

8.1 Αιγιαλοί (beaches)

Οι αιγιαλοί (beaches) είναι ίσως τα πιο συνηθισμένα περιβάλλοντα του παράκτιου χώρου. Είναι γεωμορφές απόθεσης που αποτελούνται από ασύνδετα, χαλαρά υλικά όπως είναι οι κροκάλες, οι χάλικες, η άμμος σε συνδυασμό με εύπλαστα υλικά όπως η ιλύς και η άργιλος (φωτο 8.1, 8.2). Οι περισσότεροι αιγιαλοί αποτελούνται από την ανάμειξη όλων αυτών των υλικών. Εκτείνονται από τη μέση στάθμη άμπωτης έως το σημείο που σημειώνεται προς την ξηρά μια μορφολογική αλλαγή που αντιστοιχεί στο όριο δράσης των θαλάσσιων διεργασιών ή εκεί που αρχίζει η βλάστηση. Έτσι πολλές φορές το άνω όριο του αιγιαλού ορίζεται από το μέτωπο ενός παράκτιου κρημνού ή από μια ζώνη μόνιμης φυτοκάλυψης.

Οι αιγιαλοί είναι γεωμορφές που μπορούν και διατηρούνται ακόμη και όταν στην ακτογραμμή επιδρούν οι σκληρότερες συνθήκες κυματισμού, όπως για παράδειγ-

μα κατά τη διάρκεια έντονων καταιγίδων. Το χαρακτηριστικό που κάνει τους αιγιαλούς τόσο ανθεκτικούς είναι ότι αποτελούνται από ασύνδετα υλικά (συνήθως μείγμα άμμου και χάλικων), που είναι ευκίνητα. Μπορούν δηλαδή να τεθούν σε κίνηση εύκολα, να μεταφερθούν και να αναδιανεμηθούν σχηματίζοντας γεωμορφές που βρίσκονται σε αρμονική συμφωνία με την εκάστοτε κυματική ενέργεια που προσπίπτει στην ακτογραμμή. Με τη διαδικασία αυτή εξασφαλίζεται η συνεχής διατήρηση των αιγιαλών. Αντίθετα οι συμπαγείς παράκτιες δομές που μπορεί να είναι φυσικές γεωμορφές, όπως για παράδειγμα οι κρημνοί, ή να αποτελούν ανθρωπογενείς κατασκευές, όπως τα τοιχεία των λιμανιών, είναι άκαμπτες στην επίθεση των κυμάτων με αποτέλεσμα να διαβρώνονται εύκολα. Οι αιγιαλοί σπανίως διαβρώνονται από τον κυματισμό, απλά προσαρμόζουν τη μορφολογία τους (κυρίως την κλίση του μετώπου) και την κοκκομετρία των ιζημάτων τους ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των κυμάτων που τους πλήττουν.



Φωτο 8.1 Μικρής κλίσης αιγιαλός (beach) από λεπτόκοκκο αμμώδες ιζημα στον Αργολικό κόλπο.



Φωτο 8.2 Μεγάλου πλάτους αμμόδης αιγιαλός (sandy beach) στις δυτικές ακτές του Θερμαϊκού κόλπου.

Κατά τη μελέτη των ιζημάτων του αιγιαλού περιγράφεται η σχέση μεταξύ των κόκκων ή αλλιώς η υφή του ιζήματος (sediment texture). Τόσο η υφή του ιζήματος, όσο και οι ιδιότητες των κόκκων του (μέγεθος, μορφή, σχήμα) αντανακλούν το κυματικό καθεστώς του αιγιαλού, το οποίο επηρεάζει άμεσα το προφίλ του (Bascom, 1951). Οι συνθήκες υψηλής κυματικής ενέργειας μπορούν να θέσουν σε κίνηση τους κόκκους σχεδόν όλων των μεγεθών. Με την κίνησή τους οι κόκκοι έρχονται σε επαφή μεταξύ τους με αποτέλεσμα να λειαίνονται λόγω τριβής. Με τον τρόπο αυτό το μέγεθος των κόκκων σταδιακά μειώνεται. Εντούτοις σε αιγιαλούς περιβαλλόντων υψηλής κυματικής ενέργειας υπάρχει πολύ λίγο λεπτόκοκκο ιζημα εξαιτίας της δυναμικής σχέσης μεταξύ των κυμάτων και του αιγιαλού. Η κυματική ενέργεια απομακρύνει το λεπτόκοκκο ιζημα, το οποίο διατηρείται σε αιώρηση στο νερό και τελικά αποτίθεται όταν μεταφερθεί σε πιο ήρεμα νερά όπου τα επίπεδα ενέργειας είναι αρκετά χαμηλά. Οι αιγιαλοί αποτελούν χώρους αποθήκευσης ιζημάτων. Συγκεντρώνουν το ιζημα που η κυματική ενέργεια επιτρέπει να αποθεθεί. Πραγματοποιείται δηλαδή μια διεργασία διαλογής των κόκκων, από την κυματική ενέργεια, που μοιάζει λίγο με τη διαδικασία διαχωρισμού του σταριού από το άχυρο.

8.1.1 Προφίλ αιγιαλού

8.1.1.1 Ο ρόλος του κυματισμού

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του αιγιαλού καθορίζονται κατά κύριο λόγο από την ένταση της κυματικής ενέργειας που δέχεται. Ο τρόπος με τον οποίο οι αιγιαλοί ανταποκρίνονται στη δράση του κυματισμού αλλάζει τη μορφολογία τους. Κάτω από την επίδραση φυσιολογικών ή αίθριου καιρού κυματικών συνθηκών (δηλαδή χαμηλή έως μέση κυματική ενέργεια) οι αιγιαλοί αποκτούν μεγάλη μορφολογική κλίση που κυμαίνεται γύρω στις 11° (ή 1:8). Η μεγάλη αυτή κλίση κάνει τον αιγιαλό ικανό να ανακλά προς τη θάλασσα τον κυματισμό ενδύμεσης ενέργειας. Αιτία της μεγάλης αυτής μορφολογικής κλίσης που αποκτά ο αιγιαλός είναι ο τρόπος θραύσης των κυμάτων. Όταν ένα κύμα θραύεται στην παραλία το νερό ταξιδεύει πάνω στην επιφάνεια του αιγιαλού σαν παφλασμός. Αφού το νερό του παφλασμού ταξιδέψει πάνω στον αιγιαλό όσο του επιτρέψει η διαθέσιμη ενέργεια, επιστρέφει προς τη θάλασσα με την επίδραση της βαρύτητας σαν κυματισμός επιστροφής (backwash). Όταν επικρατούν συνθήκες αίθριου καιρού, μεσολαβεί ένα σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα μεταξύ των αφίξεων των διαδοχικών κυμάτων στον αιγιαλό. Ο κυματισμός επιστροφής καταλήγει στη θάλασσα πριν τη θραύση του επόμενου κύματος και άρα δεν αλληλεπιδρά με τον παφλασμό του κύματος που ακολουθεί. Δεδομένου

ότι η ενέργεια του παφλασμού του επερχόμενου κύματος είναι μεγαλύτερη από αυτή του κυματισμού επιστροφής του προηγούμενου, η ποσότητα ιζήματος που μεταφέρεται στο πάνω μέρος του μετώπου του αιγιαλού είναι μεγαλύτερη από αυτή που απομακρύνεται προς τα κάτω. Με τη διαδικασία αυτή τα κύματα παίρνουν ιζημα από τη βάση του μετώπου και το αποθέτουν πιο πάνω "χτίζοντας" κατά κάποιον τρόπο τον αιγιαλό. Για το λόγο αυτό τα κύματα αίθριου καιρού συχνά ονομάζονται και κύματα εποικοδόμησης (constructive waves). Δεδομένου ότι το καλοκαίρι χαρακτηρίζεται συνήθως από αίθριες καιρικές συνθήκες, το απότομο προφίλ που αποκτά ο αιγιαλός ονομάζεται και θερινό προφίλ (summer profile και swell profile). Εκτός από τη μεγάλη μορφολογική κλίση, το προφίλ αυτό συνήθως χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη μιας αμμώδους ή χαλικώδους ζώνης (berm) στο άνω μέρος του αιγιαλού που σηματοδοτεί το όριο του παφλασμού του κύματος.

Όταν οι καιρικές συνθήκες είναι πιο βίαιες, όπως για παράδειγμα κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας, η κυματική ενέργεια χαρακτηρίζεται σαν ενδιάμεση έως υψηλή και οι αιγιαλοί αποκτούν μια πιο ήπια κλίση που φθάνει τις $0,5^\circ$ (ή 1:41). Αυτή η μικρή κλίση καθιστά τον αιγιαλό ικανό να διασκορπίζει την κυματική ενέργεια. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, όταν ο αιγιαλός εμφανίζει μικρή κλίση, τα κύματα έχουν στη διάθεσή τους μια μεγαλύτερης έκτασης επιφάνεια για να θραυσθούν. Συχνά το νερό των κυμάτων κινείται πάνω στην επιφάνεια αυτών των μικρής κλίσης αιγιαλών για σημαντική απόσταση. Όπως και στην περίπτωση των αιγιαλών μεγάλης κλίσης, έτσι και εδώ η αιτία για τη μορφή του προφίλ είναι η αλληλεπίδραση μεταξύ του παφλασμού και του κυματισμού επιστροφής. Στην περίπτωση αυτή τα διαδοχικά κύματα φθάνουν στον αιγιαλό σχετικά γρήγορα. Δηλαδή το προσπίπτον κύμα προλαβαίνει κατά κάποιον τρόπο αυτό που αποχωρεί. Έτσι το νερό του κυματισμού επιστροφής κινείται προς τα κάτω στην επιφάνεια του αιγιαλού ενώ ταυτόχρονα τα νερά του παφλασμού του επόμενου κύματος ταξιδεύουν προς τα πάνω στον αιγιαλό. Η αλληλεπίδραση αυτή μειώνει την ικανότητα του παφλασμού του κύματος να μεταφέρει το ιζημα στο πάνω μέρος του αιγιαλού, οδηγώντας έτσι σε μεταφορά ιζήματος προς τη θάλασσα. Ο κυματισμός παραλαμβάνει ιζημα από την κορυφή του μετώπου του αιγιαλού και το αποθέτει προς τη θάλασσα μειώνοντας με τον τρόπο αυτό την κλίση του προφίλ του. Τα κύματα αυτά ονομάζονται και κύματα καταστροφής (destructive waves) και επειδή είναι συχνότερα κατά τη διάρκεια του χειμώνα, το προφίλ που αποκτά ο αιγιαλός ονομάζεται χειμερινό προφίλ καθώς και προφίλ καταιγίδας (winter profile και storm profile).

8.1.1.2 Ο ρόλος της κοκκομετρίας του ιζήματος

Εκτός από τον κυματισμό σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του προφίλ ενός αιγιαλού παίζει το είδος του ιζή-

ματος από το οποίο αποτελείται. Αυτό οφείλεται κυρίως στη διαπερατότητά του, την ικανότητα δηλαδή που έχει το ιζημα να επιτρέπει στο νερό να το διαπερνά. Εάν το ιζημα είναι αρκετά περατό, επιτρέπει δηλαδή στο νερό να διέλθει διαμέσου αυτού με ευκολία, τότε κάτω από οποιεσδήποτε κυματικές συνθήκες το νερό του κυματισμού επιστροφής καταλήγει στη θάλασσα διαμέσου των ιζημάτων του αιγιαλού και όχι κινούμενο πάνω στην επιφάνειά του. Αυτό αποσβένει τον κυματισμό επιστροφής και, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, επιτρέπει στο νερό παφλασμού όλων των κυμάτων να ταξιδεύει πάνω στον αιγιαλό ανεμπόδιστο προκαλώντας τη μεταφορά και απόθεση του ιζήματος στο πάνω μέρος του αιγιαλού "χτίζοντάς" τον και αυξάνοντας την κλίση του. Η μόνη περίπτωση που θα μπορούσε κάτω από τέτοιες συνθήκες να μειωθεί η κλίση του προφίλ είναι εάν το ιζημα του αιγιαλού κορεσθεί σε νερό, εάν δηλαδή όλα τα κενά μεταξύ των κόκκων πληρωθούν με νερό, όπως για παράδειγμα μετά από μια έντονη βροχοπτώση ή λόγω της πολύ γρήγορης άφιξης των κυμάτων στην ακτή. Αντίθετα στους αιγιαλούς που αποτελούνται από ιζημα μικρής περατότητας, το νερό του κυματισμού επιστροφής θα καταλήγει στη θάλασσα κινούμενο πάνω στην επιφάνεια του αιγιαλού ή κοντά σε αυτή και μπορεί να αλληλεπιδρά με το νερό παφλασμού του κύματος που ακολουθεί διαμορφώνοντας αιγιαλούς μικρότερης κλίσης.

Επομένως εκτός από την ένταση και τα χαρακτηριστικά του κυματισμού που θραύεται πάνω σε έναν αιγιαλό, το προφίλ του καθορίζεται σε σημαντικό βαθμό και από το είδος (μέγεθος, σχήμα, συνοχή) των κόκκων του παράκτιου ιζήματος. Ο συνδυασμός των χαρακτηριστικών αυτών του ιζήματος επηρεάζει τη διαπερατότητά του.

8.1.2 Χαλικώδεις αιγιαλοί (gravel beaches)

Οι χαλικώδεις αιγιαλοί ονομάζονται και αιγιαλοί χονδρόκοκκου κλαστικού υλικού ή αιγιαλοί καταιγίδας (storm or coarse clastic beaches). Χαρακτηρίζονται από την κυρίαρχη παρουσία υλικών μεγάλου μεγέθους (με διάμετρο μεταξύ 2 και 2.000 mm) ενώ το μέτωπό τους είναι απότομο (μεγάλης κλίσης) γεγονός που τους καθιστά ικανούς να ανακλούν σε σημαντικό βαθμό τον κυματισμό που προσπίπτει. Σε αντίθεση με τους αμμώδεις, οι χαλικώδεις αιγιαλοί δεν έχουν μελετηθεί συστηματικά.

Ακτογραμμές με χονδρόκοκκο υλικό συνήθως βρίσκονται σε περιοχές που αποτελούν:

- **Παλαιότερες παγετικές ή περιπαγετικές περιοχές**, όπου τα αδρομερή συνήθως γωνιώδη υλικά προέρχονται από τις παγετικές διεργασίες.
- **Τεκτονικά ενεργές παράκτιες περιοχές**, όπου χείμαρροι μεγάλης κλίσης μεταφέρουν στην ακτή χονδρόκοκκο υλικό σαν φορτίο κοίτης (bedload) (φωτο 8.3).
- **Περιοχές που η δράση του κυματισμού είναι έντονη** και προκαλεί τη διάβρωση βραχωδών - πετρωδών κρημνών.



Φωτο 8.3 Αιγιαλός χονδρόκοκκου υλικού (coarse clastic beach) στις εκβολές χείμαρρου μεγάλης μορφολογικής κλίσης στις ανατολικές ακτές του Αργολικού κόλπου.

Οι αιγιαλοί αδρομερών ιζημάτων μπορούν να διακριθούν στους φραγματικούς αιγιαλούς (barriers) και τους αιγιαλούς στο μυχό των κόλπων (pocket beaches):

- **Φραγματικοί αιγιαλοί (barriers).** Μοιάζουν με φυσικά φράγματα από χονδρόκοκκα υλικά και χαρακτηρίζονται από ένα τοπογραφικό βύθισμα στην πίσω - προς την ξηρά - πλευρά τους (φωτο 8.4). Συνήθως πίσω από τους φραγματικούς αιγιαλούς αναπτύσσονται λιμνοθάλασσες, έλη και υγρότοποι. Οι αιγιαλοί αυτοί έχουν την ικανότητα να μετακινούνται προς την πλευρά της ξηράς.
- **Αιγιαλοί στο μυχό των κόλπων (pocket beaches).** Αποτελούνται από αδρομερή υλικά και περιορίζονται μεταξύ ακρωτηρίων και απόκρημνων ακτών (φωτο 8.5). Οι αιγιαλοί αυτοί συνήθως δεν έχουν καλά ανεπτυγμένο από τον κυματισμό μέτωπο προς την πλευρά της ξηράς.

Η μορφολογία της ακτογραμμής και του μετώπου των χαλικωδών αιγιαλών εξαρτάται άμεσα από το μορφοδυναμικό τους καθεστώς και τη διαπερατότητα των αδρομερών τους ιζημάτων. Υπάρχουν δύο βασικές μορφές - τύποι:

- Ο πρώτος αποτελείται από μια ομοιόμορφη κλιτύ που συνεχίζει υποθαλάσσια μέχρι το βάθος της

βάσης του κύματος. Η κλιτύς αυτή έχει την ικανότητα να ανακλά τον κυματισμό που προσπίπτει κάτω από σχεδόν όλες τις κυματικές συνθήκες.

- Ο δεύτερος τύπος εμφανίζει μια κοίλη μορφή στο ανώτερο τμήμα του μετώπου και μια αλλαγή στην κλίση στο επίπεδο της μέσης στάθμης της άμπωτης. Η αλλαγή αυτή στη μορφολογική κλίση τροποποιεί το μορφοδυναμικό καθεστώς της ακτογραμμής κατά τη διάρκεια του κύκλου της παλίρροιας, διότι οι λόγοι του ύψους του κύματος προς το βάθος των νερών και του βάθους των νερών προς το μήκος του κύματος ποικίλουν καθώς μεταβάλλεται η στάθμη. Η αλλαγή στη μορφολογική κλίση του αιγιαλού συχνά συνοδεύεται από μια αλλαγή στην κοκκομετρία του ιζήματος.

Όπως στους αμμώδεις έτσι και στους χαλικώδεις αιγιαλούς η διαπερατότητα είναι πολύ σημαντική για τη μεταφορά του ιζήματος στη ζώνη θραύσης του κύματος. Αν οι κόκκοι είναι αρκετά μεγάλοι σε μέγεθος, οπότε αφήνουν μεγάλα κενά μεταξύ τους, μπορεί όλο το νερό του παφλασμού να κατεισδύει - βυθίζεται μέσα στον αιγιαλό και να επιστρέφει στη θάλασσα διαπερνώντας τα αδρομερή ιζήματα του αιγιαλού. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα να ελαχιστοποιείται ή να εξαφανίζεται ο κυματισμός επιστροφής οπότε χονδρόκοκκο ίζημα μεταφέρεται και αποτίθεται



Φωτο 8.4 Φραγματικός αιγιαλός (barrier) από αδρομερές υλικό στον Αργολικό κόλπο. Το ύψος του φράγματος των χονδρόκοκκων υλικών φθάνει τα 2,5 m.



Φωτο 8.5 Αιγιαλός σε μυχό κόλπου (rocket beach) που έχει αναπτυχθεί μεταξύ ακρωτηρίων από συνεκτικά κροκαλοπαγή, Αργολίδα.

στο προς την ξηρά άνω τμήμα του αιγιαλού. Η αυξημένη διαπερατότητα, που οφείλεται στο μεγάλα κενά μεταξύ των κόκκων του αδρομερούς υλικού, είναι δυνατόν να προκαλέσει το διαχωρισμό των ιζημάτων. Το πιο λεπτόκοκκο ιζημα, όπως η άμμος, είναι δυνατό να παρασυρθεί από το νερό και να διέλθει μαζί του διαμέσου των αποθέσεων του αιγιαλού για να επανα-αναδυθεί και πιθανά να αποτεθεί προς την πλευρά της θάλασσας με τη μορφή μιας αμμώδους υποθαλάσσιας αναβαθμίδας. Η απόθεση αυτή μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγή της κλίσης του αιγιαλού. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να ενταθεί λόγω του αμμώδους υλικού που εισάγεται πλευρικά στον χαλικώδη αιγιαλό από την επιμήκη παράκτια κυκλοφορία κατά μήκος της ακτής.

8.1.3 Ψηφιδοπαγείς αιγιαλοί ή ακτόλιθοι (beachrocks)

Πρόκειται για συνεκτικούς σχηματισμούς κυμαινόμενης αντοχής και πρόσφατης γεωλογικής ηλικίας. Αποτελούνται από υλικά διαφόρων διαστάσεων όπως άμμοι, χάλικες και κροκάλες, τα οποία είναι συγκολλημένα με συνδετικό υλικό ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) και ανθρακικό μαγνήσιο (MgCO_3). Η ορυκτολογία των κόκκων που συνιστούν τους ψηφιδοπαγείς αιγιαλούς μπορεί να είναι οποιαδήποτε και εξαρτάται από τη σύσταση του ιζήματος της παράκτιας ζώνης. Υπάρχουν κόκκοι που αποτελούνται από χαλαζία, ασβεστίτη, μαγνητίτη ή πυρόξενους. Μπορεί ακόμη μεταξύ αυτών να περιλαμβάνονται και θραύσματα απολιθωμένων κελυφών

θαλάσσιων οργανισμών ή θραύσματα αρχαιολογικών οστράκων. Το υλικό από το οποίο αποτελούνται προέρχεται από παλαιές αποθέσεις του αιγιαλού που συνεκτικοποιήθηκαν δίνοντας χαρακτηριστικές μορφές πάγκων, κατά μήκος της παραλίας, με μικρή κλίση προς τη θάλασσα (φωτο 8.6, 8.7). Τα υλικά από τα οποία αποτελούνται οι ψηφιδοπαγείς αιγιαλοί δεν προέρχονται από τη σημερινή παραλία αλλά από παλαιές χαλαρές παράκτιες αποθέσεις αιγιαλού ηλικίας μερικών χιλιάδων έως εκατοντάδων ετών.

Οι γεωμορφές αυτές σχηματίζονται στη μεσοπαλιροροιακή ζώνη. Το πάχος των πάγκων τους εξαρτάται από το παλιροροιακό εύρος της περιοχής και συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 40 και 50 cm. Εμφανίσεις ψηφιδοπαγών αιγιαλών υπάρχουν σε όλες τις κλιματικές ζώνες της γης. Έχουν κατά καιρούς διατυπωθεί διάφορες απόψεις για τον τρόπο σχηματισμού τους και τη διεργασία απόθεσης του συγκολλητικού υλικού. Οι κυριότερες υποστηρίζουν ότι η καθίζηση του ανθρακικού ασβεστίου οφείλεται σε φυσικοχημικά αίτια και λαμβάνει χώρα στη ζώνη μείξης του γλυκού με το θαλάσσιο νερό ενώ υπάρχουν και ερευνητές που δέχονται ότι η απόθεση του συγκολλητικού υλικού οφείλεται στη δραστηριότητα μικροοργανισμών (βακτηριδίων και φυκών).

Οι ψηφιδοπαγείς αιγιαλοί αποτελούν δείκτες στάθμης θάλασσας του παρελθόντος. Η λεπτομερή τους χαρτογραφική απεικόνιση και η χρονολόγησή τους είναι ένας από τους καλύτερους τρόπους για να ορίσει κανείς τις γραμμές των αμμωδών ακτών κατά τα τελευταία 6.000 χρόνια. Κατά τη διάρκεια του Ολόκαινου οι ακτο-



Φωτο 8.6 Πάγκοι ψηφιδοπαγών αιγιαλών ή ακτόλιθων (beachrocks) σε παραλία της ανατολικής Σκύρου. Είναι χαρακτηριστική η κλίση των πάγκων προς τη θάλασσα.



Φωτο 8.7 Αμώδης αιγιαλός και πάγκος ψηφιδωπαγών αιγιαλών (beackrocks), που εκτείνεται από την ακτογραμμή μέχρι βάθος 2,5 m, σε ακτή της βορειοανατολικής Σκύρου.



Φωτο 8.8 Βυθισμένος ψηφιδωπαγής αιγιαλός (beachrock) σε παραλία της Σύρου.



Φωτο 8.9 Ανυψωμένοι ψηφιδοπαγείς αιγιαλοί (beachrocks) στην περιοχή Σχίνου (ανατολικός Κορινθιακός κόλπος). Η τεκτονική τους ανύψωση οφείλεται στην ενεργοποίηση του ρήγματος Σχίνου-Αλεποχωρίου-Ψάθας που διέρχεται στην περιοχή αυτή υποθαλάσσια σε απόσταση μερικών μέτρων από την ακτογραμμή. Η ακτογραμμή και οι ψηφιδοπαγείς αιγιαλοί βρίσκονται στο τέμαχος του ρήγματος που ανυψώνεται.



Φωτο 8.10 Δύο σειρές ανυψωμένων ψηφιδοπαγών αιγιαλών (beachrocks) στις νότιες ακτές της χερσονήσου Περαχώρας (δυτικά του καναλιού της λίμνης της Βουλιαγμένης). Ο ανώτερος πάγκος βρίσκεται σε ύψος $0,9 \pm 0,2$ m ενώ ο χαμηλός $0,4 \pm 0,2$ m πάνω από τη σημερινή θαλάσσια στάθμη.

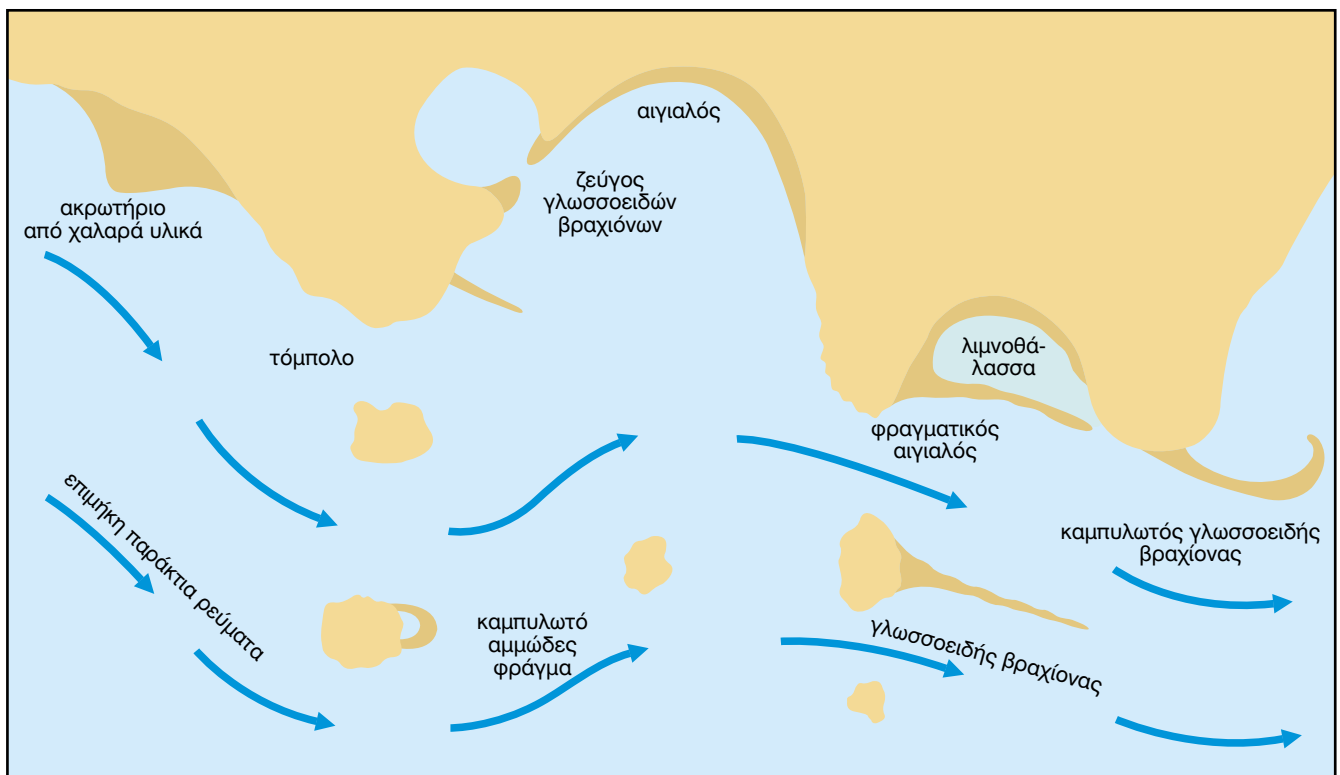
γραμμές υποχωρούν σταδιακά λόγω της επίκλυσης της θάλασσας οπότε νέοι πάγκοι ψηφιδωπαγών αιγιαλών σχηματίζονται προς την πλευρά της ξηράς, πάνω από τους παλαιότερους, οι οποίοι σήμερα εμφανίζονται βυθισμένοι (φωτο 8.8). Εκτός από τη μέθοδο της ραδιοχρονολόγησης ενός ψηφιδωπαγούς αιγιαλού, ο προσδιορισμός της ηλικίας του, σε περιοχές όπως η χώρα μας, μπορεί να γίνει με τη βοήθεια αρχαιολογικών ευρημάτων όπως αγγεία, όστρακα ή νομίσματα, που βρίσκονται μέσα στους πάγκους, ή ακόμη και αρχαίων τάφων ή κατασκευών που υπέρκεινται ή υπόκεινται των σχηματισμών αυτών. Η χρονολόγηση για να είναι αντιπροσωπευτική της ηλικίας σχηματισμού του ψηφιδωπαγούς αιγιαλού θα πρέπει να πραγματοποιείται στο συνδυαστικό υλικό και όχι στα θραύσματα κελυφών οργανισμών που πιθανά περιέχει καθώς είναι πολύ πιθανό να είναι παλαιότερα και να έχουν μεταφερθεί από αλλού.

Σε αρκετές τεκτονικά ενεργές παράκτιες περιοχές οι σχηματισμοί αυτοί βρίσκονται ανυψωμένοι πάνω από τη σημερινή θαλάσσια στάθμη (φωτο 8.9, 8.10). Η χρονολόγησή τους σε συνδυασμό με την υψομετρική τους διαφορά από τη σημερινή μέση θαλάσσια στάθμη δίνουν το ποσό και τον μέσο ρυθμό της τεκτονικής ανύψωσης της ακτογραμμής.

8.2 Φραγματικές γεωμορφές απόθεσης

Η συγκέντρωση χαλαρών παράκτιων υλικών στα τμήματα της παράκτιας ζώνης που ευνοείται η απόθεση ιζημα-

τος οδηγεί στο σχηματισμό φραγματικών γεωμορφών απόθεσης (σχήμα 8.1). Τα μέρη που ευνοούν την απόθεση αυτή περιλαμβάνουν περιοχές όπου η επιμήκης παράκτια κυκλοφορία διακόπτεται από εμπόδια, σημεία που η ακτή αλλάζει απότομα διεύθυνση (προσανατολισμό) καθώς και προστατευμένες από τον κυματισμό ζώνες (κυματικές σκιές), που συνήθως εκτείνονται μεταξύ της ξηράς και κοντινών στην ακτή νησιών. Οι γεωμορφές αυτές απόθεσης ποικίλουν σημαντικά τόσο ως προς τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά και τις διαστάσεις τους, όσο και ως προς τον όγκο και την κοκκομετρία των ιζημάτων από τα οποία συνίστανται. Το συνηθέστερο κριτήριο για την ταξινόμησή τους είναι ο βαθμός σύνδεσής τους με την ξηρά (σχήμα 8.1). Οι φραγματικές γεωμορφές απόθεσης που συνδέονται με την ξηρά στο ένα τους άκρο είναι οι γλωσσοειδείς βραχίονες (spits) και τα ακρωτήρια από χαλαρά υλικά (forelands) (Huggett, 2007). Το μήκος των γλωσσοειδών βραχιόνων είναι μεγαλύτερο από το πλάτος ενώ αντίθετα τα αμμόδη ακρωτήρια έχουν μεγαλύτερο πλάτος απ' ό,τι μήκος. Οι αιγιαλοί που συνδέονται με την ξηρά και στα δύο τους άκρα είναι τα καμπυλωτά αμμόδη φράγματα (looped barriers), τα τόμπολο (tombolos) και οι φραγματικοί αιγιαλοί (barrier beaches). Τέλος οι σημαντικότερες φραγματικές γεωμορφές απόθεσης που δε συνδέονται με την ξηρά είναι τα φραγματικά νησιά (barrier islands).



Σχήμα 8.1 Οι κυριότερες φραγματικές γεωμορφές απόθεσης.



Φωτο 8.11 Μορφή τόμπολο (tompolo), Point Sur State Historic Park, Central Coast, California, U.S.A. (φωτογραφία: Ann Dittmer)

8.2.1 Τόμπολο (tompolo)

Το τόμπολο (tompolo) είναι μια λωρίδα που αποτελείται από χαλαρά υλικά (άμμους, χάλικες) και συνδέει ένα νησί με τη γειτονική στεριά (φωτο 8.11).

Κύριο αίτιο για τον σχηματισμό ενός τόμπολο είναι η "κυματική σκιά" που δημιουργείται στην πίσω από το νησί περιοχή, που προκαλεί τη μείωση της μεταφορικής ικανότητας του θαλάσσιου νερού και επομένως την απόθεση υλικού, σχηματίζοντας μια στενή ζώνη ιζημάτων που συνδέει τη στεριά με το νησί (σχήμα 8.2).

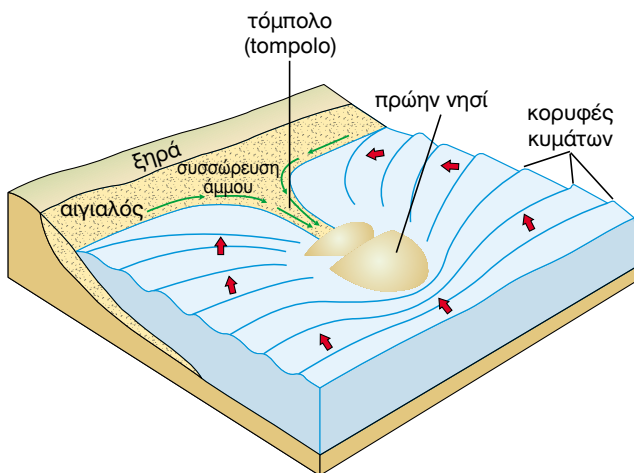
8.2.2 Γλωσσοειδείς βραχίονες (spits)

Οι γλωσσοειδείς βραχίονες (spits) είναι επιμήκεις γεωμορφές απόθεσης που δημιουργούνται από την συσσώρευση άμμου ή χάλικων. Στις γεωμορφές αυτές το ένα άκρο του βραχίονα είναι συνδεδεμένο με την

ξηρά ενώ το άλλο εκτείνεται μέσα στη θάλασσα (φωτο 8.12, 8.13).

Συνήθως σχηματίζονται στις εκβολές ενός ποταμού ή στην είσοδο ενός κόλπου. Αναπτύσσονται εκεί που παρατηρείται μια απότομη αλλαγή στη διεύθυνση (τον προσανατολισμό δηλαδή) της ακτής. Οι γλωσσοειδείς βραχίονες έχουν ένα χαμηλό ανάγλυφο που συνήθως εκτείνεται σε μικρό ύψος πάνω από τη στάθμη της θάλασσας. Σε αρκετές περιπτώσεις το χερσαίο τους τμήμα καλύπτεται από παράκτιες θίνες. Ο απλούστερος τύπος γλωσσοειδούς βραχίονα έχει μια ευθύγραμμη μορφή και ονομάζεται γραμμικός. Καμπυλωτοί ή με κάμψη (recurved spit) ονομάζονται οι γλωσσοειδείς βραχίονες που συνιστούν ένα καμπυλωτό σώμα άμμου με το απομακρυσμένο από την ακτή άκρο να κάμπτεται κατευθυνόμενο προς την ξηρά. Το καμπυλωτό αυτό απομακρυσμένο άκρο μπορεί να είναι αποτέλεσμα της δράσης της διεργασίας της διάθλασης των κυμάτων ή της αλληλεπίδρασης μεταξύ κυματισμών που έχουν διαφορετικές γωνίες προσέγγισης της ακτογραμμής.

Αρκετοί γλωσσοειδείς βραχίονες έχουν αναπτυχθεί σε χρονικές περιόδους εκατοντάδων ετών και παρουσιάζουν πολύπλοκα μορφολογικά χαρακτηριστικά που αντανακλούν τα διαφορετικά στάδια της εξέλιξής τους. Παράδειγμα ενός τέτοιου πολύπλοκου βραχίονα είναι ο σύνθετος καμπυλωτός γλωσσοειδής βραχίονας (compound recurved spit) που χαρακτηρίζεται από ένα στενό, συνδεδεμένο με την ακτή, άκρο και ένα πλατύ, με κάμψη προς το εσωτερικό, απομακρυσμένο άκρο που συχνά περικλείει μια λιμνοθάλασσα (σχήμα 8.1). Το μεγάλου πλάτους απομακρυσμένο άκρο συνήθως αποτελείται από αμμώδεις θίνες ή επιμήκεις παραλιακές ράχες (beach ridges) που αντιστοιχούν σε παλαιότερες ακτογραμμές δείχνοντας μια σταδιακή προέλαση του βραχίονα προς τη θάλασσα (φωτο 8.15).



Σχήμα 8.2 Σχηματισμός τόμπολο (tompolo). Η συσσώρευση της άμμου πίσω από το νησί, στη ζώνη της κυματικής του σκιάς, σχηματίζει μια στενή αμμο-λωρίδα.



Φωτο 8.12 Δορυφορική εικόνα γλωσσοειδούς βραχίονα (spit) στο Cape Cod, U.S.A. (φωτογραφία: Rob Brander)

Φωτο 8.13 Άποψη του γλωσσοειδούς βραχίονα (spit) της δορυφορικής εικόνας της φωτο 8.12, Cape Cod, U.S.A. (φωτογραφία: Rob Brander)



Φωτο 8.14 Ευθύγραμμος γλωσσοειδής αμμώδης βραχίονας, Farewell Spit, South Island, New Zealand. Το μήκος του φθάνει τα 35 km. (φωτογραφία: Rob Brander)





Φωτο 8.15 Γλωσσοειδής βραχίονας (spit), Northumberland Strait, N.B., Canada. Διακρίνονται οι παραλιακές ράχες μέσω των οποίων πραγματοποιήθηκε η σταδιακή προσαύξησή του. (φωτογραφία: Rob Brander)

Οι γλωσσοειδείς βραχίονες αναπτύσσονται κατά μήκος της επικρατούσας διεύθυνσης της παράκτιας κυκλοφορίας. Αποτελούν κλασικό παράδειγμα γεωμορφών που είναι ευθυγραμμισμένες με τη διεύθυνση της παράκτιας κυκλοφορίας και μπορούν να διατηρηθούν μόνο μέσω της διαρκούς επιμήκους παράκτιας τροφοδοσίας με ιζήμα (Orford et al., 1991). Είναι γεωμορφές υψηλής δυναμικής που η μορφολογία τους ανταποκρίνονται ταχύτατα στις μεταβολές της επιμήκους παράκτιας προσφοράς ή απομάκρυνσης ιζήματος. Εάν η παράκτια επιμήκης τροφοδοσία ιζήματος παύσει, ο γλωσσοειδής βραχίονας τελικά θα εξαφανιστεί. Η διάβρωση του κοντινού στην ξηρά άκρου του θα τροφοδοτήσει με ιζήμα το απομακρυσμένο του άκρο οδηγώντας στην προοδευτικά αυξανόμενη επιμήκη ανάπτυξή του. Ο περιορισμός όμως του πλάτους του κοντινού στην ξηρά άκρου αυξάνει την πιθανότητα προσβολής του γλωσσοειδούς βραχίονα από τον κυματισμό με αποτέλεσμα τον τεμαχισμό – διαμελισμό και την αποσταθεροποίηση του, που τελικά θα οδηγήσει στην ολοκληρωτική του διάβρωση.

Παραδείγματα γνωστών γλωσσοειδών βραχιόνων είναι τα Spurn Head, Blakeney Point και Hurst Castle στην Αγγλία και το Sundry Hook στο New Jersey.

8.2.3 Φραγματικά νησιά (barrier islands)

8.2.3.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Τα φραγματικά νησιά (barrier islands) είναι επιμήκεις γραμμικές γεωμορφές απόθεσης στην ανοικτή θάλασσα που προσανατολίζονται παράλληλα με την ακτή και χωρίζονται από την ξηρά μέσω μιας λιμνοθάλασσας. Η βασική διαφορά τους από τους γλωσσοειδείς βραχίονες είναι ότι δεν συνδέονται με την ξηρά. Συνήθως αποτελούνται από άμμο που έχει συσσωρευτεί πάνω από τη στάθμη της πλημμυρίδας (high tide level) και έχει σταθε-

ροποιηθεί με βλάστηση. Το μέγεθος των νησιών αυτών ποικίλει σημαντικά. Το πλάτος τους μπορεί να εκτείνεται από αρκετές δεκάδες μέχρι μερικές εκατοντάδες μέτρων και το μήκος τους από εκατοντάδες έως χιλιάδες μέτρα ενώ οι αποθέσεις άμμου μπορεί να φθάσουν μέχρι το υψόμετρο των 100 μέτρων πάνω από τη θάλασσα. Τα φραγματικά νησιά εμφανίζονται σε ακτές με μικρή κλίση και μικρό εύρος παλίρροιας. Οι γεωμορφές αυτές χαρακτηρίζουν το 10% περίπου των ακτών ολόκληρου του κόσμου με τη μεγαλύτερη ανάπτυξη στις ακτές του Ατλαντικού των Η.Π.Α. καθώς και σε μερικές ακτές ευρωπαϊκών χωρών όπως η Ολλανδία (Haslett, 2000).

Σε αρκετές περιπτώσεις γειτονικά φραγματικά νησιά χωρίζονται μεταξύ τους από κοίτες παλίρροιας (tidal inlets). Οι κοίτες αυτές επιτρέπουν την ανταλλαγή του νερού μεταξύ της ανοικτής θάλασσας και της λιμνοθάλασσας που βρίσκεται μεταξύ του νησιού και της ξηράς ενώ επιπλέον διευκολύνουν τη διάβρωση, τη μεταφορά και την απόθεση ιζήματος γύρω από το φραγματικό νησί. Τα φραγματικά νησιά έχουν πολλή μεγάλη σημασία για την προστασία των, τρωτών στη θάλασσα διάβρωση, χαμηλών παράκτιων περιοχών που βρίσκονται πίσω τους. Σημαντικό μέρος της κυματικής ενέργειας καταναλώνεται στην εξωτερική (προς την ανοικτή θάλασσα) ακτογραμμή των φραγματικών νησιών. Με τον τρόπο αυτό προστατεύεται η ακτογραμμή της ξηράς που βρίσκεται πίσω από τα νησιά από τις σοβαρές επιπτώσεις που προκαλούνται από τις συνθήκες κυμάτων καταιγίδας. Για το λόγο αυτό η μελέτη και η γνώση του τρόπου με τον οποίο σχηματίζονται τα φραγματικά νησιά καθώς και της μορφοδυναμικής τους συμπεριφοράς έχει μεγάλο ενδιαφέρον.

8.2.3.2 Σχηματισμός των φραγματικών νησιών

Δεν έχει προσδιορισθεί ακριβώς ο τρόπος με τον οποίο σχηματίστηκαν τα φραγματικά νησιά. Έχουν διατυπωθεί οι ακόλουθες τρεις κύριες θεωρίες σχηματισμού τους:

- **Το μοντέλο ανάδυσης λόγω επίκλυσης (emerged - transgressive model).** Σύμφωνα με την άποψη αυτή μερικά φραγματικά νησιά μπορεί να αντιπροσωπεύουν αμμώδη φράγματα στα ανοικτά των ακτών που σχηματίστηκαν κατά τη διάρκεια της τελευταίας παγετώδους περιόδου, όπου η στάθμη της θάλασσας ήταν χαμηλότερα σε σχέση με τη σημερινή. Με την άνοδο της στάθμης, που πραγματοποιήθηκε στην μετα-παγετώδη εποχή, τα αμμώδη αυτά φράγματα αναπτύχθηκαν κάθετα (σε ύψος) λόγω της συσσώρευσης του ιζήματος που μεταφερόταν προς την ακτή κατά τη διάρκεια της επίκλυσης (της σταδιακής δηλαδή ανόδου της θαλάσσιας στάθμης).
- **Το μοντέλο βύθισης λόγω επίκλυσης (submerged - transgressive model).** Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό μερικά φραγματικά νησιά είναι πιθανό να ήταν

παράκτιες αμμώδεις θίνες κατά τη διάρκεια περιόδων που η στάθμη της θάλασσας βρισκόταν χαμηλότερα από τη σημερινή. Οι θίνες αυτές βυθίστηκαν λόγω της επίκλυσης που προκλήθηκε από την άνοδο της θάλασσας μετά την τελευταία παγετώδη περίοδο και έτσι απομονώθηκαν από τις χαμηλές παράκτιες περιοχές σχηματίζοντας αμμώδη νησιά.

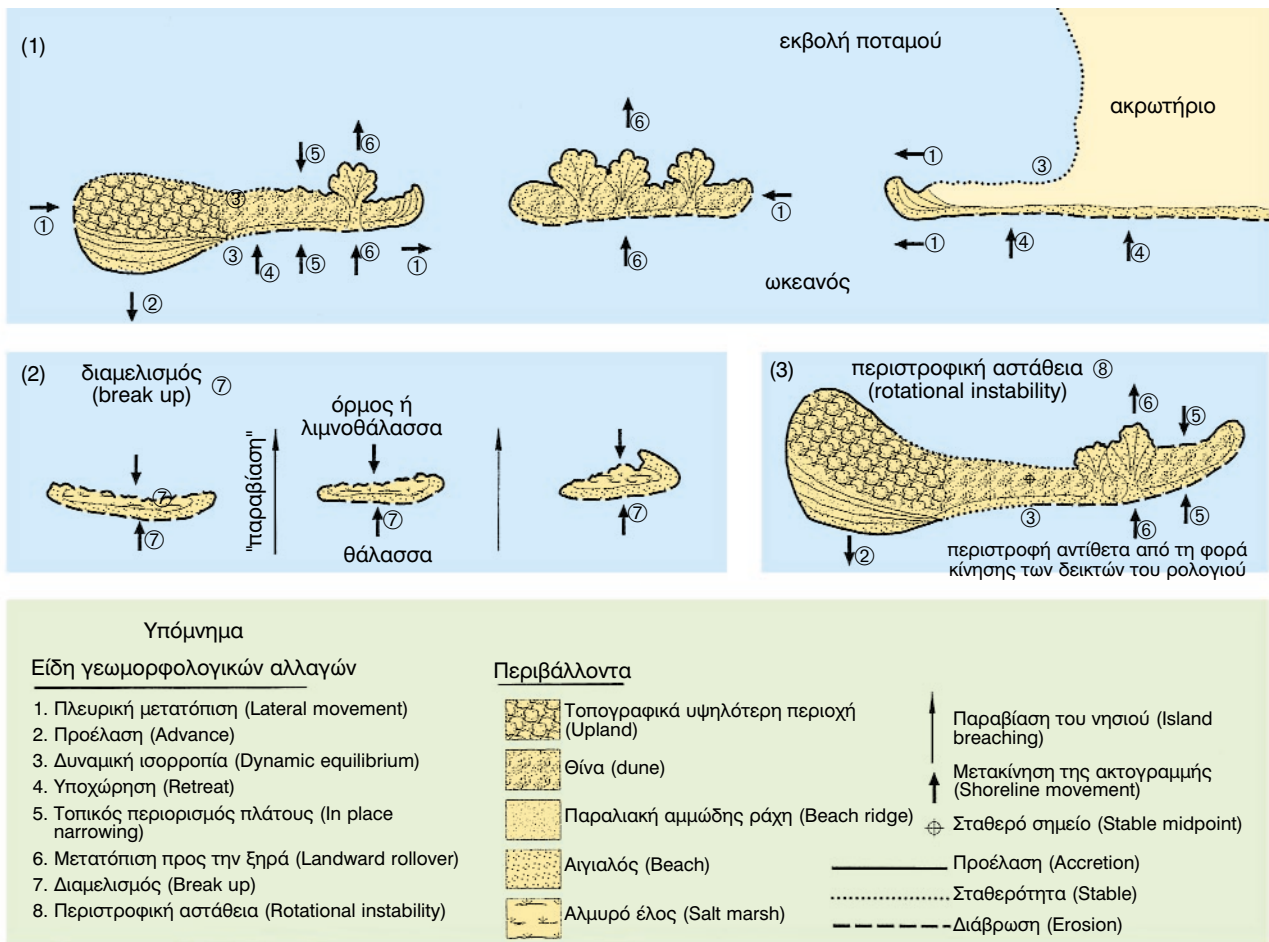
■ **Μοντέλο ανόδου - με σταθερή στάθμη θάλασσας (Emerged - stillstand model).** Οι προηγούμενες υποθέσεις θεωρούν ότι τα φραγματικά νησιά αποτελούν την εξέλιξη παλαιότερων γεωμορφών, όπως είναι τα αμμώδη φράγματα και οι παράκτιες αμμώδεις θίνες, που σχηματίστηκαν σε παλαιότερες περιόδους όπου η στάθμη της θάλασσας ήταν χαμηλότερα από τη σημερινή. Σύμφωνα όμως με τη θεωρία αυτή τα φραγματικά νησιά έχουν αναπτυχθεί από τότε που η μεταπαγετώδης άνοδος σταθεροποίησε τη θάλασσα στο σημερινό της επίπεδο δηλαδή γύρω στα 4.000 έτη πριν από σήμερα (Haslett, 2000).

Είναι γνωστό ότι μερικά φραγματικά νησιά είναι σαφώς παλαιότερα των 4.000 ετών αλλά επίσης είναι

πιθανό και οι τρεις θεωρίες που διατυπώθηκαν παραπάνω να είναι σωστές και να ισχύουν για συγκεκριμένες περιπτώσεις η καθεμία.

8.2.3.3 Μορφοδυναμική συμπεριφορά των φραγματικών νησιών

Τα φραγματικά νησιά είναι παράκτια περιβάλλοντα υψηλής δυναμικής και επιρρεπή στις μεταβολές της κυματικής ενέργειας, την προσφορά σε ίζημα, τις μεταβολές της θάλασσας στάθμης καθώς και τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις. Η διαχρονική χαρτογράφηση, για πάνω από έναν αιώνα, των φραγματικών νησιών που αναπτύσσονται κατά μήκος των ακτών του κόλπου του Mexico (Louisiana και Mississippi) ήταν ενδεικτική του είδους και της έντασης των διαχρονικών μορφοδυναμικών αλλαγών που έχουν συμβεί σε αυτά. Οι McBride et al., (1995) χρησιμοποίησαν τις πληροφορίες αυτές για να προτείνουν ένα μοντέλο που περιγράφει τις αλλαγές στη γεωμορφολογία των φραγματικών νησιών που οφείλονται στις μεταβολές των φυσικών διεργασιών και τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις (σχήμα 8.3). Το μοντέλο αυτό αναγνωρίζει οκτώ τύπους γεωμορφολογικών αλλαγών.



Σχήμα 8.3 Σχηματική απεικόνιση της μορφοδυναμικής συμπεριφοράς των φραγματικών νησιών (barrier islands) καθώς και των γεωμορφολογικών αλλαγών που είναι αποτέλεσμα αντίστοιχων μεταβολών στο είδος και το ρυθμό δράσης των φυσικών διεργασιών και των ανθρωπογενών επεμβάσεων. Οι αλλαγές αυτές διαπιστώθηκαν από την διαχρονική παρατήρηση των φραγματικών νησιών του κόλπου του Mexico. (τροποποιημένο από McBride et. al., 1995)

- **Πλευρική μετατόπιση (lateral movement).** Η διεργασία αυτή περιλαμβάνει τη μετακίνηση του ιζήματος κατά μήκος του μετώπου του φραγματικού νησιού που βρίσκεται προς την πλευρά της ανοιχτής θάλασσας. Ως πλευρική μετατόπιση χαρακτηρίζεται η διάβρωση ιζήματος από το ένα άκρο του νησιού και η απόθεση του στο άλλο του άκρο. Το αποτέλεσμα αυτής της διεργασίας είναι η πλευρική μετακίνηση του νησιού κατά μήκος της ακτής με την πάροδο του χρόνου.
- **Προέλαση (advance).** Είναι η επέκταση της ακτής του φραγματικού νησιού προς τη θάλασσα δηλαδή η προέλασή της λόγω της αυξημένης προσφοράς ιζήματος ή λόγω της ταπείνωσης της θαλάσσιας στάθμης.
- **Δυναμική ισορροπία (dynamic equilibrium).** Αφορά ένα φραγματικό νησί του οποίου η ακτογραμμή φαίνεται να παραμένει σταθερή για μεγάλες χρονικές περιόδους, χωρίς να υφίσταται σημαντική διάβρωση ή απόθεση.
- **Υποχώρηση (retreat).** Αναφέρεται στις ακτές των φραγματικών νησιών, που είναι εκτεθειμένες στην ανοιχτή θάλασσα, οι οποίες υποχωρούν προς την ξηρά λόγω της διάβρωσης και της απομάκρυνσης του ιζήματος από τη δράση του κυματισμού ή των παράκτιων ρευμάτων ή εξαιτίας της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης.
- **Τοπικός περιορισμός του πλάτους (in place narrowing).** Αυτό συμβαίνει εκεί που οι ακτές ενός φραγματικού νησιού τόσο οι εκτεθειμένες στην θάλασσα, όσο και οι προφυλαγμένες προς την ξηρά υπόκεινται σε διάβρωση, με αποτέλεσμα να μειώνεται το πλάτος του νησιού. Ουσιαστικά δηλαδή με τη διεργασία αυτή το νησί στενεύει αλλά ο πυρήνας, το κεντρικό δηλαδή τμήμα του, παραμένει σταθερό.
- **Μετατόπιση προς την ξηρά (landward rollover).** Αυτό συνήθως ακολουθεί τη διεργασία που περιγράφηκε πριν δηλαδή τον περιορισμό του πλάτους όπου το νησί γίνεται αρκετά στενό. Τα κύματα καταιγίδας υπερπηδούν το νησί διαβρώνοντας την εξωτερική (προς τη θάλασσα) ακτογραμμή του, με αποτέλεσμα την απομάκρυνση ιζήματος από την ακτή που είναι εκτεθειμένη στη θάλασσα και την απόθεσή του στην εσωτερική (προς την ξηρά) πλευρά του. Το αποτέλεσμα αυτής της διεργασίας μεταφοράς και κύλισης του ιζήματος είναι η σταδιακή μετανάστευση του νησιού προς την ξηρά.
- **Διαμελισμός (break up).** Και αυτή η διεργασία, όπως και η μετατόπιση προς την ξηρά, ακολουθεί συνήθως τον τοπικό περιορισμό του πλάτους. Η μείωση του πλάτους του νησιού το κάνει επιρρεπές στη δράση του κυματισμού. Είναι πιθανό να διαρρηχτεί από τη δράση των κυμάτων και να σχηματισθούν μικρές κοίτες μέσω των οποίων η ανοιχτή θάλασσα επικοινωνεί με τη λιμνοθάλασσα που βρίσκεται πίσω από το νησί. Οι κοίτες αυτές είναι δυνατό με την πάροδο του χρό-

νου να διευρυνθούν και να αυξηθούν σημαντικά σε πλάτος εις βάρος του φραγματικού νησιού οδηγώντας στο διαμελισμό του.

- **Περιστροφική αστάθεια (rotational instability).** Ένα νησί μπορεί να προελαύνει στο ένα άκρο λόγω απόθεσης και να υποχωρεί στο άλλο λόγω διάβρωσης. Το αποτέλεσμα της διεργασίας αυτής είναι το νησί να φαίνεται ότι με την πάροδο του χρόνου περιστρέφεται σε διεύθυνση είτε σύμφωνα με τη φορά της κίνησης των δεικτών του ρολογιού ή αντίθετα από αυτή.

8.3 Παραλιακές ράχες (beach ridges)

Οι παραλιακές ράχες είναι γεωμορφές απόθεσης που σχηματίζονται τόσο σε ακτές θαλασσών όσο και λιμνών. Πρόκειται για επιμήκη στενά υβώματα που διατάσσονται παράλληλα ή σχεδόν παράλληλα προς την ακτογραμμή και αποτελούνται από ασύνδετα μεταξύ τους ή ελαφρώς συνεκτικοποιημένα υλικά της παράκτιας ζώνης όπως άμμος, χάλικες, κροκάλες και κελύφη θαλάσσιων οργανισμών (φωτο 8.16). Οι διαστάσεις τους ποικίλουν από περιοχή σε περιοχή και εξαρτώνται κυρίως από τα χαρακτηριστικά των υλικών του αιγιαλού (κυρίως την κοκκομετρία και τη σύσταση). Το ύψος των παραλιακών ράχων μπορεί να κυμαίνεται από μερικά εκατοστά έως αρκετά μέτρα, το πλάτος τους κυμαίνεται από σχεδόν ένα μέτρο έως αρκετές δεκάδες μέτρων ενώ το μήκος τους μπορεί να φθάσει αρκετά χιλιόμετρα.

Κατά καιρούς έχουν διατυπωθεί διάφορες απόψεις για το ποια ακριβώς χαρακτηριστικά πρέπει να συγκεντρώνει μια γεωμορφή ώστε να μπορεί να οριστεί ως παραλιακή ράχη. Για παράδειγμα ο Johnson (1919) όρισε τις παραλιακές ράχες σαν μορφές απόθεσης που σχηματίστηκαν από τη δράση του κυματισμού σε διαδοχικά διαφορετικές θέσεις της ακτογραμμής. Οι Reineck & Singh (1978) θεώρησαν ότι είναι γεωμορφές από αδρομερές κυρίως ιζήμα που σχηματίστηκαν στο ύψος του επιπέδου που φθάνει η στάθμη της θάλασσας κατά την πλημμυρίδα. Απέδωσαν δε το σχηματισμό τους σε συνθήκες που παροδικά προκαλούν εξαιρετικά υψηλή στάθμη θάλασσας, όπως για παράδειγμα σε κύματα καταιγίδας. Αργότερα οι Bates & Jackson (1980) όρισαν τις παραλιακές ράχες ως χαμηλές σωρούς που αποτελούνται από υλικά αιγιαλού ή συνδυασμό υλικών αιγιαλού και θινών που έχουν αποθεθεί από τη δράση του κυματισμού πίσω από την ακτογραμμή σε απόσταση από το σημερινό όριο δράσης των κυμάτων καταιγίδας και πάνω από το ανώτερο επίπεδο στο οποίο φθάνει η στάθμη της θάλασσας κατά τη διάρκεια του κύκλου των παλιρροιών. Σήμερα ως παραλιακές ράχες θεωρούνται επιμήκη υβώματα που έχουν σχηματιστεί και διατηρηθεί στην ακτή ως γεωμορφές που διατάσσονται παράλληλα ή σχεδόν παράλληλα προς την ακτογραμμή και σχεδόν παράλληλα μεταξύ τους (στην περίπτωση που είναι



Φωτο 8.16 Μεγάλου πλάτους παραλιακή ράχη (beach ridge) στην περιοχή Λούρος του δέλτα του Εύηνου ποταμού. Μια σειρά από έντεκα σχεδόν παράλληλες τέτοιες ράχες, που διαχωρίζονται μεταξύ τους από αύλακες, προστατεύει τη λιμνοθάλασσα Κλείσοβα από τον Πατράϊκό κόλπο.

περισσότερες από μία) και βρίσκονται πίσω από τον αιγιαλό πάνω από τη μέση στάθμη πλημμυρίδας και πάνω από τη ζώνη δράσης των κυμάτων καταιγίδας (Otvos, 2000). Η κύρια διεργασία σχηματισμού τους είναι η δράση του κυματισμού. Σημαντικό ρόλο στην τελική τους διαμόρφωσή όμως έχουν και οι αιολικές διεργασίες. Στην κορυφή των παραλιακών ράχων συνήθως συγκεντρώνονται αιολικές αποθέσεις άμμου δίνοντας στην επιφάνειά τους μια λοφώδη μορφή. Απαραίτητη προϋπόθεση για τον χαρακτηρισμό μιας ράχης ως παραλιακής είναι μετά το σχηματισμό του το ύψωμα αυτό των χαλαρών υλικών να απομονωθεί και να μην επηρεάζεται πλέον από τις διεργασίες που είναι ενεργές στον αιγιαλό σήμερα (Otvos, 2000). Η απομόνωση αυτή γίνεται με την προέλαση της ξηράς η οποία οδηγεί σταδιακά στον σχηματισμό νέων ράχων προς την πλευρά της θάλασσας απομονώνοντας και αφήνοντας πίσω τις παλαιότερες. Ανεξάρτητα από τις διαστάσεις, τη μορφή και τον τρόπο σχηματισμού τους ράχες χαλαρών υλικών που είναι σήμερα ενεργές, που επηρεάζονται δηλαδή και τροποποιούν τα χαρακτηριστικά τους από τις καθημερινές παράκτιες διεργασίες, δε θεωρούνται παραλιακές ράχες (Otvos, 2000).

Ο σχηματισμός των παραλιακών ράχων εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την τροφοδοσία του αιγιαλού με παράκτιο ιζήμα. Για τον σχηματισμό τους σε μια παράκτια περιοχή είναι απαραίτητο το θετικό ισοζύγιο των παράκτιων ιζημάτων. Πρέπει δηλαδή η ποσότητα του ιζήματος που παρέχεται από την ποτάμια τροφοδοσία, την κυματική δράση και/ή τα θαλάσσια ρεύματα στον αιγιαλό να είναι μεγαλύτερη από την ποσότητα του ιζήματος που απομακρύνεται από αυτόν. Τέτοιες ευνοϊκές συνθήκες εμφανίζουν για παράδειγμα οι ακτογραμμές των ποτάμιων δέλτα. Άλλοι σημαντικοί παράγοντες για το σχηματισμό των παραλιακών ράχων, εκτός από την άφθονη προσφορά ιζήματος στην περιπαράλια ζώνη (nearshore zone), είναι η βαθυμετρία της εσωτερικής υφαλοκρηπίδας (inner shelf), το καθεστώς της κυματικής ενέργειας και οι διακυμάνσεις της θαλάσσιας στάθμης (Borowka, 2004). Το μέσο μέγεθος των κόκκων του ιζήματος ενός αιγιαλού είναι ένας επίσης πολύ σημαντικός παράγοντας. Σε αμμόδεις αιγιαλούς οι παραλιακές ράχες είναι δυνατό να δημιουργηθούν κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλής κυματικής ενέργειας αλλά στους χαλικώδεις αιγιαλούς ο σχηματισμός τους συνήθως σχετίζεται με τις περιόδους υψηλής κυματικής ενέργειας.

8.3.1 Εσωτερική δομή των παραλιακών ράχων

Σύμφωνα με τον Carter (1986) σε μια ακτή που προελαύνει μπορούν να αναπτυχθούν δύο είδη παραλιακών ράχων. Το πρώτο είδος είναι το αποτέλεσμα της σταδιακής προσαύξησης και ένωσης φραγμάτων από χαλαρά υλικά που σχηματίζονται από τον παφλασμό (swash bars) κατά τη διάρκεια της μεταφοράς και απόθεσης ιζήματος, στο άνω τμήμα του μετώπου του αιγιαλού, από τη δράση του κυματισμού. Αυτό το είδος παραλιακής ράχης σχηματίζεται από στρωματίδια άμμου ή χαλίκων (swash lamination) που κλίνουν προς τη θάλασσα. Το δεύτερο είδος σχετίζεται με την ανάδυση και εμφάνιση υποθαλασσίων επιμήκων παράκτιων φραγμάτων που λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια συνθηκών χαμηλής κυματικής ενέργειας και ταυτόχρονα πτώσης της στάθμης της θάλασσας. Η μορφολογία των ράχων αυτών είναι περισσότερο περίπλοκη. Και αυτές σχηματίζονται κυρίως από στρωματίδια υλικών που κλίνουν προς τη θάλασσα. Εντούτοις όμως είναι δυνατό να υπάρχουν και επίπεδα στρώματα ή στρώματα με σταυρωτή στρώση (cross bedding) (σταυροειδώς δηλαδή διατεταγμένα) που σχετίζονται με την προς την ξηρά μετακίνηση των υπήνεμων πλευρών της αναδυμένης μορφής. Σε αυτό το είδος ράχης μπορεί στην προς τη θάλασσα πλευρά της να είναι παρόν και ένα λεπτό στρωματίδιο υλικών που έχει αποτεθεί λόγω του παφλασμού των κυμάτων (swash laminantion).

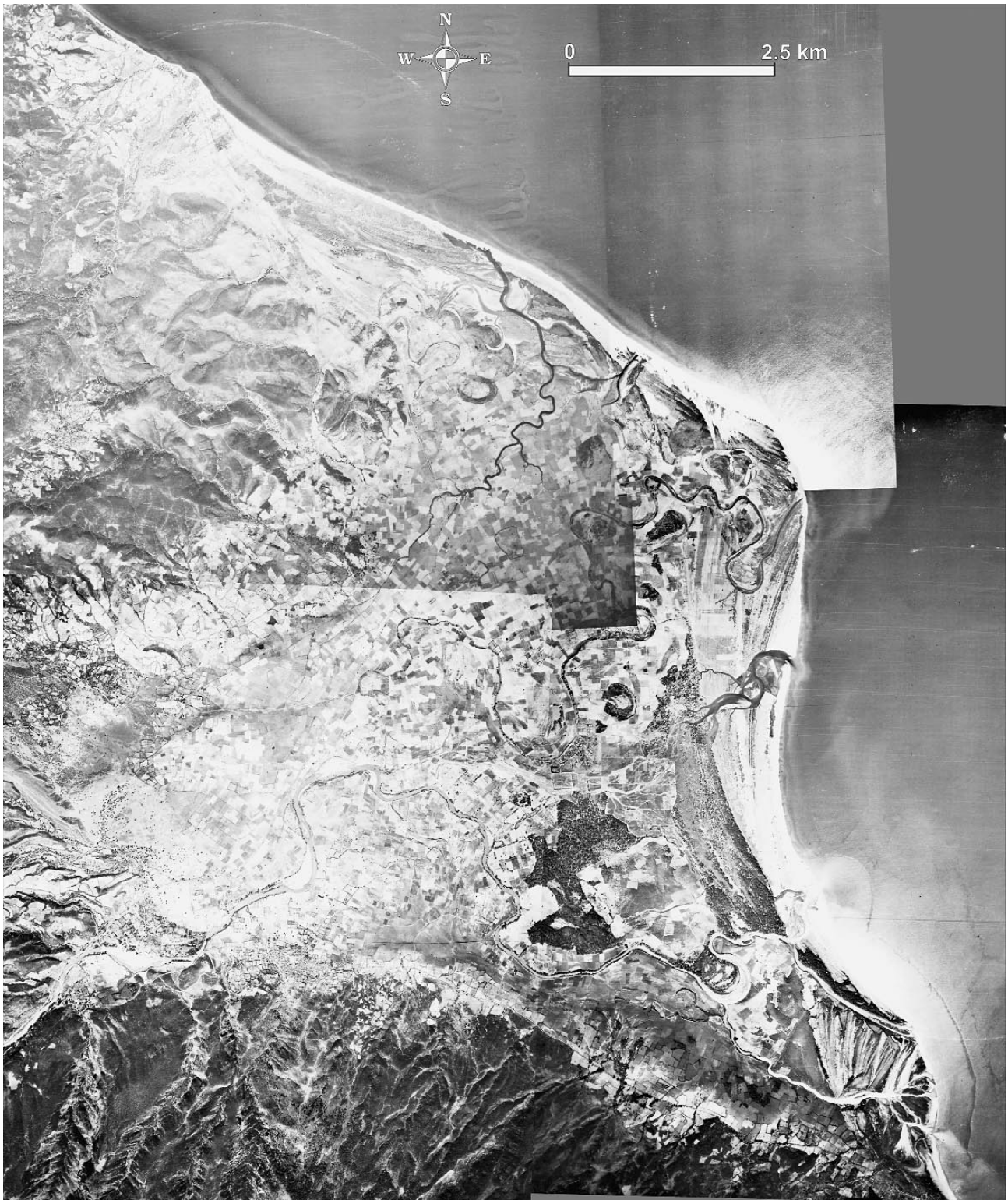
8.3.2 Πεδιάδες παραλιακών ράχων (ridge and swale topography)

Οι παραλιακές ράχες μπορεί να εμφανίζονται μεμονωμένες τις περισσότερες όμως φορές εμφανίζονται πολλές μαζί διαμορφώνοντας εκτεταμένες πεδιάδες παραλιακών ράχων (ridge and swale topography). Οι πεδιάδες αυτές είναι χαρακτηριστικές των ακτών που προελαύνουν. Όπως ήδη αναφέρθηκε, τα ιδιαίτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά των μεμονωμένων παραλιακών ράχων ποικίλουν. Το ύψος τους μπορεί να φθάσει από λίγες δεκάδες εκατοστών έως μερικά μέτρα. Στις πεδιάδες παραλιακών ράχων τα υβώματα χωρίζονται μεταξύ τους με επιμήκεις αύλακες (trough ή swale), που στις περισσότερες των περιπτώσεων καταλαμβάνονται από έλη. Οι κορυφές των ράχων συνήθως βρίσκονται λίγο υψηλότερα από τη μέση στάθμη της πλημμυρίδας ενώ η βάση των μεταξύ τους ελωδών αυλάκων έχουν υψόμετρα που δε διαφέρουν πολύ από τη μέση στάθμη της άμπωτης (Stapor, 1975). Επίσης η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών ράχων ποικίλει σημαντικά. Εκτεταμένες πεδιάδες παραλιακών ράχων και αυλάκων συνήθως αναπτύσσονται σε φραγματικά νησιά και δελταϊκές πεδιάδες καταλαμβάνοντας την μεγαλύτερη χερσαία έκτασή τους.

Στην αεροφωτογραφία της φωτο 8.18 διακρίνονται διαδοχικές παραλιακές ράχες και αύλακες που αποτελούν το κύριο μορφολογικό χαρακτηριστικό του δελταϊ-



Φωτο 8.17 Παραλιακές ράχες (beach ridges) στη δελταϊκή πεδιάδα του Πηνειού ποταμού (Θεσσαλία).



Φωτο 8.18 Αεροφωτομωσαϊκό του δέλτα του Πηνειού ποταμού που έχει προκύψει από τη γεωαναφορά αεροφωτογραφιών, έτους λήψης 1945, της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.). Διακρίνονται οι επιμήκεις παραλιακές ράχες μέσω των οποίων έγινε η προέλαση του δέλτα.

κού μετώπου του Πηνειού ποταμού στη Θεσσαλία (Καρύμπαλης & Γάκη-Παπαναστασίου, 2008). Έχουν αναγνωριστεί έξι γενεές παραλιακών ράχων με διαφορετικό μήκος και προσανατολισμό μέσω της ανάπτυξης των οποίων πραγματοποιήθηκε η προέλαση του δέλτα

κατά το Ανώτερο Ολόκαινο (φωτο 8.17). Στην αεροφωτογραφία οι ράχες αντιστοιχούν στις γραμμικές εμφανίσεις με ανοικτές αποχρώσεις ενώ οι αύλακες έχουν σκούρο χρώμα.

8.3.3 Ρυθμοί ανάπτυξης των παραλιακών ράχων

Οι ρυθμοί ανάπτυξης των παραλιακών ράχων μπορεί να είναι πολύ αργοί ή πολύ γρήγοροι ανάλογα με τις διαστάσεις της ράχης, τους ρυθμούς προσφοράς του ιζήματος, τις συνθήκες βλάστησης και το επικρατών υδροδυναμικό καθεστώς. Έχουν αναφερθεί περιπτώσεις όπου για το σχηματισμό μιας παραλιακής ράχης απαιτήθηκε χρονικό διάστημα μικρότερο από ένα έτος (Nanson et al., 1998). Μια εκτίμηση των ρυθμών ανάπτυξης των παραλιακών ράχων σε διάφορες περιοχές του κόσμου δείχνει ότι κυμαίνονται από 1,8 - 3,3 έτη ανά ράχη έως και 30 - 150 έτη ανά ράχη σε κάποιες περιοχές με αρκετά χαμηλούς ρυθμούς (Otvos, 2000).

Οι Taylor & Stone (1996) δέχονται ότι οι μικρών διαστάσεων ράχες, που απέχουν μεταξύ τους μικρές αποστάσεις, σχηματίζονται κατά τη διάρκεια γρήγορης προέλασης της ακτής ενώ οι ράχες μεγάλων διαστάσεων, που απέχουν μεταξύ τους μεγαλύτερες αποστάσεις, αναπτύσσονται με σχετικά αργότερους ρυθμούς.

8.3.4 Παλαιογεωγραφική σημασία των παραλιακών ράχων

Οι παραλιακές ράχες αποτελούν καλούς παλαιογεωγραφικούς δείκτες για την αναπαράσταση των κυματικών καθεστώτων του παρελθόντος, της προσφοράς ιζήματος, της πηγής τροφοδοσίας με ιζημα καθώς και των κλιματικών συνθηκών την περίοδο σχηματισμού τους. Επιπλέον ο προσδιορισμός της απόλυτης ηλικίας των παραλιακών ράχων με τη χρήση μεθόδων ραδιοχρονολόγησης ή αρχαιολογικών ευρημάτων επιτρέπει την αναπαράσταση της θέσης των παλαιών ακτογραμμών καθώς και την εκτίμηση των ρυθμών προέλασης μιας ακτής.

Οι παραλιακές ράχες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη των μεταβολών της θαλάσσιας στάθμης και της ανύψωσης ή βύθισης της περιοχής λόγω του φαινομένου της ισοστασίας ή του τεκτονισμού (Borowka, 2004). Να χρησιμοποιηθούν δηλαδή ως δείκτες για την ανίχνευση των μεταβολών της σχετικής στάθμης της θάλασσας. Κατά τις μελέτες της αναζήτησης της στάθμης θάλασσας του παρελθόντος σε μια περιοχή παραλιακών ράχων είναι απαραίτητη η αναγνώριση σε μια ράχη της οριζόντιας διαχωριστικής επιφάνειας μεταξύ των αποθέσεων του μετώπου του παλαιο-αιγιαλού και των υπερκείμενων αιολικών αποθέσεων (Fraser & Hester, 1977; Thompson, 1992). Η διαχωριστική αυτή επιφάνεια αποτελεί το επίπεδο αναφοράς για τον προσδιορισμό της στάθμης που επικρατούσε κατά το σχηματισμό της ράχης. Οι παλαιές παραλιακές ράχες αποτελούνται από έναν πυρήνα από μερικώς συγκολλημένο αδρομερές ιζημα αιγιαλού το οποίο συνήθως βρίσκεται κάτω από ένα κάλυμμα αιολικών αποθέσεων θινών που μπορεί να είναι σταθεροποιημένο με βλάστηση. Τα ιζήματα των παράκτιων ράχων στην περίπτωση αυτή χωρίζονται

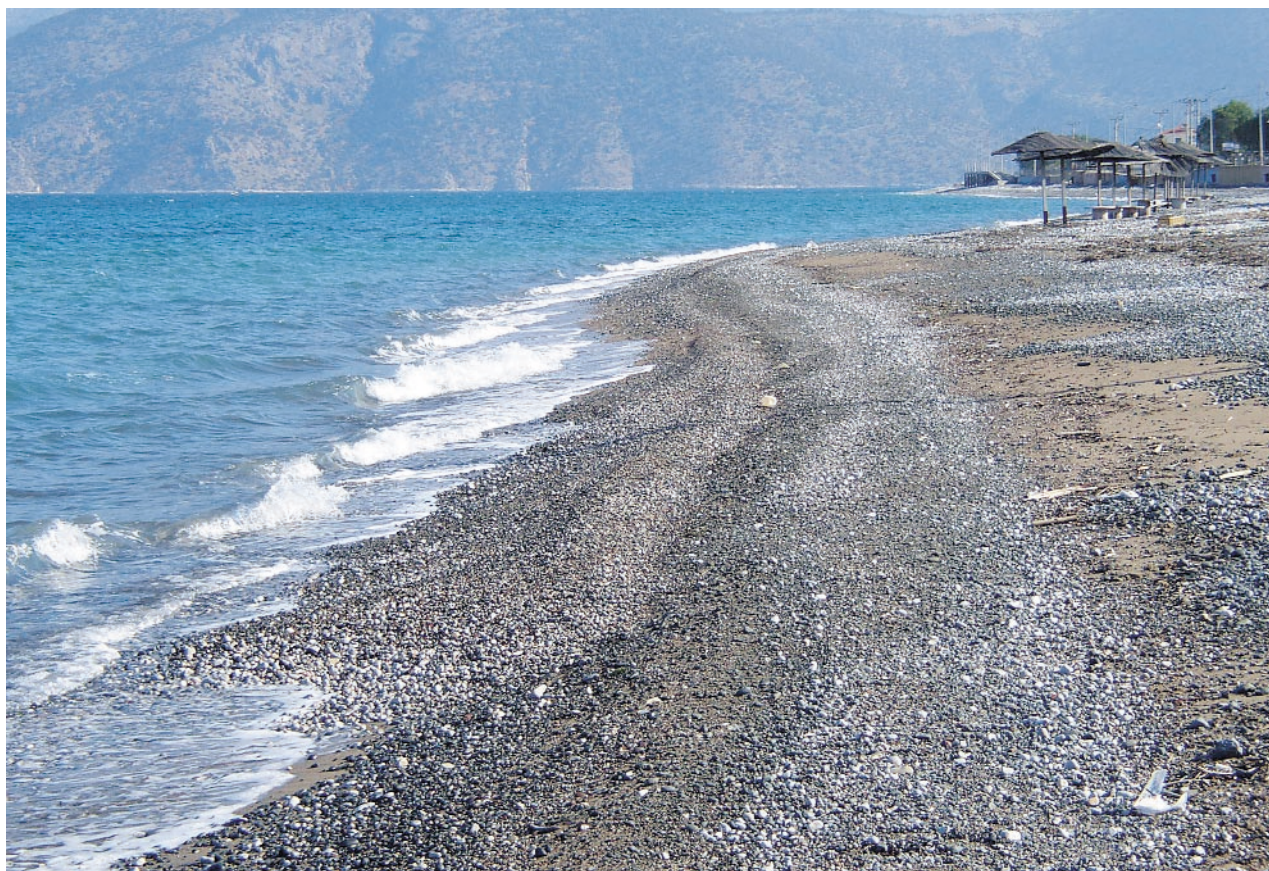
από το κάλυμμα των αιολικών αποθέσεων με μια απολιθωμένη σκληρή επιφάνεια διάβρωσης που αποτελείται από κελύφη ή χάλικες (Carter & Wilson, 1990). Η διάκριση των δύο αυτών ιζηματογενών αποθέσεων γίνεται από τα ιδιαίτερα ιζηματολογικά τους χαρακτηριστικά. Όπως ήδη αναφέρθηκε, οι υποκείμενες αποθέσεις του αιγιαλού αποτελούνται από μικρής κλίσης στρώματα άμμων και σταυρωτές στρώσεις χαλικών που έχουν αποτεθεί από τη δράση του κυματισμού ενώ οι υπερκείμενες αιολικές αποθέσεις συνήθως είναι χερσαίες, πλούσιες σε κελύφη σαλιγκαριών, άμμοι θινών σταυρωτής στρώσης μερικώς συνεκτικοποιημένες και χωρίς δομή.

Δυσκολίες κατά τη χρησιμοποίηση των παραλιακών ράχων ως δεικτών της στάθμης θάλασσας του παρελθόντος εμφανίζονται σε καθαρά αμμώδεις αιγιαλούς που βρίσκονται κοντά στην κύρια πηγή προσφοράς του ιζήματος, όπως είναι για παράδειγμα η κοίτη ενός ποταμού. Σε τέτοιες περιπτώσεις η διάκριση και ο καθορισμός της διαχωριστικής επιφάνειας μεταξύ των αποθέσεων του αιγιαλού που οφείλονται στον κυματισμό και των υπερκείμενων αιολικών αποθέσεων είναι πολύ δύσκολη, διότι δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά στην κοκκομετρία τους. Η ακρίβεια της αναγνώρισης των σταθμών θάλασσας του παρελθόντος από τη μελέτη των παραλιακών ράχων μπορεί να γίνει προβληματική για έναν ακόμη λόγο. Σε περιόδους παροδικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, όπως για παράδειγμα κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας, αμμώδεις ή χαλικώδεις ράχες που περιέχουν θραύσματα κελυφών θαλάσσιων οργανισμών μπορεί να ανυψωθούν σημαντικά πάνω από τη στάθμη πλημμυρίδας, χωρίς όμως ουσιαστικά να αποτελούν παραλιακές ράχες, προκαλώντας σύγχυση (Mason, 1990; Mason & Jordan, 1993).

8.4 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του μικροανάγλυφου των παράκτιων αποθέσεων

8.4.1 Παράκτιες αμμώδεις και χαλικώδεις ζώνες (berms)

Πρόκειται για επιμήκεις τοξοειδούς μορφής ζώνες, που αναπτύσσονται κατά μήκος της ακτογραμμής και συνήθως αποτελούνται από συνδυασμό αδρομερών και λεπτόκοκκων υλικών όπως κροκάλες, άμμους όλων των κοκκομετρικών διαβαθμίσεων και άλλα μικροθραύσματα της παράκτιας ζώνης (φωτο 8.19). Τα υλικά αυτά αποτίθενται στο ανώτερο σημείο της ακτής που μπορεί να φθάσει το κύμα. Είναι σχηματισμοί ενδεικτικοί του ανώτερου, μέσου και κατώτερου σημείου δράσης των δυναμικών και κινητικών κυματικών διεργασιών επάνω στον αιγιαλό για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, κατά τη διάρκεια της οποίας τα χαρακτηριστικά του κυματισμού (ενέργεια, ύψος και μήκος κύματος) παραμένουν αμετάβλητα.



Φωτο 8.19 Συγκεντρικές αμμώδεις και χαλικώδεις ζώνες (berms) σε ακτές της Στερεάς Ελλάδας του ανατολικού Κορινθιακού κόλπου.

Ο σχηματισμός, η θέση και ο αριθμός των παράκτιων αμμωδών και χαλικωδών ζωνών βρίσκεται σε άμεση σχέση με τις μεταβολές της κυματικής ενέργειας. Σε έναν αιγιαλό είναι δυνατό να αναπτυχθούν περισσότερες από μια τέτοιες ζώνες. Σε μια σειρά αμμωδών παράκτιων ζωνών ο σχηματισμός της ανώτερης, που βρίσκεται στο ψηλότερο σημείο του αιγιαλού, προϋποθέτει αρκετά μεγάλη κυματική ενέργεια, η μεσαία απαιτεί μικρότερη ενεργειακή δράση κ.ο.κ. Κάθε φορά που μεταβάλλεται η ενέργεια των κυμάτων που θραύονται στον αιγιαλό, σχηματίζεται μια νέα ζώνη και πιθανόν καταστρέφεται μια παλαιά η οποία είχε σχηματισθεί σε μια χρονική περίοδο ηπιότερων κυματικών συνθηκών. Σε ό,τι αφορά την κοκκομετρική διαβάθμιση του υλικού αυτό γίνεται σταδιακά περισσότερο χονδρόκοκκο από την κατώτερη προς την ανώτερη beach ενώ αντίστροφα προς τη θάλασσα γίνεται προοδευτικά λεπτόκοκκο.

8.4.2 Ημισεληνοειδείς αμμώδεις ή χαλικώδεις σχηματισμοί (beach cusps)

Είναι εφήμερες ημισεληνοειδούς μορφής συγκεντρώσεις άμμου και χαλίκων ή κροκαλών, ακριβώς στην ακτογραμμή ή λίγο ψηλότερα από αυτή, που επαναλαμβάνονται ρυθμικά (φωτο 8.20). Εμφανίζονται συνήθως στη ζώνη θραύσης του κυματισμού σε παράκτιες περιοχές με πολύ μικρό εύρος παλίρροιας. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των σχηματισμών αυτών είναι ότι εμφανίζουν κοκκομετρική ταξινόμηση των ιζημάτων από τα οποία αποτελούνται.

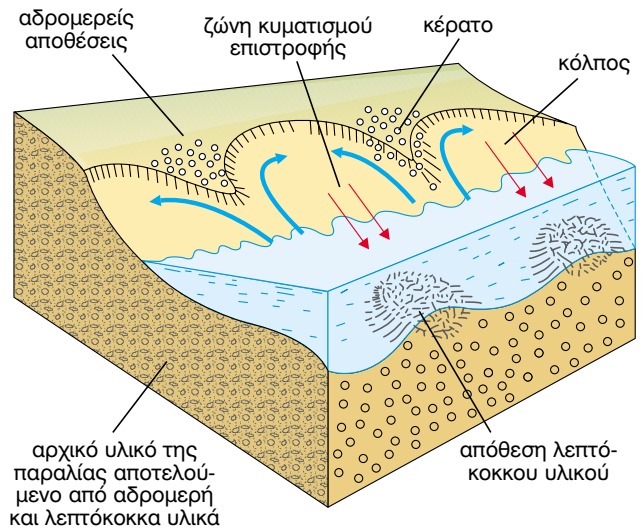
Μορφολογικά αποτελούνται από τα κέρατα και τους κόλπους. Τα κέρατα (ράχες) αποτελούνται από χονδρόκοκκα υλικά σε αντίθεση με τους κόλπους (κοιλίες), που βρίσκονται μεταξύ δύο διαδοχικών κεράτων, και καταλαμβάνονται από περισσότερο λεπτομερές ιζημα



Φωτο 8.20 Ημισεληνοειδείς χαλικώδεις σχηματισμοί (beach cusps) στην περιοχή Otaki, North Island, New Zealand. (φωτογραφία: Rob Brander)

(σχήμα 8.4). Οι μορφές αυτές έχει διαπιστωθεί ότι σχηματίζονται ευκολότερα εκεί όπου υπάρχει μια κατακόρυφη διάταξη στρωμάτων παράκτιων ιζημάτων διαφορετικής κοκκομετρίας και κυρίως όταν ένα αδιαπέρατο από το νερό στρώμα καλύπτεται από ένα λεπτότερο στρώμα από χονδρόκοκκα υλικά. Το αδιαπέρατο στρώμα αυξάνει την ικανότητα του κυματισμού επιστροφής να διαβρώνει τους κόλπους ενώ το υπερκείμενο στρώμα των χονδρόκοκκων υλικών, στο οποίο σχηματίζονται τα κέρατα, επιτρέπει τη μεγαλύτερη κατείδουση του νερού οπότε η διάβρωση είναι μικρότερη, συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στη σταθεροποίηση των ημισεληνοειδούς μορφής σχηματισμών. Τα κέρατα είναι σχεδόν τριγωνικά με αποστρογγυλωμένες κορυφές που εκτείνονται μέσα στο νερό. Η οριζόντια απόσταση μεταξύ των κορυφών των κεράτων κυμαίνεται από μερικά εκατοστά μέχρι μερικές δεκάδες μέτρα και έχει διαπιστωθεί ότι διπλασιάζεται όταν διπλασιαστεί το ύψος των κυμάτων. Τα κέρατα μπορούν να προεξέχουν αρκετά μέτρα, το σχετικό δε βάθος των κόλπων κυμαίνεται.

Έχουν διατυπωθεί πολλές διαφορετικές απόψεις για το μηχανισμό γένεσης και διατήρησης των μορφών αυτών. Όλες θεωρούν σαν κύρια αιτία σχηματισμού τους τον κυματισμό. Πιστεύεται ότι η δημιουργία τους ευνοείται από κύματα των οποίων οι κορυφές είναι παράλληλες προς την ακτογραμμή. Αντίθετα η επιμήκης παράκτια μεταφορά ιζήματος, που οφείλεται στην υπό γωνία προσέγγιση των κυμάτων, καταστρέφει τα beach cusps. Στην αρχή παραμορφώνεται το αρχικό τους σχήμα και αποκτούν μια ασύμμετρη όψη ώσπου τελικά να παρασυσρθούν πλήρως και να εξαφανιστούν. Αν η επιμήκης παράκτια μεταφορά ιζήματος δεν είναι πολύ ισχυρή, τα beach cusps είναι δυνατό να διατηρηθούν για χρονικό διάστημα μερικών ωρών ή και αρκετών ημερών.



Σχήμα 8.4 Διεργασία σχηματισμού των ημισεληνοειδών αμμωδών ή χαλικωδών σχηματισμών (beach cusps). (τροποποιημένο από Pethic, 1984)

8.4.3 Αμμορρυτίδες (ripple marks)

Οι αμμορρυτίδες (ripple marks) είναι αμμώδεις συγκεντρώσεις κυματοειδούς μορφής, που παρατηρούνται στους πυθμένες αβαθών αλλά και σχετικά μεγάλου βάθους θαλασσών και λιμνών, στις κοίτες των ποταμών και στην επιφάνεια των θινών. Δημιουργούνται από την ταλάντωση των κόκκων της άμμου, εξαιτίας της κίνησης του νερού από την επίδραση του κυματισμού ή των παράκτιων ρευμάτων (φωτο 8.21). Εμφανίζονται σε ακτές με μεγάλη αφθονία λεπτόκοκκου αμμώδους υλικού, όπου η κλίση της παραλιακής ζώνης είναι μικρή ώστε να μην καταστρέφονται από τη δύναμη του κύματος που προσπίπτει και του κυματισμού επιστροφής. Εκτός από τις κυματογενείς υπάρχουν και οι αμμορρυτίδες ρευματογενούς προέλευσης (current ripples). Αυτές μπορεί να σχηματίζονται από την αλληλεπίδραση της άμμου με το παράκτιο ρεύμα σε ένα απόλυτα ήρεμο, από πλευράς κυματισμού, θαλάσσιο περιβάλλον.

Μορφολογικά διακρίνονται δύο τύποι αμμορρυτίδων: οι "μοναχικές", στις οποίες οι κοιλιές που παρεμ-

βάλλονται μεταξύ των κορυφών είναι σχετικά επίπεδες και οι "τροχοειδείς" αμμορρυτίδες, που οι κοιλιές είναι κοίλες. Έχει διαπιστωθεί ότι το μέγεθος των αμμορρυτίδων σχετίζεται άμεσα με τα χαρακτηριστικά του κύματος αλλά και με το μέγεθος των κόκκων της άμμου. Οι μεγαλύτερες αμμορρυτίδες σχηματίζονται σε χονδρόκοκκη άμμο ενώ οι μικρότερες σε λεπτόκοκκη. Περισσότερο λεπτομερή ιζήματα όπως ιλύς, πηλός ή άργιλος δε σχηματίζουν τέτοιες μορφές.

Η παλαιογεωγραφική σημασία των αμμορρυτίδων είναι μεγάλη διότι πρόκειται για ιζηματογενείς μορφές που αναπτύσσονται στον πυθμένα τόσο αβαθών, όσο και βαθιών θαλασσών και μπορούν να βρεθούν καλά διατηρημένες στο πέρασμα του γεωλογικού χρόνου (φωτο 8.22, 8.23). Μπορούν συνεπώς, εάν βρεθούν απολιθωμένες, να χρησιμοποιηθούν σαν ενδείξεις του είδους και της φύσης της κίνησης του νερού την περίοδο του σχηματισμού τους συμβάλλοντας στην αναπαράσταση του παλαιο-περιβάλλοντος απόθεσης.



(α)



(γ)



(β)



(δ)

Φωτο 8.21 Αμμορρυτίδες (ripple marks) διαφόρων διαστάσεων σε αιγιαλούς (α) της Σίφνου, (β) της Λακωνίας, (γ) της Πιερίας και (δ) του δέλτα του ποταμού Μόρνου, Στερεά Ελλάδα.



Φωτο 8.22 Απολιθωμένες αμμορρυτίδες (ripple marks) σε παλαιά κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα στην περιοχή της Αιτωλοακαρνανίας.



Φωτο 8.23 Πολύ καλά διατηρημένες απολιθωμένες αμμορρυτίδες (ripple marks) σε ηφαιστειακά ιζήματα Πλειστοκαινικής ηλικίας στις όχθες της λίμνης Colongulac, Victoria, Australia.