

ΓΕΩΛΟΓΙΑ.—Erforschung der Agäis-Beachrocks Beobachtungen über das vorkommen und die entwicklung von Beachrocks an den küsten von SO und SW Euböa - Ostattika - NO Böotien, von *Sotirios N. Leontaris**, διὰ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Ἀγγέλου Γαλανοπούλου.

EINLEITUNG

Zum häufigen Vorkommen von Strandpsammiten (Beachrocks) jüngsten geologischen Alters haben sowohl die grosse Entfaltung in Längsstellung der Küsten im griechischen Raum wie auch die für deren Bildung äusserst geeigneten Klimaverhältnisse beigetragen. Diese beiden genannten Faktoren haben zweifellos die Hauptrolle bei der Entstehung und die Entwicklung dieser Formationen gespielt.

Mit den Beachrocks des engeren und breiteren griechischen Raumes haben sich bekanntlich früher befasst: Mistardis (1952, 1956, 1963, 1972), Boeschoten (1962, 1963), Alexanderson (1969, 1972), Higgins (1969), Roubanis (971), Marinos-Symeonidis (1972), Kelletat (1975), Dermitzakis-Theodoropoulos (1975) u.a. Über deren Bildung sind viele Auffassungen aufgestellt.

Tatsache ist, dass die Beachrocks sehr dichte vorwiegend sandgesteine jüngsten geologischen Alters bilden, also von mehr als 3000 Jahre v. Chr. bis zu den Byzantinischen Zeiten, ihr junges geologisches Alter wird durch die archäologische.

Funde geschätzt die unter den Beachrocks verdeckt waren. Es kann auch sein, dass archäologisch und geschichtliche Denkmäler noch von den Beachrocks überlagert sind. Das Alter dieser Formationen wird gleichfalls durch das radiochronologische Verfahren mit dem C_{14} des Calciumcarbonats der Meerorganismenmuscheln die in den Beachrocks enthalten sind, festgestellt. Auch heute findet an der Meeresküste eine Beachrocksbildung statt, da man in deren verfestigtem Sand zeitgenössische Gegenstände trifft (Flaschenpfropfen, Kunststoffe, Eisengegenstände u.a.).

Es ist zu erwähnen, dass die Beachrocks vorwiegend aus Sand und

* ΣΩΤΗΡΙΟΥ ΛΕΟΝΤΑΡΗ, Ἐρευναὶ ἐπὶ τῶν Beachrocks τοῦ Αἰγαίου. Παρατηρήσεις ἐπὶ τῆς παρουσίας καὶ ἀναπτύξεως τῶν Beachrocks εἰς τὰ παράλια ΝΑ., ΝΔ. Εὐβοίας - Α. Ἀττικῆς - ΒΑ. Βοιωτίας.

grösseren Elementen (Kieselsteine, Geröll usw.) bestehen, die durch Bindemittel verfestigt sind, vorwiegend Kalkspat oder Aragonit. Sämtliche verfestigten Elemente bilden längst der Küste unterbrochene Bandplatten, die fast parallel zu der Küste verlaufen und meerwärts in einer Neigung von 3° - 7° neigen.

a. Beachrocks-Genese

Die im Stadium der Sandbildung zustandekommende Verfestigung der verschiedenen Sandkomponente erfolgt durch die Sedimentation des Calciumcarbonats aus den Lösungen dieser Verbindungen im Wasser. Dieser Vorgang vollzieht sich in der Nähe der Küstenlinie und ist eindeutig auf physikalisch-chemische Ursachen zurückzuführen, wie Verdampfung, Temperatursteigerung und die Belüftung, die die Sedimentation des Calciumcarbonats zur Folge haben.

Neben den physikalisch-chemischen Ursachen vertreten jedoch wenige Forscher die Ansicht, dass die Sedimentation des Calciumcarbonats die geochemischen Faktoren zugerechnet werden kann, nämlich der Einwirkung von Algen und Bakterien, die zur Ausstossung des Calciums beitragen. Die Bedeutung der Mikroorganismen bei der Verfestigung der Materialien und der Beachrocksentstehung hat nur Nesteroff (1956) experimentel bestätigt.

Demzufolge können wir zur Erklärung des Vorgangs der Beachrocksgenese, wie Marinos-Symeonidis (1972) und Dermitzakis-Theodoropoulos (1975) erwähnen, die Forscher in zwei Gruppen einteilen: Von der ersten Gruppe werden drei Auffassungen vertreten:

1) Nach dieser Auffassung ist die Verfestigung der Beachrocksmaterialien auf die Sedimentation des Calciumcarbonats aus dem Meerwasser zurückzuführen. Verfechter dieser Auffassung sind Kuenen (1933, 1950), Ginsburg (1953), Cloud (1959) u.a. Die optimalen Verhältnisse für die Beachrocksbildung bestehen nach Ginsburg (1953), wenn die Temperaturen hoch liegen und die bei der Ebbe erreichte Drainage komplett ist. Somit erfolgt die rasche und vollständige Sedimentation der Carbonate aus dem sich um die Körner bewegenden Wasser.

2) Hier ist die Beachrocksbildung auf die Sedimentation der Carbonate aus dem Süsswasser zurückzuführen, dass als Grundwasser aus dem Küstenuntergrund herausfließt. Diese Auffassung wird von Russel (1959, 1962, 1963)

und Russel-Mc Intire (1965) vertreten. Diese Autoren gehen davon aus, dass die Beachrocks als Folge der kapillaren Wirkung über dem wassertragenden Untergrundhorizont gebildet werden.

Beachtenswert ist die Beobachtung von Russel (1963), dass auf der Insel Ikaria die Beachrocks nur längst der Küste aus Kalkstein und Marmor entstehen, während sie ganz bei Granitküsten fehlen. Diese Beobachtung wurde auch von mir in den untersuchten Gebieten angestellt und es hat sich herausgestellt, dass sie unbedingt stimmt.

Nach Russel-McIntire (1965) ist die Körnerverfestigung nur dann möglich, wenn die Temperatur des fließenden Grundwassers mehr als 20°C über einen Zeitraum von 6 Monaten im Jahr und bis zu einer Tiefe von ca. 75 cm liegt.

Die ersten Beachrocks müssen also entstanden sein als die Wassertemperatur sehr hoch lag, wenn sie dagegen fällt, nimmt die Löslichkeit des Calciumcarbonats im Wasser zu. Dies gilt auch in unserem Raum, der von den Gezeiten stark beeinflusst werden. Auch Mabesoone (1964) hat bei der Untersuchung der Pernambuco-Beachrocks festgestellt, dass die Bildung derselben durch die reich an calciumcarbonat Süßwasserverdampfung nah der Oberfläche verursacht wird.

Von Nesteroff (1956) und (Guilcher (1961) wird die Ansicht abgelehnt, dass die Verfestigung der Beachrocksmaterialien eine Folge der Sedimentation des Calciumcarbonats aus Süß- bzw. selbst aus salzigwasser ist im Falle der Beachrocks des Roten Meeres, wo das Süß- bzw. salzigwasser bei den herrschenden Trockenverhältnissen nicht vorhanden ist.

Auch von anderen Forschern wurden Einwendungen über die Theorien erhoben, die die Beachrocksentstehung auf die rein physikalisch-chemische Einwirkung zurückführen, die die Sedimentation von Carbonaten verursacht.

3) Die Theorie von Boekschoten (1962, 1963), Trichet (1965), Bloch-Trichet (1966) nimmt an, dass die Verfestigung der Beachrocksmaterialien ein Ergebnis der Sedimentation beim Kontakt von Süß- mit Meerwasser ist. Hier ist gleichfalls die Ansicht vertreten, dass die Beachrocks nur dort entstehen können, wo das Grundwasser an Carbonaten und Bicarbonaten gesättigt ist. Das Meerwasser ist reich an Calciumionen, aber relativ arm an CO_3^{2-} und HCO_3^- , und wo das Süßwasser mit dem Meerwasser zusammenfließt, findet eine Sedimentation des Calciumcarbonats statt.

Nach Kelletat (1975) sind die zur Verfestigung der Einzelstoffe der zahlreichen Beachrocks von Peloponnes beitragenden Faktoren das Nie-

derschlagswasser, Salzwasserspray, die starken Ablagerungen von verschiedenen Salzen (Evaporation) sowie die primären Kalksteinbestandteile (primärer Kalkgehalt), die bei den Konglomeratsedimenten beobachtet werden, oder auch die Konzentration von verschiedenen organischen Schalen.

Den Auffassungen dieser Autoren stimme ich vorbehaltlos zu, da ich bei meinen Beobachtungen sowohl an den Euböaküsten wie auch an den Attika- und Böotienküsten festgestellt habe, dass relativ spärliche Vorkommen von Beachrocks — was in einem anderen Kapitel begründet werden wird — ausschliesslich und allein bei den Mischungsfronten von Süss- und Meerwasser beobachtet wird, also längst der Abschnitte der flachen Sandküste verschiedener Buchten, wo die Gewässer der Landtäler münden.

Es wäre eine Unterlassung nicht die Hauptrolle hervorzuheben, die der stratigraphische, geologische und petrologische Zustand derjenigen Gebiete spielen, die von den Tälern durchfurcht werden und die Meeresküsten mit verschiedenen Sedimenten versorgen.

Als Begründung meiner vorangehenden Ansichten können die Feststellungen dienen, die ich bei der Untersuchung von zahlreichen Seen des griechischen Raumes gemacht habe, wo ich nirgends das Vorkommen von Beachrocks an den Küsten dieser Seen beobachtet habe. Dies rechne ich sicher hauptsächlich dem Fehlen von Süss- und Meerwassermischungsfronten sowie auch anderen Ursachen zu, wie Wallung, Temperatur, pH, Salinität u.a.

Die zweite von wenigen Forschern vertretene Gruppe geht davon aus, dass die Meeralgen und die Bakterien eine Hauptrolle in der Beachrocksgenese spielen.

Von Cloud (1952, 1959) wurde festgestellt, dass verschiedene Blau- und Grünalgen zur Verfestigung der Küstenmaterialien beitragen und die Materialkörner miteinander festhalten, während eine Sedimentation von Calciumcarbonaten aus dem Meerwasser stattfindet. Ranson (1955) vertritt die Ansicht, dass die Mikroorganismen ein Höchstmass bei der Verfestigung der tropischen Kalkstein- und Sandablagerungen der Küste beigetragen haben.

Nach der Auffassung dieses Forschers wird ein Wasserglaskitt aus kleinkalibrigen Kalkspatkristallen gebildet. Diese Mikroorganismen verwenden den organischen Stoff, der in den Skelettresten der verschiedenen Ablagerungen enthalten ist.

Nesteroff (1956) gilt als der einzige Forscher, der die Bedeutung der Mikroorganismen bei der Verfestigung der Materialien in der Beachrocksgenese

genese experimentell bewiesen hat. Er geht davon aus, dass während der ersten Verfestigungsphase, die Mikroorganismen Überlagerungen aus amorphem Calciumcarbonat um die Sandkörner produzieren. Anschliessend werden sie in Aragonit und schliesslich in Kalkstein umgewandelt. Während sich diese Umwandlungen vollziehen, wird gleichzeitig die Erzeugung des amorphen Calciumcarbonats fortgesetzt.

Maxwell (1962) Auffassung ist, dass die Bildung von Beachrocks hauptsächlich in der Form von schichtartigen von den Algen gebildeten Überlagerungen vor sich geht.

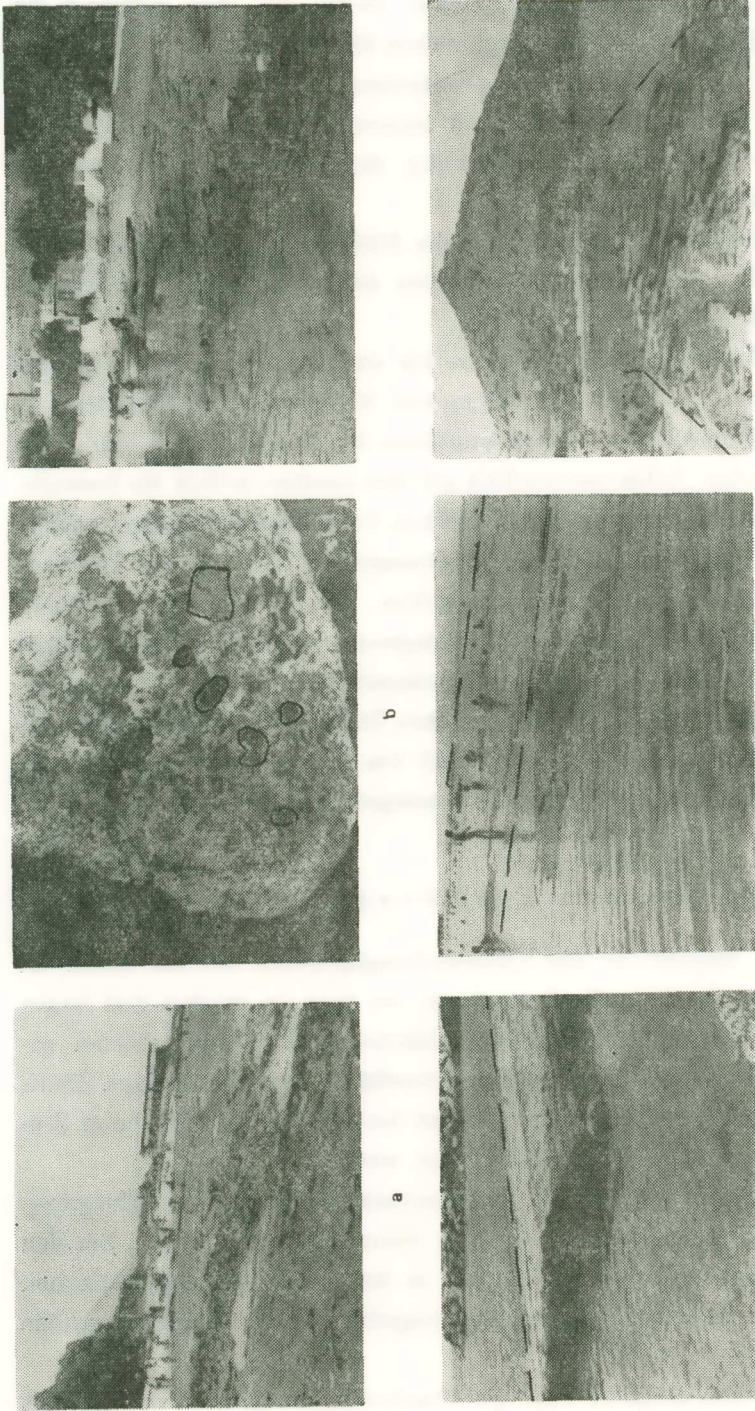
Zum Abschluss dieses Kapitels führe ich als Schlussfolgerung auf, dass die Beachrocksgenese auf die Vermischung von Meerwasser mit Süsswasser — Grund- und Oberflächewasser — zurückzuführen ist, die die Ausscheidung von Calcium zur Folge hat. Selbstverständlich gilt dies insofern örtlich die besonderen hydrogeologischen und geomorphologischen Verhältnisse vorliegen, wie die Menge und die Geschwindigkeit des Süsswasserausflusses, die als Faktoren für die Calciumcarbonatsedimentation gelten. Als bedeutende Faktoren erachte ich gleichfalls das Klima und die Temperatur. Alle diese Überlegungen schliessen nicht die Beteiligung des biogeochemischen Faktors an dem Calciumausscheiden aus, weil ich an den gleichen Stellen ungleiche Beachrocksverteilung festgestellt habe. Auf jeden Fall bin ich der Meinung, dass die Rolle des biogeochemischen Faktors eher postgenetisch ist.

b. Stellen der Beachrocksbildung

Die meisten Beachrocks des Untersuchungsgebietes werden direkt an der Küstenlinien beobachtet oder kurz davor, wo dann im zweiten Fall hinter den Beachrocks Wattenmeerteiche von üblicherweise geringen Tiefen gebildet werden (Taf. II, A, B, E). Deren Oberfläche ragt nur wenige Zentimeter über den heutigen Mittelmeeresspiegel hervor, während sie beim See-gang meistens von den Wellen überflutet wird.

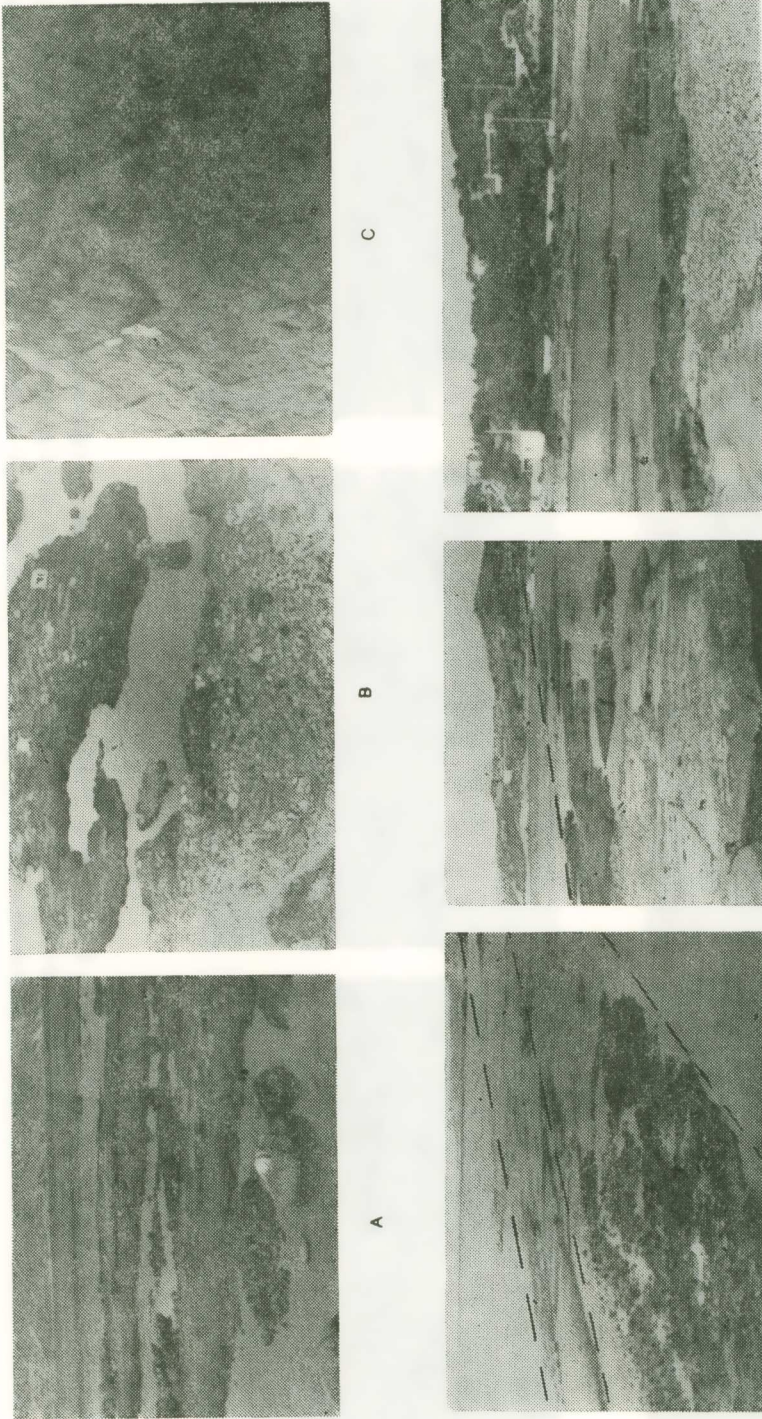
Die Beachrocksdicke hängt im Untersuchungsgebiet von der Flutgrösse ab und richtet sich nach diesem. Sie liegt zwischen 0,30 - 0,50 m. Bei den Untersuchungen habe ich festgestellt, dass in der Nord- und Südeuböischen Bucht die oberen Beachrockgrenzen sich ungefähr in der Hochwasserhöhe oder etwas höher entwickeln.

Es ist aber auch möglich, dass die Beachrocksbandplatten in mehr als



TAFEL I

Abb. a.) Beachrocksansicht längst der Küste von Zoumberi. Abb. b.) Beachrocksbruchstück in Daskalio, auf dem kleine Fragmente von Ziegeln, Schalen von zeitgenössischen Gastropoden, Glas, Eisengegenstände u. a. erkennbar sind. Abb. c.) Spärliches Beachrocksvorkommen an der Daskalioküste. Abb. d.) Die gestrichelte Linie zeigt die Beachrocksabgrenzung dem Meere hin in Nea Makri. Abb. e.) Beachrocksaufstellung der Küste entlang in Loutsia. Abb. f.) Schuppenartiges Aussehen der Beachrocks in Thorikon-Lavrion.



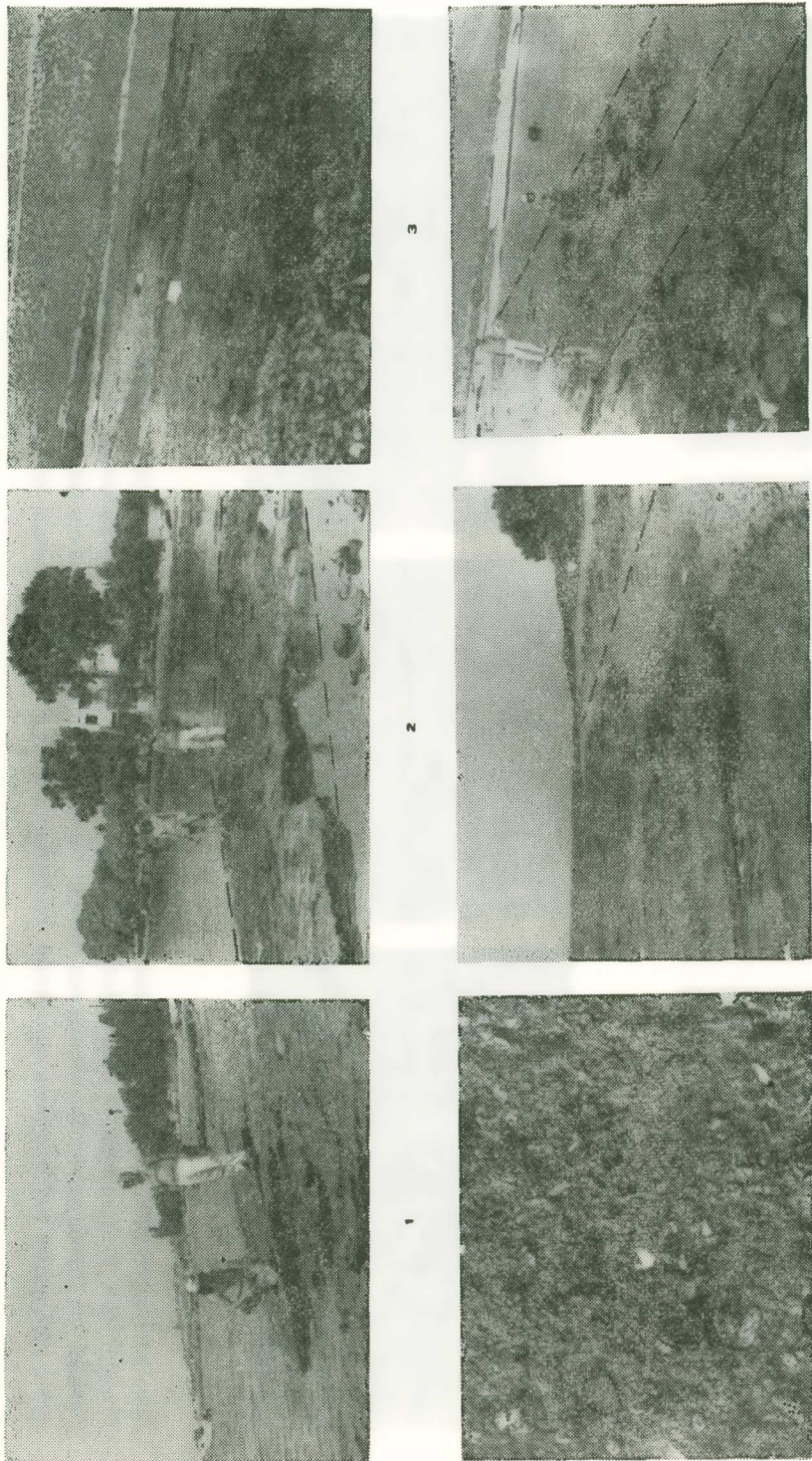
F

E

D

TAFEL II

Abb. A.) Beachrockarten in welchen grosse Blockfragmente und die Entstehung von kleinen Seen erkennbar sind, 8 km wöstlich von Sounion. Abb. B) Beachrocks in Paralia-Aulis. Es handelt sich um Formationen, die dazwischen kleine Meerseen bilden. Abb. C.) Vorkommen von Brüche auf den Beachrocks von Aliveri. Abb. D.) Beachrocks parallel des Amarynthos-Strandes. Abb. E.) Charakteristisches Vorkommen von Beachrocks am Strand von Leagraina. Abb. F.) Dunkelfarbiges Beachrocksausssehen, 5 km südlich von Lavrion.



6

5

TAFEL III

4

Abb. 1.) Beachrockentfaltung am Strand von Politika. Abb. 2.) Grosse Beachrocksscholle am Artaki-Strand. Abb. 3.) Konglomerataufbau der Beachrocks in Anthedon. Abb. 4.) Auf eine Beachrocksscholle von Hagii Apostoli ist des Vorkommen von Ziegeln und verschiedenen Meerestierenschalen erkennbar. Abb. 5.) Beachrocksvorkommen parallel zur Küste bei Hagii Apostoli. Abb. 6.) Beachrocksvorkommen in zwei Parallelzonen bei Drossia.

einer Parallelerien entstehen, in welchem Fall die älteren davon in tieferen Stellen unter dem Wasser sowie auch auf dem Land und sogar über die Küste vorkommen. Diese Aufstellung der alten Beachrocks kann sich auf die Einwirkung von tektonischen Kräften auf dem Land sowie gleichfalls auf die eustatischen Bewegungen des Meeres zurückführen.

Hafemann (1960) stellte fest, dass wir uns in dieser Zeitperiode in einer Phase der eustatischen Hebung des Meeres befinden, die 7000 oder 8000 v. Chr begonnen hat, unterbrochen von Ruheperioden. Nach demselben Autor hat sich von den ersten nachchristlichen Zeiten bis heute der Meeresspiegel um 2,50 - 2,80 m. erhoben. So erklärt sich der Umstand, dass küstennahe Werke des Altertums am Mittelmeer heute unter dem Meerwasser liegen.

An bestimmten Stellen habe ich nur eine Bandplatte beobachtet Taf. e, (Taf. II, D, Taf. III, 6), die sich parallel zu einer anderen auf der Küstenlinie entwickelt und in einer Tiefe von weniger als 50 cm liegt. Sie steht in einem kleinen Abstand von der Bandplatte der Küstenlinie. Nirgends in dem untersuchten Gebiet habe ich parallele zu der Küste Bandplattenserien beobachtet. Dies schliesst den Fall nicht aus, dass auch andere Bandplatten in grösseren Abständen und in grösseren Tiefen vorhanden sind.

Häufiges Vorkommen solcher parallelen Bandplatten wurden von Mistardis (1963) und Roubanis (1974) an den Südküsten von Attika beobachtet. Nördlich von Laurion (Taf. I, f) habe ich das Vorkommen einer speziellen Beachrocks-Bandplatte festgestellt, die aus Schuppen besteht, wobei die unteren Schuppen eine unterschiedliche Härte und petrologische struktur verglichen mit den höheren Schuppen aufweisen. Es handelt sich um relativ alte sandbildungen, zumindest an deren unteren Stellen.

c. Veränderungen und Entstehung von Brüchen bei den Beachrocks

Auf den diversen Beachrocks-Bandplatten, wenn diese den Umweltverhältnissen ausgesetzt sind, habe ich gewisse Veränderungen auf deren Oberfläche festgestellt, die die Bildung von charakteristischen morphologischen Formationen zur Folge hatten. Diese Formationen sind gewiss durch mechanische und biologische Einwirkungen oder auch durch beide entstanden.

Die mechanischen Einwirkungen betreffen die Meerwasserenergie, die zum Vorkommen von verschiedenen Formationen auf der Beachrocksüber-

fläche mit variierenden Formen beigetragen hat, die unmittelbar von der Bewegungsart des Meerwassers abhängig sind. An der Stelle (Taf. III,2) habe ich auf den Beachrocks charakteristische Löcher erkannt, die auf das örtliche Wassertrudeln zurückzuführen ist, die von der Oberfläche startend das Gestein bis zu einer Tiefe von 15 - 25 cm durchlöchert.

In den Fällen dagegen, in welchen das Wasser geradlinig auf der Bandplattenoberfläche zurückfließt (Taf. II, E) entstehen darauf rillenartige Formationen, die sich dauernd vertiefen und zu kleinen Lagerübergehen, durch welche sich das Wasser im Rückfluss bewegt. Die Rückflussbewegung hat oft die vollständige Erschließung der Bandplatte — in der Form von Rissen — zur Folge, deren Anordnung und genetisches Vorkommen jedoch zu keinerlei Beziehung mit den parallelen und senkrechten Beachrocksrissen steht, über welche ich in der Folge berichten werde.

Besondere Aufmerksamkeit verdient die fortgesetzte Ausweitung der Löcher und Rillen (Taf. II, D), sodass fast das Gesamtaussehen der Beachrocks in Abschnitten von unregelmässiger Form unterteilt wird.

Die durch biologische Einwirkung zustande gekommenen Veränderungen werden dagegen von Meeressalgen, Bakterien und anderen Organismen verursacht, sie bestehen aus protektiven oder destruktiven Veränderungen und in vielen Fällen tragen sie zur Veränderung der Bandplattenfarbe bei.

Von besonderem Interesse erachte ich die Beobachtung, nach welcher in gewissen Beachrocksstellen ich das Vorkommen eines Brüchesystems mit paralleler und vertikaler Anordnung zu der heutigen Küstenlinie ausmachen konnte (Taf. II, C, E).

Dabei handelt es sich gewiss nicht um Diaklasen, da ihre Entstehung nicht eine Folge von tektonischen Wirkungen ist, sondern sie sind einfache aus anderen Ursachen entstandene Brüche.

Das Vorkommen von vorbeschriebenen Brüche wurde bereits auch, von anderen Forschern bestätigt, wie von Davis-Kinsey (1937), (Maxwell (1962) und Dermitzakis-Theodoropoulos (1975), deren Auffassungen hinsichtlich der Ursachen ihrer Genese in Konflikt geraten. Die Theorien hinsichtlich der Entstehung dieser Brüche sind folgende:

- i) Ihre Genese sei auf tektonische Ursachen
- ii) auf die Wirkung des Bandplattengewichtes
- iii) auf die in der Diagenese phase wirkenden Faktoren
- iiii) auf die mechanische Wirkung der Wellen zurückzuführen.

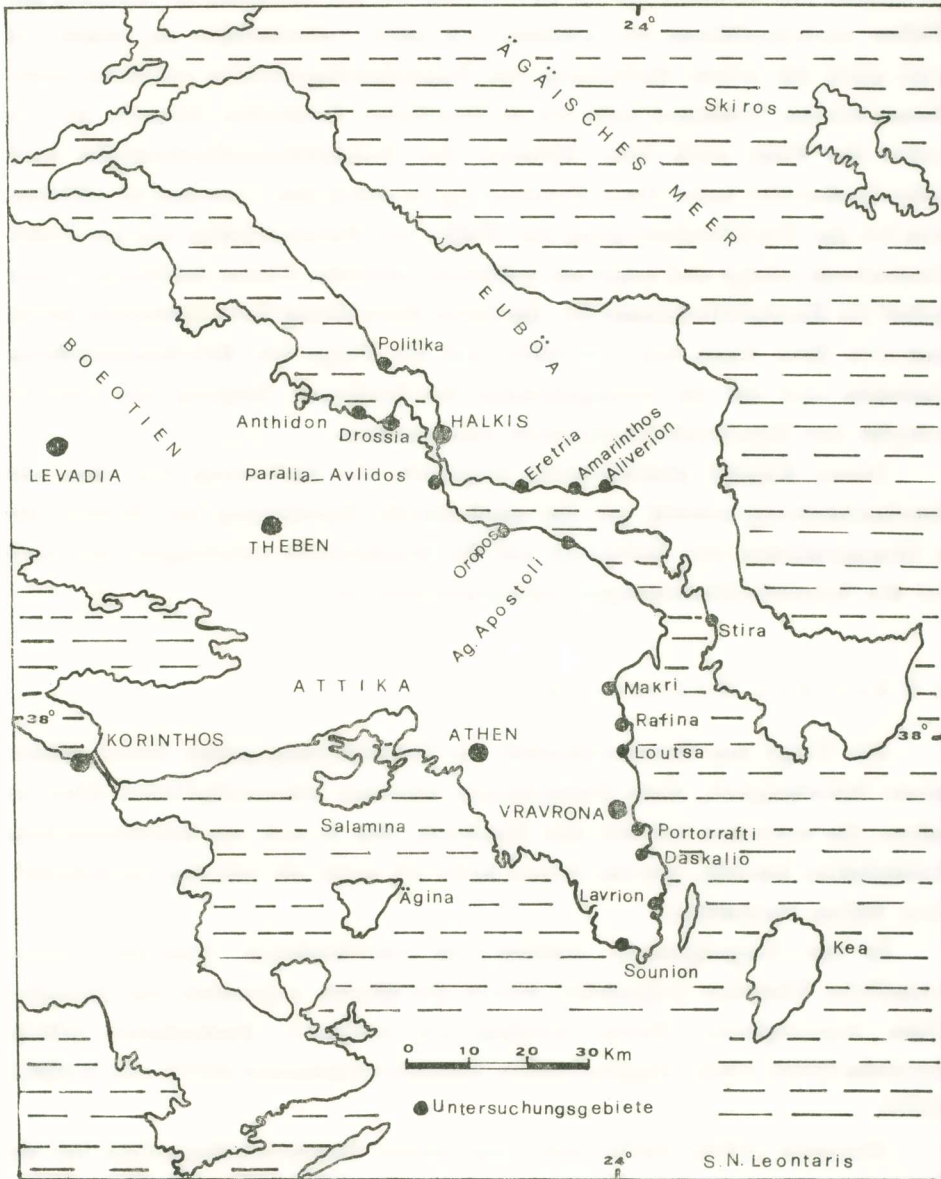


Abb.1 Übersichtskarte der Untersuchungsgebiete

Der Auffassung von Dermitzakis-Theodoropoulos (1975), dass nämlich die Genese von Brüchen auf die Beachrocks auf die mechanische Wirkung der Wellen zurückzuführen ist, schliesse ich mich vorbehaltlos an, wobei ich doch auch die grosse Bedeutung des Bandplattengewichtes erwähnen muss. Diesen letzten Umstand habe ich in Nea-Makri feststellen können, wo ich ausser der Risse auch eine Biegung des Bandplattenmittlrumpfes nach unten beobachtet habe. Diese Erscheinung ist durch den Umstand zu erklären, dass bei der Rückflussbewegung der Wellen ein Materialabtrag aus der Bandplattenbasis erfolgt und somit ein hohlraum entsteht. Diesen hohlraum nimmt später die Bandplattenmasse ein, die unter Einwirkung ihres Gewichtes bricht und sich ihrer Basis hin verschiebt mit der Folge der Brüchenentstehung einerseits und der im vorangehenden beschriebenen Biegung des Zentralrumpfes der Beachrocksbandplatten zum anderen.

Dieses Kapitel abschliessend trage ich die Auffassung vor, dass die Brüchentstehung sowohl auf die mechanische Einwirkung der Wellen, die in Sturmperioden mit Heftigkeit auf die Bandplatten zerschlagen, wie auch auf die Schwerkraftwirkungen zurückzuführen ist.

d. Über das Beachrocksalter

Die Frage des Beachrocksalter im Untersuchungsgebiet bietet relativ grosse Schwierigkeit, diese Formationen scheinen unterschiedliches Alter zu haben. Sie erwecken bei mir den Eindruck, das es sich um holozänzeitliche Bandplatten handelt, gewisse davon halte ich sogar als von den nachchristlichen Zeiten stammend.

In der Vergangenheit wurden von verschiedenen Forschern unterschiedliche Theorien aufgestellt, wovon die älteren zugunsten des Holozänalters konvergieren. Hierzu erwähne ich indikativ Boekschoten (1962), Mistardis (1956, 1963), Higgins (1969), Marinos-Symeonidis (1972) und Kelletat (1975).

Mistardis (1956) stellte fest, dass kleine Beachrocksfragmente für die Errichtung von praehistorischen Gräbern verwendet worden waren, die in Hagios Kosmas (Südattika) liegen. Das Alter derselben wurde archäologisch bestimmt, es liegt um 1800 v. Chr. Dies bedeutet, dass das Alter der Beachrocks von Hagios Kosmas mehr als 4000 Jahr sein muss.

Es wurde von mir im Untersuchungsgebiet festgestellt, dass die Beach-

rocks auf rotfarbene Konglomerate aufliegen, die dicke platten bilden und in relativ grosser Entfernung von der Küste ins Meer versinken. Es handelt sich dabei um ältere Formationen als des Holozänalters wahrscheinlich der oberen Pleistozänzeit. Auf diese pleistozänzeitliche Formationen liegen an vielen Stellen der Attika — und Böotienküste Sandmassen, von denen ich halte, dass sie aus dem unteren Holozän stammen. Auf diese Sanderscheinungen liegen die Beachrocksbandplatten (Taf. III,3).

Aus den vorangehenden Ausführungen wird die Schlussfolgerung abgeleitet, dass das Beachrocksalter an gewissen Orten auf das Holozän und später zu schätzen ist, also nicht mehr als 4000 - 5000 Jahre vor unserer Zeit. Dies schliesst wohl nicht den Fall aus, dass ihr Alter auch nachchristlich oder jünger sein kann, was durch das Vorkommen von Ziegel und Glasfragmenten, Metallgegenständen selbst von Münzen bewiesen wird. Diesen Fall haben in Ierapetra auf Kreta Dermitzakis-Theodoropoulos (1975) erforscht.

Auf die Funde von verschiedenen Gegenständen in den Beachrocks hat sich Boekschoten (1962) gestützt, der das Alter der Beachrocks der Halbinsel östlich von Heraklion auf Kreta auf 2000 Jahre schätzt.

Higgins (1969) hat durch Radiodatierung mit C_{14} von aus den Beachrocks des griechischen Raumes entnommenen Lamellibranchien der Ostreagattung errechnet, dass diese Formationen aus der noch später als 2000 v. Chr. stammen.

Marinos - Symeonidis (1972) haben durch Radiodatierung mit C_{14} der Restgelatine der menschlichen Knochen in den Beachrocks auf der Insel Tilos (Dodekanes) bewiesen, dass deren Alter bei 2475 ± 195 Jahren vor der heutigen Zeit liegt, diese Zeit entspricht also dem Jahre 525 v. Chr.

Ich berichte gleichfalls von Beachrocks in Gra-Lygia auf Kreta, die von Dermitzakis-Theodoropoulos (1975) untersucht worden sind, in welchen sie Menschenskelette und einen Krug fanden, die nach den Autoren auf die protominoische oder die mesominoische Zeit zurückzuführen ist, also um 2500 - 1800 v. Chr. ca. 4000 vor unserer Zeit.

Abschliessend erachte ich es für notwendig, mich eingehend mit den Theorien von Kelletat (1975) über das Beachrocksalter von Peloponnes zu befassen.

Er geht davon aus, dass in der Beachrocksgenesezeit die obere Küstenkante 1,5 m. unter der entsprechenden heutigen Küstenzone lag. Dies zeigt sich, wenn man die hohe Lage der zementierten und stabilisierten Erdwälle mit den heutigen Formationen der Küstenerdwälle vergleicht. Ein solcher

niedriger Meerwasserstand — ca 1,5 bis 2 m — ist in Peloponnes zwei mal im Neoholozän aufgetreten, also in der Zeit der ersten Regression, ca. 6000 - 5000 Jahre vor unserer Zeit und wieder mit erneutem Steigen bis zur heutigen Höhe, was hauptsächlich durch die griechischen Denkmäler der Antike bestätigt worden ist.

In den ersten nachchristlichen Jahrhunderten erreichte der Meeresspiegel wahrscheinlich von -1,5 m bis -2m.

Dieser Autor vertritt die Ansicht, dass es hier um Ablagerungen in der Nähe der stabilisierten Küstenerdwälle handelt, deren Zementierung ungestört stattfinden kann, weil diese Ablagerungen von den Gebieten der Wellenwirkung abgetragen worden sind.

Somit gelangen wir mit höchster Wahrscheinlichkeit an ein Beachrocksalter, das mit dem Neoholozän zusammenfällt, also der Regression vor der Antike und nicht der Transgression nach der Antike.

Auf Grund von morphologischen und archäologischen Kriterien also hat die Regression eine Tiefe von mindestes -3,5 m erreicht, was bei 3500 Jahren vor der heutigen Zeit geschätzt wird. Das nach 5500 Jahren vor unserer Zeit aufgeschüttete Material wird nur 4000 Jahre vor unserer Zeit als Baumaterial verwendet.

Daraus ergibt sich ein Alter von 3000 Jahren v. Chr.

Beim Untersuchungsgebiet konnte ich feststellen, dass das Alter der verschiedenen Beachrocksformationen von Stelle zur Stelle variiert, wobei vorwiegend diejenigen Formationen vorherrschen, deren Entstehung einen Zeitraum von einigen Jahrhunderten erfordert hat (Taf. I, b, Taf. III,4).

Es ist eine unwiderlegbare Tatsache, dass in Ostattika und an den Küsten der nord- und südeuböischen Bucht (s. Karte) sowohl der Umfang wie auch die Dicke der Beachrocks begrenzter im Vergleich zu den korrespondierenden der südlichen Attikaküsten erscheinen, von Ausnahmen abgesehen, wie es bei Portorrafti und Anthedon (Taf. III,3) der Fall ist, wo zumindest die Dicke der Formationen ca. 50 cm erreicht.

Ein weiteres Kennzeichen derselben ist die häufige Änderung der Zusammensetzung von Stelle zur Stelle. Ich habe beobachtet, dass die meisten in der Karte erwähnten Gegenden sich voreinander unterscheiden, sodass nur in bestimmten Stellen grober und feiner Sand (Taf. I,e) und in anderen Sand und Gerölle vorherrschen, wie z.B. östlich von Vravron und in Anthidon (Taf. III, 3) und schliesslich die Vorherrschaft von Geröllbrekzien mit ge-

ringem Sandanteil (Taf. III, 5). Die Vielfalt dieser Ablagerungen hängt sowohl von der petrologischen Zusammensetzung der Landgebiete sowie von der Wirkung anderer Faktoren ab, wie die Geschwindigkeit des Wasserflusses, das vom Wasser verschleppte Material, die Küstensteilheit bzw. -flachheit und die in der Gegend vorherrschenden Gezeitenstömungen.

An den Stellen Daskalio (Taf. I, b) und Hagii Apostoli (Taf. III,4) habe ich deutlich das Vorkommen von Ziegel- und Glasfragmenten und Eisengegenständen erkannt, deren Alter auf die neuchrislichen Zeiten zurückzuführen ist.

Besonders charakteristisch ist das Aussehen der Beachrocks in Thorikon (Taf. I, f), wo die schuppenartige Entfaltung deren verschiedener Materialien zu erkennen ist. Es handelt sich dabei um reine sandformationen, wo ich beobachten konnte, dass die Beachrocksbasis aus feinkörnigem sand ein Alter von mindestens 200 - 100 Jahren v. Chr. aufweist, während auf den darüber liegenden Schuppen das allmähliche jüngere Alter sichtbar ist. Schliesslich ist bei den Oberflächenschuppen, die aus grobkörnigem sand zusammengesetzt sind, das jüngere Alter gegenüber der anderen offensichtlich.

Es muss betont werden, dass fast auf das gesamte Untersuchungsgebiet ein geringes Beachrocksvorkommen zu beobachten ist. Dies habe ich in erster Linie auf die Präsenz der in der nord- und südeuböischen Buchtständigen Gezeitenströmung zurückgeführt, die sich amphidrom alle 6 Stunden bewegt und somit wegen der hohen kinetischen Energie die Möglichkeit hat, die küstenwärts verschobene petrologische Materialien mitzuschleppen, wodurch deren kontinuierliche Verfestigung durch die Einwirkung der physikalisch-chemischen bzw. biogeochemischen Faktoren verhindert wird. Desgleichen glaube ich, dass das Steigen und Fallen des Meeresspiegels um 20 - 40 cm je nach der Jahreszeit das häufige Beachrocksvorkommen hemmt.

Ich erwähne gleichfalls die Bedeutung der niedrigen Temperaturen dieses Meerraums, die der Gezeitenströmung zuzurechnen sind, da es bekannt ist, dass die niedrigen Temperaturen die Entstehung der verschiedenen Beachrocks verhindern. In dem ich hier das spärliche Vorkommen von Beachrocks erkläre, verfechte ich auch die Auffassung, dass sowohl die steilen Küsten wie auch die schroffe Vertiefung des Meerraums der euböischen Bucht bei der Entstehung und der Entwicklung von Beachrocks hemmend wirken.

Zum Abschluss dieses Kapitels über das Beachrockalter bei den Ortschaften Anthedon (Taf. III,3) und den untersuchten Stellen um Vravron

(s. Karte) habe ich folgende Feststellungen zu erwähnen:

a) Anthedon: Es handelt sich hierbei um eine Stadt der mykenischen Zeit (1600 - 1100) v. Chr., deren Hafen von grossen Steindeichen geschützt war. Ich habe festgestellt, dass viele von den verwendeten Steinen von den der Küsten entlang entfalteten Beachrocks entnommen worden sind.

Hier wurden bei archäologischen Ausgrabungen Kupferwerkzeuge der mykenischen Zeit und verschiedene andere Aufschriften gefunden.

Daraus können wir folgern, dass die Beachrocks in Anthedon um 1600 v. Chr. entstanden sein müssen, was bedeutet, dass ihr Alter mehr als 3.600 Jahre von unserer heutigen Zeit zurückliegt, wobei die nach oben Bestimmung des Zeitraums ihrer Entstehung äusserst schwierig ist.

b) Für die in Vravron entstandenen Beachrocks wird dagegen bewiesen, dass ihr Alter mindestens 3.000 von unserer Zeit zurückliegt. Dies konnte ich durch Erforschung der Fundamente der antiken Bauten von Vravron feststellen, wo ich aus Beachrocks stammenden Fundamenten- und Mauerwerksteinen ausmachte, die offensichtlich aus den in den naheliegenden Gegenden vorhandenen Beachrocks bei Portorrafti, Loutsa und den dazwischen liegenden Ortschaften stammen. Dies ist übrigens leicht erkennbar, weil die Gegend um Vravron andere Gesteinskategorien aufweisen.

Hinsichtlich des Alters der Altertumsdenkmäler von Vravron, die in Ostattika liegen, wurde von den Archäologen festgestellt, dass sie aus der geometrischen Zeit stammen, die nach der mykenischen Zeit folgten, also von 1100 v. Chr. und jünger.

Wie bereits erwähnt ist also hier das Beachrocksalter mindestens 3000 Jahre vor unserer Zeit, wobei die Zeitbestimmung der in Vravron verwendeten Beachrocks nach oben nicht möglich ist.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

In dieser Arbeit wurden die Beachrocks von Ostattika und der Küsten der nord- und südeuböischen Bucht untersucht.

Ich habe dabei beobachtet, dass die Beachrocksentstehung ausschliesslich und allein an den Fronten der Mischung von Süss- und Meerwasser vor sich geht.

Der Ursprung der verschiedenen Brüche auf die Beachrocks oberfläche ist sowohl auf die mechanische Einwirkung der wellen zurückzuführen, die

in sturmperioden mit Helftigkeit auf die verschiedenen Beachrocksbandplatten zerschellen, wie auch auf die Schwerkraftwirkung.

Charakteristisch ist die hinsichtlich Umfang und Dicke geringe Entfaltung von Beachrocks in dieser Gegend. Dies rechne ich der Präsenz der Gezeitenströmung zu, die sich in einer Schwankung des Meeresspiegels je nach Jahreszeit um 20 - 30 cm auswirkt.

Diese Strömung vermag wegen ihrer hohen kinetischen Energie die küstenwärts zugeführten Materialien zu verschleppen und auf diese Weise lässt sie die Verfestigung der Materialien und die Beachrocksentstehung nicht zu.

Ein anderer hemmender Faktor für die Beachrocksentstehung sind die niedrigen Temperaturen, die hier wegen der Gezeiten verzeichnet werden. Ich will es nicht unterlassen auch die Bedeutung der steilen Küsten und des steilen Grundes dieses Meerraums als hemmenden Faktor bei der Beachrocksentstehung zu erwähnen.

Hinsichtlich des Alters dieser Formationen habe ich festgestellt, dass die meisten Beachrocks zweifellos in den nachchristlichen Zeiten entstanden sind. Das Alter anderer Beachrocks wurde auf Grund von archäologischen Kriterien bestimmt, wie es in Antedon (3.600 Jahre vor unserer Zeit) und in Vravron (3000 vor unserer Zeit) der Fall gewesen ist.

CONCLUSIONS

Au présent travail sont examinés les beachrocks de l'Attique Orientale et des côtes du Golf d'Euvoée nord et sud.

J'ai remarqué, que la formation de ces beachrocks se présente exclusivement aux fronts de mélange des eaux douces et salées. La provenance des diverses brèches à la surface des beachrocks se doit tant à l'action de la gravité ainsi qu'aux influences mécaniques des ondes, qui pendant les tempêtes se heurtent fortement contre les bandes-dales des beachrocks.

La petite étendue et épaisseur du développement des beachrocks à cette région, est caractéristique.

Je l'ai rapporté à la présence du courant de la marée qui se manifeste avec une ondulation à la surface de la mer entre 20 - 40 cm, selon l'époque.

Ce courant, a la possibilité, à cause de sa grande action locomotive,

d'emporter les matières transportées aux côtes, ne permettant ainsi leur soudure et la création de beachrocks.

Un autre facteur suspensif pour la formation de beachrocks est la basse température qu'on remarque à cet endroit à cause de la marée. Je dois ajouter l'importance des côtes escarpées et des fonds de cet endroit comme facteur suspensif pour la formation de beachrocks.

En ce qui concerne l'âge de ces formations, j'ai constaté que la plupart de ces beachrocks sont produits sans doute pendant l'âge postchrétien, pendant que l'âge des autres fut fixé d'après des criteriums archéologiques comme ce d'Anthidon (3.600 ans) et de Vravron (3.000 ans).

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

ΕΡΕΥΝΑΙ ΕΠΙ ΤΩΝ BEACHROCKS ΤΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΕΩΣ ΤΩΝ BEACHROCKS ΕΙΣ ΤΑ ΠΑΡΑΛΙΑ ΝΑ., ΝΔ. ΕΥΒΟΙΑΣ Α. - ΑΤΤΙΚΗΣ - ΒΑ. ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Εἰς τὴν μελέτην αὐτήν, ἐξετάζονται οἱ ἐμφανίσεις τῶν Beachrocks — παραλιακοὶ ψαμμιτολατυποπαγεῖς σχηματισμοὶ — τῆς Ἀνατ. Ἀττικῆς καὶ τοῦ Βορείου - Νοτίου Εὐβοϊκοῦ κόλπου.

— Ἡ γένεσις τῶν Beachrocks λαμβάνει χώρα, κατὰ τὴν γνώμη μας, ἀποκλειστικὰ στὰ μέτωπα ἀναμίξεως γλυκέων καὶ θαλασσίων ὑδάτων.

— Τὰ ρήγματα ποὺ παρατηροῦνται στὴν ἐπιφάνεια τῶν Beachrocks ὀφείλονται, τόσο στὶς μηχανικὰς ἐπιδράσεις τῶν κυμάτων, τὰ ὅποια δημιουργοῦν κοιλότητες στὰ ὑποκείμενα τῶν Beachrocks ἀμμόδη ἢ ἀμμοῖλυδη στρώματα, ὅσο καὶ στὶς δράσεις τῆς βαρύτητας.

— Χαρακτηριστικὴ εἶναι ἡ μικρὴ εἰς ἔκτασι καὶ πάχος ἀνάπτυξις τῶν σχηματισμῶν στὴν περιοχὴ μας, τὴν ὁποία ἀποδίδουμε στὸ παλιρροϊκὸ ρεῦμα τοῦ Εὐβοϊκοῦ κόλπου, ποὺ ἐκφράζεται μὲ τὴν διακύμανσι τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης καὶ τὴν μεγάλη καὶ συνεχῆ κίνησι τῶν ὑδάτων.

— Ἀνασταλτικοὶ παράγοντες τῆς γενέσεως τῶν Beachrocks θεωροῦνται ἐπίσης αἱ ταπειναὶ θερμοκρασίαι ποὺ παρατηροῦνται ἐνταῦθα, λόγῳ τῆς παλίρροιας, ἀλλὰ καὶ ἡ ἔντονη παρουσία τῶν ἀπότομων ἀκτῶν στὴν ἐξετασθεῖσα περιοχὴ.

— Σχετικὰ μὲ τὴν ἡλικίαν τῶν σχηματισμῶν, διαπιστώθηκε ὅτι, οἱ περισσότεροι τούτων δημιουργήθησαν κατὰ τοὺς μεταχριστιανικοὺς χρόνους, ἐνῶ ἡ ἡλικία τῶν Beachrocks τῆς Ἀνθηδῶνας καὶ τῆς Βραυρώνας ἀνέρχεται σὲ 3.000 - 3.600 ἔτη περίπου πρὸς τῆς σήμερον, προσδιορισθεῖσα μὲ ἀρχαιολογικὰ κριτήρια.

BIBLIOGRAPHIE

- Alexanderson, E. E., Recent littoral and sublittoral high Mg-Calcite lithification in the Mediterranean. *Sedimentology*, 12, 47 - 61, 1969.
- Mediterranean Beach rock Cementation: Marine Precipitation of Mg-Calcite. Coastal and Shallow Water Sedimentation: Carbonate sediments. Part 5. *The Mediterranean Sea*, 203 - 224, 1972.
- Bloch, J. P. - Trichet, J., Un exemple de grès de plage (Côte Ligure italienne). *Marine Geol.*, 4, Nr 5, 373 - 377, Amsterdam, 1966.
- Boekschoten, G. J., Beach rock at Limani Chersonisos Crete. *Geol. en Mijnbouw* 341, 3 - 7, s'Gravenhage, 1962.
- Some geological observations on the Coasts of Crete. *Geol. en Mijnbouw*, 42, 241 - 247, s'Gravenhage, 1963.
- Cloud, P. E., Geology of Saipan, Mariana Islands, Part 4.— *U.S. geol. Surv. proj. Pap.*, 280 — K, 361 - 445, Washington, 1959.
- Dermitzakis, M. - Theodoropoulos, D., Study of beach rock in the Aegean sea. Observations on occurrences in se Crete, Rhodes and Metopi. *Ann. Géol. d. Pays Hellén.*, 26, 275 - 305, 1975.
- Emery, K. O. - Neev, D., Mediterranean beaches of Israel. *Bull. Geol. Survey Israel*, 26, 1 - 23, 1960.
- Emery, K. O. - Cox, D. C., Beach rock in Hawaiian Islands. *Pacific Science*, 10, 382 - 402, Honolulu, 1956.
- Ginsburg, R. N., Beach rock in South Florida. *Journ. Sedim. Petrol.*, 23, 85 - 92, Tulsa/Okl, 1953.
- Guilcher, A., Le beach rock ou grès de plage. *Ann. Géogr.*, 70, 113 - 125, Paris, 1961.
- Hafemann, D., Anstieg des Meeresspiegels in geschichtlicher Zeit. *Die Umschau in Wissenschaft und Technik*, H. 7, 193 - 196, 1960.
- Hafemann, D., Niveauperänderungen an küsten Kretas seit dem Altertum. *Akad. d. Wiss. u.d. Lit., Abh. d. Math. Nat. Kl.*, 12, 608 - 688, Wiesbaden, 1965.
- Higgins, G. G., Isostatic effects of sea-level changes *Quaternary Geology and Climate 1701*, 141 - 144, 1969.
- Investigations of beach rock in Greece. Final Report. *Dept of Geol. Univ. of California Davis*, 1969.
- Kaye, C. A., Shoreline features and Quaternary shoreline changes Puerto Rico. A study of shore forms resulting from deposition and solution of CaCO₃, in tropical seas. *U. S. geol. Surv. prof. Pap.*, 317 - B, 66 - 79, Washington., 1959.
- Kelletat, D., Küstenmorphologische Untersuchungen auf dem Peloponnes: Bericht über bisherige Feldarbeiten, vorläufige Ergebnisse und verbleibende Probleme. *Die Erde*, 104, 49, - 65, 1973a.
- Beiträge zur regionalen Küstenmorphologie des Mittelmeerraumes. Gargano/Italien und Peloponnes/Griechenland. *Z.f. Geomor., NF Suppl. Bd. 19*, VII u. 161 S., 1974.
- Dynamische Geomorphologie.— Beobachtungen an Holozänen Beachrock-

- Vorkommen des Peloponnes, Griechenland. *Mitteil Geogr. Gesell.*, H. 43, 44 - 54, Würzburg, 1975.
- Kellestat, D. - Gassert, D., Quartärmorphologische Untersuchungen im Küstenraum der Mani-Halbinsel, Peloponnes. Beiträge zur regionalen Küstenmorphologie des Mittelmeerraumes IV. *Z. f. Geomor., NF Suppl.* Bd. 22, 8 - 56, 1975.
- Krauss, R. W. - Galloway, R. A., The role of algae in the formation of beach rock in certain islands of the Caribbean. *Techn. Rep. Coasta Stud. Inst. Louis. State Univ. Baton. Rouge*, II, Part E., 1960.
- Kueneen, P. H., Geology of Coral reefs. *SNELLIUS Exp.*, 5, part 2, 1 - 125, cf. 87 - 88, Utrecht 1933.
- Marine Geology, cf. 433 - 435, New York, 1950.
- Leontaris, S., Sur la provenance et l'évolution des dunes de Corfu du sud et sur leur relation avec le lac de Corission. *Prak. Akad. Athènes*, 51, 522 - 539, 1977.
- Mabesoone, J. M., Origin and age of the sandstone reefs of Pernambuco. *J. Sedim. Petrol.*, 34, 715 - 726, Tulsa/Okl, 1964.
- Marinos, G. - Symeonidis, N., Beitrag zur kenntnis von beach rocks des Aegäischen Meeres. Eine Ausbildung des beach rocks menschlichen resten der antike auf der Insel Tilos (Dodekanes) Griechenland. *Ann. Géol. d. Pays Hellén.*, 24, 433 - 444, 1972.
- Maxwell, W. G. H., Lithification of carbonate sediments in the Heron Island. Reef, Great Barrier Reef. *J. Geol. Soc. Austr.*, 8, 217 - 238, Adelaide, 1962.
- Mistardis, G. G., Some remarks on cemented beaches. XVII *Intern. Geographical Congress. Abstr. Pap.*, 60 - 61, Washington. 1952.
- Les plages cimentées d'anciennes lignes de rivage. *Quaternaria*, 3, 145 - 150, Roma, 1956.
- On the beach rock of Soith-eastern Greece. *Bull. of Geol. Soc of Greece*, 5. 1 - 19, Athens, 1963.
- Nesteroff, W., Le substratum organique dans les dépôts calcaire, sa signification. *Bull, Soc. Géol. Fran.*, 6, 381 - 389, Paris, 1956.
- Ranson, G., Observations sur la consolidation des sédiments calcaires dans les régions tropicals. *C. r. Acad. Sci., Paris*, 240, 329 - 331, Paris 1955.
- Roubanis, V., Attiki Sea shores-Observations on the occurrences of recent shore sandstones, "Beach rocks". *Bull. Geol. Soc.* 8, 33 - 54, Athens 1971.
- Russel, R. J., Long, Straight Beaches. *Ecl. Geol. Helvetiae*, 51, Nr 3, 591 - 598 (Ve Congres Intern. de Sédimetologie, 1958) 1958.
- Caribbean beach rock observations. *Zeitschr. f. Geomor.*, 3, 227 - 236, Berlin 1959.
- Origin of beach rock. *Zeit. f. Geomor.*, 6, 1 - 16, Berlin 1962.
- Beach rock. *J. Tropical Geogr., Malaya*, 17, 24 - 27, 1963.
- Russel, R. J. - McIntire, W. G., Southern hemisphere beach rock. *Geogr. Rev.* 55, 17 - 45, New York, 1965.
- Trichet, J., Essai d'explication de l'origine des grès de plage. *C. r. Acad. Sci, Paris*, 261, gr. 9, 3176 - 3178, 1965.

- Van Straaten, L. M. J. U., Recent sandstones on the coasts of the Netherlands and of the Rhone delta. *Geol. en Mijnbouw*, 34 (n. S. 17), 196 - 213, s'Gravenhage, 1957.
- Marine mollusc shellassemblages of the Rhone delta. *Geol. en Mijnbouw*, 39, (n. S. 22), 105 - 129, of. pp. 126 - 129, s'Gravenhage, 1960.