa in considerazione. Bisogna infatti tener presente che mentre la evaporazione avviene su tutta la superficie dei mari, la terra ferma restituisce l'acqua soltanto lungo i litorali e la restituisce dolce. Così, sotto l'effetto della densità e della massa delle acque scaricate, il livello marino può subire movimenti la cui amplitudine dovrebbe essere più sensibile presso le coste. Variando l'apporto fluviale periodicamente, una variazione periodica dovrebbe manifestarsi nel movimento del livello medio del mare, soprattutto presso le coste.

Ciò posto, conviene, infine osservare che i vari fenomeni segnalati non contraddicono l'ipotesi di una trasgressione marina attuale, che è del resto suggerita dalle recenti ricerche geologiche e biologiche. E anche storiche. Con le tracce e le testimonianze lasciate dalle antiche civiltà possiamo apportare alle misure moderne — precise ma riferibili a periodi troppo brevi — preziosi prolungamenti verso un lontano passato, anche se le osservazioni antiche, storiche e archeologiche, sono talvolta poco precise e troppo rare.

A. Briquet (2), in un suo poderoso lavoro sulle variazioni del litorale settentrionale francese, parla di prove decisive del sollevamento del livello del mare in epoca storica nel nord della Francia.

A conferma delle ricerche condotte presso Dungenes da Lewis e Balchin, sopra citati, sono da segnalare gli studi di C. I. Gilbert (3) su Romney Marsh, dove si sarebbero potuti constatare movimenti alternati di sollevamento e di abbassamento del livello marino dal Neolitico ad oggi. Dai tempi romani il valore del sollevamento corrisponderebbe, secondo l'A., a oltre due metri a Dungeness.

Sempre in base a ricerche archeologiche compiute lungo il Tamigi inferiore, Wheeler (4) porterebbe tale sollevamento a circa quattro metri.

Appoggiandosi a documenti storici e archeologici A. Bouchayer (5) avrebbe provato l'esistenza a Marsiglia di movimenti del

(1) Cfr. LEGRAND J., *Sur l'utilisation des observations du niveau moyen des mers en vue de la recherche des cycles climatiques*, Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, t. 200, Parigi 1935, pp. 573-5, e FROLOW V., *Sur les mouvements du niveau moyen de la mer à Brèst et à Marseille*, op. cit.

(2) BRIQUET A., *Le littoral du nord de la France et son évolution morphologique*, Paris, 1930.

(3) *The evolution of Romney Marsh*, *Archaeol. Cant.* (1933) p. 261.

(4) WHEELER R. E. M., Royal Commission on Ancient Monuments (England), vol. III, 1928, « Roman London », p. 13.

(5) BOUCHAYER A., *Marseille ou la mer qui monte*, Paris 1931.

livello medio del mare, dai tempi preistorici ad oggi. Secondo l'A., a un movimento di discesa del livello del Mediterraneo, iniziatosi da millenni e continuato fino alla metà del sec. XIII, sarebbe seguito un movimento di ascesa che continuerebbe anche oggi.

Sempre sulla base di documenti storici, Bouchayer ammette inoltre che, al presente, l'abbassamento graduale del litorale in rapporto al mare è un fenomeno generale esteso a tutta l'Europa occidentale.

I movimenti attuali del livello del mare, la cui esistenza sembrerebbe confermata oltre che da recenti misure mareografiche, anche da ricerche storiche e archeologiche, sarebbero la continuazione di movimenti verificatisi nel corso delle ere geologiche. L'era quaternaria è stata caratterizzata dall'alternarsi di sollevamenti e abbassamenti del livello marino in relazione all'eustatismo glaciale, i cui effetti sul livello dei mari sarebbero stati notevolissimi e tali da implicare una serie imponente di conseguenze nel campo stratigrafico, fisiografico e paleogeografico dei litorali di tutto il mondo (1).

Secondo la teoria eustatica si sarebbe stabilito un rapporto fra la superficie d'equilibrio costituita dal livello degli oceani e dei mari aperti e la quantità di acqua trattenuta sotto forma di ghiaccio sulle terre emerse.

Le enormi calotte di ghiaccio, che si stabilivano sui continenti durante i periodi glaciali, determinavano un abbassamento del livello marino, che tornava invece ad innalzarsi durante i periodi interglaciali, quando cioè, con la diminuzione dei ghiacci continentali veniva restituita all'oceano un'ingente quantità di acqua. Si è così verificato l'alternarsi di moti regressivi e trasgressivi sui litorali, accompagnati e seguiti da crisi climatiche, i cui effetti si possono distinguere in una serie di giacimenti litoranei.

Ammesso quindi che esista una corrispondenza fra le oscillazioni glaciali e le variazioni del livello del mare, non è escluso che l'attuale sollevamento del livello marino possa essere in relazione con il profondo regresso glaciale, che si verifica da un secolo a questa parte sia nei ghiacciai polari (2) che in quelli alpini (3). Per cui le prove recenti del sollevamento suddetto avvalorerebbero l'ipotesi di una attuale trasgressione marina, pur non escludendo, per taluni litorali, la concomitanza di movimenti locali del suolo di carattere particolare.

(1) Cfr. BLANC A. C., *Variazioni climatiche ed oscillazioni della linea di riva nel Mediterraneo centrale durante l'Era Glaciale*, Sonderabdruck aus « Geologie der Meere und Binnengewässer », Bd. 5, Heft. 2, S. 137-219, Jahrg. 1942.

(2) KEILHACK K., *Riesiger Gletscherrückgang in Nordwest-Island von 1844-1915*, Zeitschr. f. Gletscherk. Bd. XXI, 1934; NOVARESE V., *Ghiacciai d'Islanda*, Boll. Soc. Geogr. It. n. 1, 1936.

(3) MONTERIN U., *Il clima delle Alpi ha mutato in epoca storica?* in « Ricerche sulle Variazioni del clima italiano », Comit. Naz. per la Geografia, Bologna, 1937.