

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
& ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επικαιροποίηση γνώσεων θεμάτων
συσχετιζόμενων με Φυσικές Καταστροφές και
διαχείριση Φυσικών Κινδύνων

Πλημμύρες, Ατμοσφαιρικές Καταστροφές,
Παράκτιες Καταστροφές

Κοσμαδάκη Γεωργία

Επιβλέπων καθηγητής

Ηλίας Παπαδόπουλος

ΧΑΝΙΑ 2014

TECHNOLOGICAL EDUCATIONAL INSTITUTE OF CRETE



BRANCH OF CHANIA



DEPT OF ENVIRONMENTAL & NATURAL
RESOURCES ENGINEERING

SECTION OF WATER RESOURCES & GEOENVIRONMENT
LAB OF GEOPHYSICS & SEISMOLOGY

Pre-Graduate Dissertation

An Update on Knowledge regarding Natural Disasters and
administration of Natural Risks – Floods, Atmospheric Disasters.
Coastal Disasters

Kosmadaki Georgia

Supervisor

Dr. Ilias Papadopoulos

CHANIA 2014

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή αποτελεί μια επικαιροποίηση γνώσεων σχετιζόμενες με Φυσικές Καταστροφές και τη Διαχείριση Φυσικών Κινδύνων. Έναυσμα για την υλοποίηση της αποτέλεσε η ελλιπής βιβλιογραφία στην Ελληνική γλώσσα σε θέματα σχετικά με την διαχείριση Φυσικών Κινδύνων με εφαρμογή μοντέρνων μεθόδων. Η παρούσα πτυχιακή αναλύει τις μεθόδους αντιμετώπισης φυσικών καταστροφών στο τέλος του 20^{ου} αιώνα, μαζί με μια σύντομη ανάλυση της φυσικής διαδικασίας εξέλιξης των φυσικών φαινομένων που απαρτίζουν κάποιες από τις φυσικές καταστροφές. Στην παρούσα πτυχιακή αναλύονται οι πλημμύρες, οι ατμοσφαιρικές καταστροφές και οι παράκτιες καταστροφές.

Abstract

This pre-graduate thesis is dealing with an update in knowledge regarding Natural Disasters and the management of Natural Risks. The initiation was the lack of literature in Greek language regarding management of Natural Risks and the know-how using modern techniques and methods. This thesis analyzes the methods used to manage Natural Risks at the dusk of 20th century, along with a short analysis of the physical process of natural phenomena causing Natural Risks. In this thesis the phenomena of Floods, Atmospheric Disasters and Coastal Disasters are being analyzed.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 -2-

Εισαγωγή -2

- 1.1. Εισαγωγή στις Παράκτιες Διαδικασίες -5-
- 1.2. Τροπικοί Κυκλώνες -12-
- 1.3. Τσουνάμι -14-
- 1.4. Γεωγραφικές Περιοχές σε κίνδυνο από Παράκτιες Καταστροφές –16-
- 1.5. Επιπτώσεις των Παράκτιων Διεργασιών – 19-
- 1.6. Σύνδεση μεταξύ παράκτιων διεργασιών και άλλων φυσικών απειλών –25-
- 1.7. Οι φυσικές λειτουργίες των παράκτιων διεργασιών -26-
- 1.8. Ανθρώπινη αλληλεπίδραση με τις παράκτιες διεργασίες – 26-
- 1.9. Ελαχιστοποιώντας τις επιπτώσεις των παράκτιων απειλών – 28-

Κεφάλαιο 2

- 2.1. Ποτάμια-Εισαγωγή -35-
- 2.2. Ιστορίες Επιζώντων -43-
- 2.3. Γεωγραφικές περιοχές με κίνδυνο για πλημμύρα -46-
- 2.4. Φυσικές Χρήσιμες Λειτουργίες -48-
- 2.5. Η ανθρώπινη αλληλεπίδραση με την πλημμύρα –52-
- 2.6. Ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο της πλημμύρας -56-
- 2.7. Αντίληψη και προσαρμογή του κινδύνου της πλημμύρας -64-
- 2.8. Επαγγελματικό Προφίλ -69-

Παράρτημα – 72-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο εστιάζουμε σε ένα από τα πιο δυναμικά περιβάλλοντα στη Γη – την ακτή, όπου η θάλασσα συναντά την ξηρά. Παραλίες που αποτελούνται από άμμο ή βότσαλα και βραχώδεις ακτογραμμές συνεχίζουν να έλκουν τουρίστες όπως λίγες άλλες περιοχές, αλλά οι περισσότεροι από μας έχουμε μια ασαφή εικόνα του πως τα θαλάσσια κύματα σχηματίζουν και αλλάζουν τις ακτογραμμές. Ένας σημαντικός στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι να εξιχνιάσουμε το μυστήριο της διεργασίας του έργου στις παράκτιες περιοχές ενώ διατηρείται το θαύμα. Ακόμη, ψάχνουμε να εξηγήσουμε τους κινδύνους που προκύπτουν από τον άνεμο και τα κύματα και πως μπορούμε να μάθουμε να ζούμε στο πάντοτε μεταλλασσόμενο παράκτιο περιβάλλον ενώ αυτό διατηρεί την ομορφιά του. Οι στόχοι σας διαβάζοντας αυτό το κεφάλαιο θα είναι να

- Κατανοήσετε τις παράκτιες διεργασίες όπως τα κύματα, τους σχηματισμούς των ακτών και τις διεργασίες των ακτών
- Να κατανοήσετε τους παράκτιους κινδύνους όπως οι τυφώνες, τα παλιρροιακά ρεύματα, τα τσουνάμι και η διάβρωση
- Να ξέρετε ποιες γεωγραφικές περιοχές κινδυνεύουν από παράκτιες καταστροφές
- Να κατανοήσετε τις επιδράσεις των παράκτιων διεργασιών όπως τα παλιρροιακά κύματα, πλημμύρες και παράκτια διάβρωση
- Να αναγνωρίζετε τις συνδέσεις μεταξύ των παράκτιων διεργασιών και άλλων φυσικών καταστροφών
- Να ξέρετε τα οφέλη που προέρχονται από τις παράκτιες διεργασίες
- Να κατανοήσετε πως η ανθρώπινη παρέμβαση στην παράκτια ζώνη επηρεάζει τις παράκτιες διεργασίες
- Να ξέρετε τι μπορούμε να κάνουμε για να ελαχιστοποιήσουμε την παράκτια διάβρωση
- Να καταλάβετε τις ρυθμίσεις που πρέπει να γίνουν για να αποφύγουμε τη ζημιά από την παράκτια διάβρωση και ζημιές ή τραυματισμούς από τυφώνες και τσουνάμι.

ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ

Ο τυφώνας Ivan

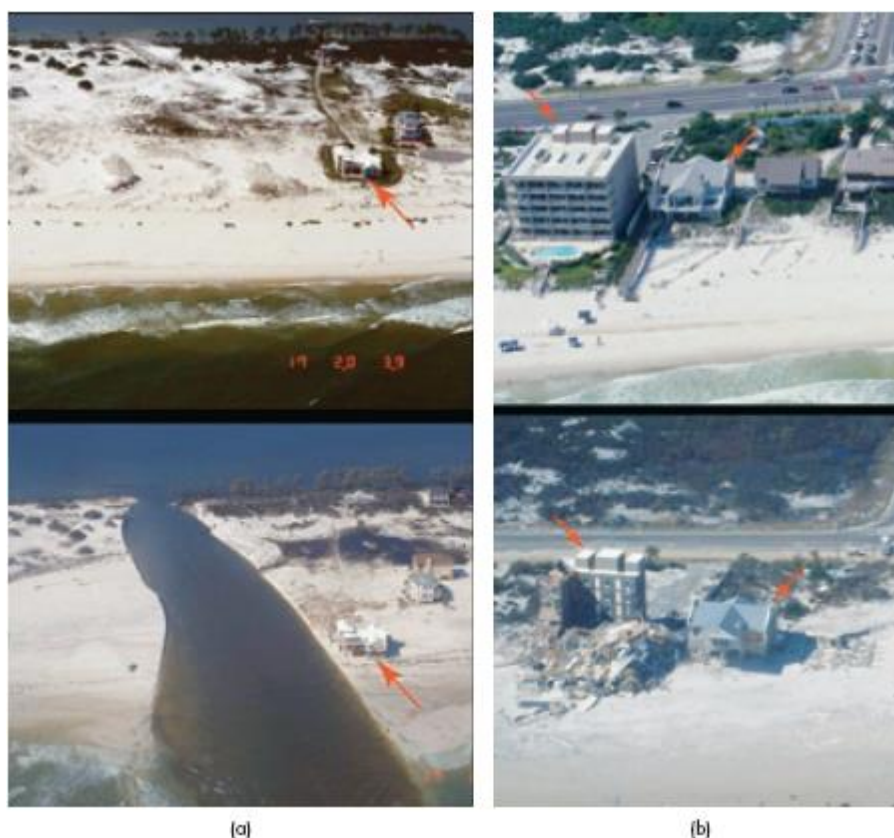
Τον Αύγουστο και το Σεπτέμβριο του 2004 για μια περίοδο έξι εβδομάδων τέσσερις από τους μεγαλύτερους τυφώνες – οι Charley, Frances, Ivan και Jeanne – ρήμαξαν τις ακτές και το εσωτερικό της Φλόριντα και έβρεξαν μεγάλο μέρος των ανατολικών ΗΠΑ. Μόνο στη Φλόριντα, οι καταιγίδες σκότωσαν τουλάχιστον 117 άτομα και κατέστρεψαν περισσότερα από 25,000 σπίτια. Έχει περάσει ένας αιώνας από την τελευταία φορά που τέσσερις τυφώνες χτύπησαν μια πολιτεία μέσα σε ένα χρόνο. Δεκατέσσερις πολιτείες, το Πουέρτο Ρίκο και οι Παρθένοι Νήσοι συγκέντρωσαν ομοσπονδιακές δηλώσεις για τις καταστροφές που προκάλεσαν μία ή περισσότερες από αυτές τις καταιγίδες.

Ο τυφώνας Ivan, η πιο ισχυρή από αυτές τις καταιγίδες, είχε προέλευση ως μια τροπική, χαμηλής πίεσης περιοχή που απομακρυνόταν από τη δυτική ακτή της Αφρικής. Μέχρι τη στιγμή που έφτασε τα νησιά Windward στην Καραϊβική, μια εβδομάδα αργότερα, είχε γίνει τυφώνας κατηγορίας 3. Ένας τυφώνας προσδιορίζεται από μια κατηγορία που βασίζεται στην δύναμη του ανέμου που διατηρεί. Η κατηγορία 1 έχει ους ασθενέστερους ανέμους και η κατηγορία 5 τους ισχυρότερους (Πίνακας 1.1). Η Γρενάδα, ένα νησί 240 km (150 mi.) βόρεια από τη Νότια Αμερική, χτυπήθηκε απευθείας με ανέμους πάνω των 210 km (130 mi.) την ώρα που κατέστρεψαν το 90 τοις εκατό των κατασκευών στο νησί.

Η καταιγίδα διέσχισε την Καραϊβική περνώντας νότια της Τζαμάικα, η οποία βίωσε ανέμους ταχύτητας 225 km (140 mi.) την ώρα και σφοδρές πλημμύρες. Ο Ivan τότε εντάθηκε σε τυφώνα κατηγορίας 5, τη μεγαλύτερη ένταση τυφώνα, καθώς πλησίαζε τα νησιά Καϋμάν, όπου και προξένησε εκτεταμένες ζημιές. Τουλάχιστον 73 άτομα πέθαναν από τον τυφώνα Ivan στα νησιά της Καραϊβικής και η καταστροφή εκτιμήθηκε γύρω στα 1.5 δις δολάρια.

Γυρίζοντας βόρεια, ο Ivan έγινε μια τεράστια καταιγίδα που κάλυψε ολόκληρο τον ανατολικό Κόλπο του Μεξικό. Συνέστησαν να εκκενωθεί οι περισσότερες βόρειες ακτές του Κόλπου, συμπεριλαμβανομένης και της Νέας Ορλεάνης. Ο τυφώνας Ivan προσέγγισε ξηρά νοτιοανατολικά της πόλης Mobile της Αλαμπάμα, ως τυφώνας κατηγορίας 3 με επικρατείς ανέμους των 210 km (130 mi.) την ώρα. Το νερό που είχε μεταφερθεί από την καταιγίδα δημιούργησε ένα μεγάλο κύμα καταιγίδας που πλημμύρισε τα νησιά και τις κατώτερες περιοχές των ακτών της Αλαμπάμα και της Φλόριντα με 3- 4 m (10-13 ft.) νερού (Σχήμα

1.1a). Μεγάλα κύματα καταιγίδας και αστραπιαία ρέοντα ύδατα παρέσυραν την άμμο από κάτω από πολλά πολυώροφα κτίρια, προκαλώντας την κατάρρευση τους. Τα κύματα και τα ορμητικά νερά έκοψαν την γέφυρα I-10 πάνω από τον κόλπο της Escambia κοντά στην Pensacola της Φλόριντα και κάλυψαν μεγάλες περιοχές με άμμο. Εκατοντάδες κατασκευές καταστράφηκαν από ανέμους ή πλημμύρες. Μετά που έπιασε στεριά, ο Ivan προκάλεσε πάνω από 100 ανεμοστρόβιλους στις νοτιοανατολικές και νότιες ΗΠΑ τόσο μακριά όσο το Μέριλαντ. Σε πολλές περιοχές η καταρρακτώδεις βροχές από τον Ivan έπεσε σε έδαφος ήδη πλημμυρισμένο από τον τυφώνα Frances μια εβδομάδα νωρίτερα. Αυτή η αλληλουχία είχε σαν αποτέλεσμα θανατηφόρες πλημμύρες και κατολισθήσεις στην Georgia, της δυτικής Βόρειας Καρολίνας, στη δυτική Βιρτζίνια, στο Οχάιο και την Πενσυλβανία (Σχήματα 1.10 και 1.11). Φτάνοντας τις Πολιτείες που βρίσκονται στη μέση του Ατλαντικού, η τροπική περιοχή καταιγίδα κατευθύνθηκε πίσω και νοτιοδυτικά και ξαναεμφανίστηκε στον κόλπο του Μεξικού μια εβδομάδα μετά που ο τυφώνας είχε φτάσει στην Αλαμπάμα. Έχει ειπωθεί στις ΗΠΑ πως ο τυφώνας Ivan προκάλεσε 50 θανάτους και (ασφαλισμένες) απώλειες άνω των 6 δις δολαρίων. Αυτό κάνει τον τυφώνα Ivan την πέμπτη πιο δαπανηρή φυσική καταστροφή στην ιστορία των ΗΠΑ.



ΕΙΚΟΝΑ 1.1 ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΟΥ ΤΥΦΩΝΑ IVAN (a) Το νησί Barrier καταπατημένο από ρεύματα καταιγίδας στην παραλία Pine στην Αλαμπάμα. Η περιοχή είναι κοντά εκεί που το μάτι του τυφώνα ήταν 3 μέτρα ψηλότερο από το κανονικό με το επίπεδο της θάλασσας. Η πάνω φωτογραφία είναι πριν και η κάτω μετά την καταιγίδα. Τα κόκκινα βέλη, ως σημείο αναφοράς δείχνουν ένα σπίτι. (b) Μεγάλα κύματα καθοδηγούμενα από ανέμους 210 χιλιομέτρων ανά ώρα διέβρωσαν αυτήν την παραλία στην Αλαμπάμα (Orange Beach). Η άνω φωτογραφία λήφθηκε πριν και η κάτω μετά την καταιγίδα. Η άμμος διαβρώθηκε κάτωθεν του πενταόροφου κτιρίου στα αριστερά και του σπιτιού στη μέση και είναι σηματοδομένο με ένα κόκκινο βέλος. Το κτίριο κατέρρευσε και το σπίτι καταστράφηκε. Μια τρίτη κατασκευή, ένα σπίτι στα δεξιά, καταστράφηκε εντελώς (Ιδιοκτησία του *U.S. Geological Survey Coastal and Marine Geology Program*).



1.1 Εισαγωγή στις Παράκτιες Διεργασίες

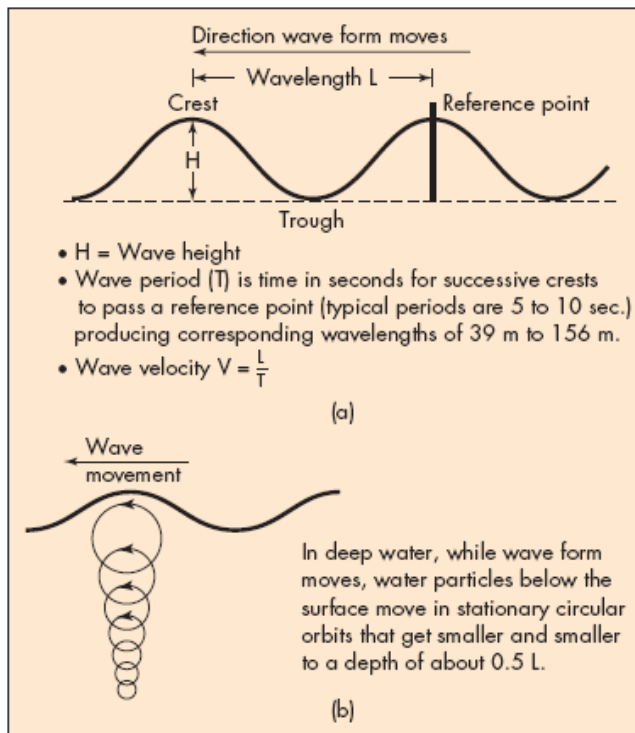
Κύματα

Τα κύματα που κτυπούν τις ακτές δημιουργούνται από παραθαλάσσιους ανέμους, που μερικές φορές βρίσκονται χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά από εκεί που τα κύματα φτάνουν την ακτογραμμή. Ο αέρας που φυσάει πάνω από το νερό παράγει τριβή κατά μήκος της επιφάνειας του. Επειδή ο αέρας κινείται πολύ ταχύτερα από το νερό, αυτός ο κινούμενος άνεμος μεταφέρει κάποια από την ενέργεια του στο νερό και παράγει κύματα. Τα κύματα με τη σειρά τους τελικά καταναλώνουν την ενέργεια τους στην ακτογραμμή. Τα κύματα διαφέρουν και στο μέγεθος και στο σχήμα τους. Το μέγεθος των κυμάτων στον ωκεανό ή σε μια λίμνη εξαρτάται από ένα συνδυασμό των παρακάτω:

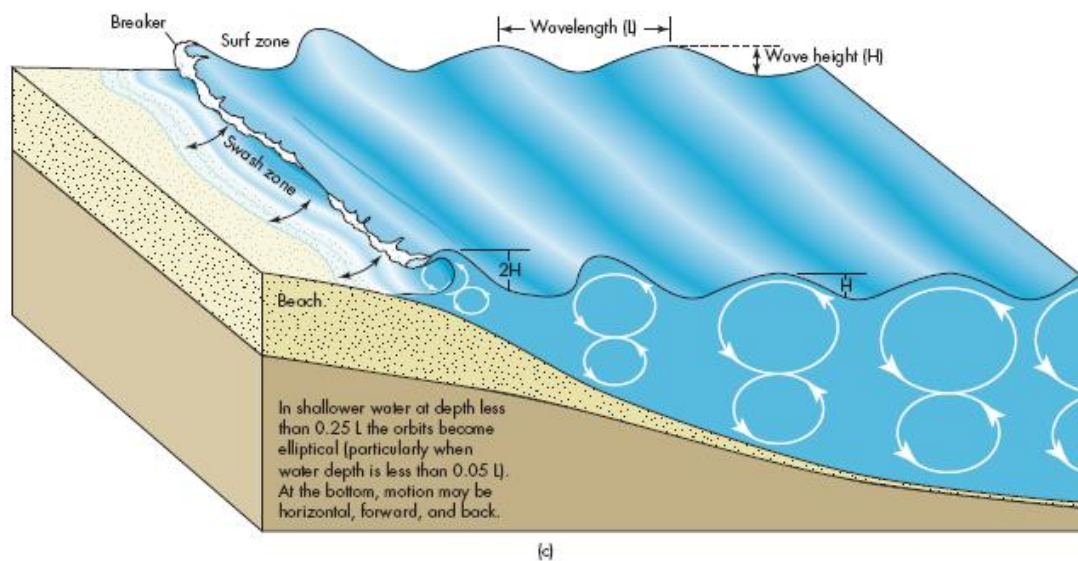
- Την ταχύτητα ή το ρυθμό ταχύτητας του ανέμου. Όσο πιο μεγάλη είναι η ταχύτητα, τόσο μεγαλύτερα είναι τα κύματα.
- Η διάρκεια του ανέμου. Οι άνεμοι που διαρκούν περισσότερο, όπως στις καταιγίδες, έχουν περισσότερο χρόνο να προσδώσουν ενέργεια στο νερό, παράγοντας έτσι μεγαλύτερα κύματα.
- Η απόσταση κατά μήκος της επιφάνειας του νερού όπου φυσάει ο άνεμος. Μεγαλύτερη απόσταση επιτρέπει να αναπτυχθούν μεγαλύτερα κύματα. Αυτή η σχέση είναι και ένας από τους λόγους όπου τα κύματα είναι μεγαλύτερα στον ωκεανό από ότι σε μια λίμνη.

Τα κύματα αναπτύσσονται σε ποίκιλλα μεγέθη και σχήματα μέσα σε μια περιοχή που βιώνει μια καταιγίδα. Καθώς τα κύματα απομακρύνονται από την περιοχή που δημιουργούνται, ταξινομούνται σε ομάδες όπου έχουν παρόμοια μεγέθη και σχήματα. Αυτά τα σύνολα μπορεί να ταξιδέψουν μακρινές αποστάσεις στον ωκεανό και να φτάσουν σε μακρινές ακτές με μικρή απώλεια ενέργειας. Αν σταθείτε σε μια παραλία να παρακολουθήσετε τους σέρφερ μπορεί να μπορέσετε να αναγνωρίσετε αυτές τις ομάδες όμοιων κυμάτων. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφορετικών ομάδων από διαφορετικές πηγές παράγουν ένα συμμετρικό μοτίβο. Πολύ σπάνια ένα κατά πολύ μεγαλύτερο κύμα θα φτάσει αναπάντεχα στην ακτή. Αυτού του είδους τα κύματα μπορεί να είναι πολύ επικίνδυνα (Δες Περίπτωση 1.1).

ΣΧΗΜΑ 1.2 ΚΥΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΙΕΣ



- (a) Σχηματισμός κύματος σε μεγάλο βάθος (το βάθος νερού είναι μεγαλύτερο από $0.5L$, όπου L είναι το μήκος κύματος). Η κυματιστή μαύρη γραμμή είναι η επιφάνεια του νερού και η έντονη κάθετη είναι μια βάση που μπορεί να λειτουργήσει ως σημείο αναφοράς για να καθορίσουμε την περίοδο του κύματος (T). Μια μαύρη διακοπτόμενη γραμμή είναι η γραμμή αναφοράς για να υπολογίσουμε το ύψος του κύματος (H). (b) Η κίνηση των σωματιδίων του νερού σε συνδυασμό με την κίνηση του κύματος σε μεγάλο βάθος. Τα μόρια του νερού ακολουθούν το μονοπάτι με τα βέλη στους μαύρους κύκλους. Η κίνηση των κυμάτων είναι από δεξιά προς τα αριστερά. (c) Κίνηση των σωματιδίων του νερού σε μικρό βάθος μικρότερο του $0.25L$. Τα μόρια του νερού ακολουθούν το μονοπάτι από τα βέλη στους άσπρους κύκλους. Τα μικρά μαύρα βέλη δείχνουν ότι το νερό στην παραλία κινείται πάνω και πίσω στην ζώνη παφλασμού, τα πολύ ρηχά νερά στην άκρη της ακτογραμμής. Τα κύματα προσεγγίζουν την ακτή από δεξιά προς τα αριστερά.



Τα κύματα που κινούνται σε μεγάλα βάθη έχουν ένα παρόμοιο βασικό σχήμα (Σχήμα 1.2a). Τρεις παράμετροι περιγράφουν το μέγεθος και την κίνηση ενός κύματος: το ύψος κύματος (H), το οποίο είναι η διαφορά ύψους μεταξύ του κοίλου και της κορυφής ενός κύματος, το μήκος κύματος (L), που είναι η απόσταση ανάμεσα σε δυο διαδοχικές κορυφές του κύματος και η περίοδος του κύματος (P), ο χρόνος

δηλαδή σε δευτερόλεπτα που δύο διαδοχικά κύματα περνούν από ένα σημείο αναφοράς. Ας θυμηθούμε επίσης ότι χρησιμοποιήσαμε το μήκος κύματος για να περιγράψουμε την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και το ύψος κύματος των σεισμικών κυμάτων σαν ένα δείκτη του μεγέθους του σεισμού. Το σημείο αναφοράς ήταν αυτό που καθόριζε ότι η περίοδος του κύματος θα μπορούσε να είναι μια προβλήτα ή ένα παρόμοιο αντικείμενο, αγκυροβολημένο στον βυθό μιας θάλασσας ή μιας λίμνης. Για να καταλάβουμε πως τα κύματα μεταδίδουν ενέργεια μέσω του νερού είναι χρήσιμο να μελετήσουμε την κίνηση ενός αντικειμένου πάνω στην επιφάνεια του νερού και ενός άλλου κάτω από αυτήν. Για παράδειγμα, εάν κολυμπούσαμε με τον κατάλληλο υποβρύχιο εξοπλισμό (πχ σκάφανδρο) σε μεγάλο βάθος, και μπορούσαμε να καταγράψουμε την κίνηση μας καθώς κύματα περνούν από την περιοχή μας, θα ανακαλύπαμε ότι, θα κινούμασταν πάνω, εμπρός, κάτω και πίσω σε μια κυκλική τροχιά που θα επέστρεφε πάντα στην ίδια θέση (Σχήμα 1.2b). Εάν βρισκόμασταν κάτω από την επιφάνεια του νερού με μια αναπνευστική συσκευή, θα κινούμασταν πάλι σε κύκλους, μικρότερους όμως αυτή τη φορά. Αυτό σημαίνει ότι θα κινούμασταν πάνω, εμπρός, κάτω και πίσω σε μια κυκλική τροχιά που θα παρέμενε στην ίδια θέση ενώ τα κύματα θα ταξίδευαν διαμέσου αυτής (Σχήμα 1.2b).

Το σχήμα των τροχιακών κινήσεων περιγράφει τις παραπάνω αλλαγές καθώς τα κύματα εισέρχονται σε ρηχά νερά. Σε βάθος περίπου λιγότερο από το μισό του μήκους κύματος τους τα κύματα αρχίζουν να εξασθενούν. Αυτή η έλλειψη χώρου αλλάζει τη κυκλική τροχιά των κυμάτων σε ελλειπτική. Η κίνηση στον πυθμένα μπορεί να γίνει τελικά μια πολύ κλειστή έλλειψη με μια μπρος-και-πίσω κίνηση η οποία είναι ουσιαστικά οριζόντια (Σχήμα 1.2c). Μπορεί να σας έχει συμβεί όταν έχετε σταθεί ή κολυμπάτε σε σχετικά ρηχά νερά σε μια παραλία και έχετε νιώσει το νερό να σας ωθεί σε προς την ακτή και έπειτα μακριά από αυτή.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1.1

ΦΟΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

Καθώς τα κύματα απομακρύνονται από την πηγή τους, ομαδοποιούνται σε ομάδες κυμάτων με παρόμοιο μέγεθος. Η άφιξη εναλλασσόμενων ομάδων από μικρά και μεγάλα κύματα παρατηρείται στις περισσότερες ακτογραμμές. Αυτό το μοτίβο τείνει να επαναλαμβάνεται στο χρόνο, επιτρέποντας στους σέρφερ να περιμένουν και να εκμεταλλεύονται τις ομάδες των μεγαλύτερων κυμάτων που τελικά θα εμφανιστούν. Περιστασιακά, ωστόσο, θα εμφανιστεί ένα κύμα που θα είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από τα υπόλοιπα. Ένα τέτοιο επικίνδυνο κύμα δημιουργείται από πολλούς παράγοντες. Τα περισσότερα φονικά κύματα σχηματίζονται από μια αφομοιωτική ανάμειξη. Σε αυτή τη διεργασία πολλαπλά ομοίου μεγέθους κύματα διασταυρώνονται για να δημιουργήσουν ένα κατά πολύ μεγαλύτερο κύμα. Εάν διασταυρωθούν με τέτοιο τρόπο, με τις κορυφές τους και τα κοίλα τους να ταιριάζουν, το νέο κύμα μπορεί να είναι τόσο ψηλό όσο το ύψος των διασταυρούμενων κυμάτων. Υποβρύχιες ανωμαλίες, όπως και ρεύματα, επίσης επηρεάζουν το σχηματισμό ενός τέτοιου κύματος. Τέτοια κύματα μπορεί να αποβούν πολύ επικίνδυνα για κάποιον ανυποψίαστο λουόμενο. Όταν τέτοια φονικά κύματα χτυπούν την ακτή, μπορεί να χαθούν ανθρώπινες ζωές. Τέτοια κύματα μπορεί να εμφανιστούν από το πουθενά, να κατεδαφίσουν μια προβλήτα ή ένα λόφο και να παρασύρουν ανυποψίαστους ανθρώπους. Δυστυχώς κάθε καλοκαίρι αυτό είναι ένα γεγονός και οι παράκτιες ζώνες δεν είναι οι μόνες επικίνδυνες περιοχές. Φονικά κύματα μπορεί να εμφανιστούν από το πουθενά σε ανοιχτή θάλασσα – στη μέση εκατοντάδων χιλιομέτρων νηνεμίας (Σχήμα 2.A). Τέτοια κύματα μπορεί να ξεσπάσουν και να είναι τόσο μεγάλα ώστε να απειλήσουν πλοία. Σε θυελλώδεις θάλασσες, όπου τα περισσότερα κύματα είναι μεγάλα, μπορεί να φτάσουν τα 30 μέτρα σε ύψος. Μια αρχική μελέτη τριών εβδομάδων δεδομένων ενός παγκόσμιου δορυφόρου βρήκε 10 φονικά κύματα στους ωκεανούς που ήταν ψηλότερα από 25 μέτρα. Αυτή η πληροφορία είναι βασική για τη ναυπηγική γιατί τα περισσότερα κύματα σχεδιάζονται να αντέχουν κύματα 15μέτρων. Τεράστια φονικά κύματα ήταν συχνό φαινόμενο τον Οκτώβριο του '91 και έχουν περιγραφεί και σε βιβλίο και ταινία, τα οποία βύθισαν το πλοίο της Andrea Gail, σκοτώνοντας και τα έξι μέλη του πληρώματος.



ΕΙΚΟΝΑ 1.Α ΦΟΝΙΚΟ ΚΥΜΑ Αυτό το τεράστιο κύμα πλησιάζει την πλώρη του JOIDES Resolution, επιστημονικά εξοπλισμένου πλοίου του Προγράμματος Ocean Drilling. Γνωστά ως φονικά κύματα, αυτά τα τεράστια κύματα έχουν βυθίσει μεγάλα τάνκερ και φορτηγά πλοία. Τον Απρίλιο του 2005, ένα κύμα 20 μέτρων χτύπησε το κρουαζιερόπλοιο Norwegian Dawn περίπου 400 χιλιόμετρα μακριά από την ακτή της Georgia.

Ανοιχτά στη θάλασσα οι ομάδες κυμάτων που δημιουργούνται από τις καταιγίδες ονομάζονται φουσκοθαλασσιά ή μπότζι. Καθώς η φουσκοθαλασσιά εισέρχεται σε ολοένα ρηχότερα νερά, γίνονται τέτοιες μετατροπές όπου τελικά τα κύματα γίνονται ασταθή και ξεσπούν στη στεριά. Σε συνθήκες μεγάλου βάθους, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μαθηματικές εξισώσεις για να προβλέψουμε το ύψος του κύματος, την περίοδο και την ταχύτητα βασιζόμενοι στην απόσταση, την ταχύτητα του ανέμου και τη διάρκεια που φυσάει ο άνεμος πάνω από το νερό. Αυτή η πληροφορία έχει σημαντικές περιβαλλοντικές συνέπειες: Με το να προβλέψουμε την ταχύτητα και το ύψος των κυμάτων που δημιουργούνται από μια μακρινή καταιγίδα, μπορούμε να εκτιμήσουμε πότε τα κύματα που προέρχονται από αυτήν θα χτυπήσουν την ακτή. Έχουμε πει πως τα κύματα καταναλώνουν την ενέργεια τους όταν φτάνουν την ακτή, αλλά πόση ενέργεια εννοούμε; Αυτή η ποσότητα είναι εκπληκτικά μεγάλη. Για παράδειγμα, η ενέργεια που καταναλώνεται σε μια ανοιχτή ακτογραμμή 400 χιλιομέτρων από κύματα ύψους άνω του 1 μέτρου για μια δεδομένη χρονική περίοδο είναι περίπου ισοδύναμη με την ενέργεια που παράγεται από ένα μέσο πυρηνικό εργοστάσιο στο ίδιο χρονικό διάστημα. Η ενέργεια του κύματος είναι ανάλογη με το τετράγωνο του ύψους κύματος. Έτσι, εάν το ύψος κύματος διπλασιαστεί, η ενέργεια του τετραπλασιάζεται. Εάν το κύμα υψωθεί κατά 5 μέτρα, που είναι τυπικό σε μεγάλες καταιγίδες, τότε η ενέργεια που καταναλώνεται, ή η ισχύς του κύματος, θα εικοσιπενταπλασιαστεί σε σχέση με αυτή του κύματος ύψους 1 μέτρου. Όταν τα κύματα εισέλθουν σε παράκτια ζώνη και ρηχά νερά, το σχήμα και η κίνηση τους αλλάζει, το μήκος κύματος και η ταχύτητα ελαττώνονται, το ύψος κύματος αυξάνεται και μόνο η περίοδος του κύματος παραμένει σταθερή. Τα κύματα αλλάζουν σχήμα και από στρογγυλές κορυφές και κοίλα που έχουν σε βαθιά νερά αποκτούν αιχμηρές κορυφές με σχετικά επίπεδα κοίλα όταν βρίσκονται κοντά στην ακτή. Ίσως το πιο αισθητό χαρακτηριστικό των κυμάτων που εισέρχονται σε ρηχά νερά είναι η απότομη αύξηση τους σε ύψος. Καθώς τα κύματα πλησιάζουν το σημείο που θα ξεσπάσουν σε ρηχά νερά, το ύψος κύματος μπορεί να αυξηθεί στο διπλάσιο από το βάθος του νερού (Σχήμα 1.2C). Τα κύματα πέφτουν ή ξεσπάνε προς την παραλία γιατί η κορυφή του κύματος συνεχίζει να κινείται προς τα εμπρός καθώς το κατώτερο μέρος του κύματος επιβραδύνεται. Το κατώτερο μέρος του κύματος μειώνει ταχύτητα λόγω της τριβής με το βυθό της θάλασσας ή τον πυθμένα της λίμνης.

Μεταβολές κατά μήκος μιας ακτογραμμής Παρόλο που το ύψος των κυμάτων μακριά από την ακτή είναι σχετικά σταθερό, το ύψος κατά μήκος μιας ακτής μπορεί να αυξηθεί ή να μειωθεί καθώς τα κύματα πλησιάζουν την ακτή. Αυτές οι μεταβολές προκαλούνται από ανωμαλίες στην παραθαλάσσια τοπογραφία και από αλλαγές στο σχήμα της ακτογραμμής. Ένας τρόπος να κατανοήσουμε τις μεταβολές στο ύψος του κύματος είναι να εξετάσουμε τη συμπεριφορά της μακρίας, συνεχούς κορυφής ενός μεμονωμένου κύματος, ή μέτωπο του κύματος, καθώς πλησιάζει μια ανώμαλα σχηματισμένη ακτογραμμή (Σχήμα 1.3a).

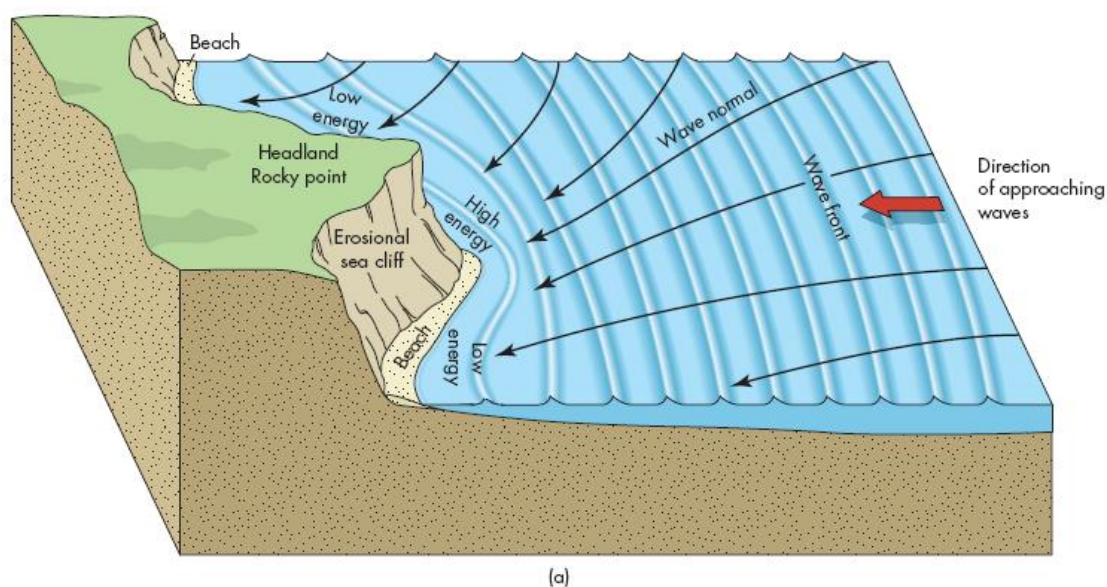
Οι ακανόνιστες ακτογραμμές έχουν μικρές βραχώδεις χερσονήσους γνωστές ως *ακρωτήρια*. Η ακτογραμμή μεταξύ των ακρωτηρίων μπορεί να είναι σχετικά ίσια ή κάπως καμπυλωτή. Κάτω από το νερό, η παραθαλάσσια τοπογραφία που περικυκλώνει τη χερσόνησο είναι παρόμοια με αυτή της υπόλοιπης ακτής, η οποία είναι, το νερό να γίνεται σταδιακά ολοένα και πιο ρηχό κοντινότερα στην ακτή. Αυτή η ρηχότητα σημαίνει ότι καθώς ένα κύμα πλησιάζει την ακτή αυτό αρχικά θα επιβραδύνει στα ρηχά νερά μακριά από την χερσόνησο. Η επιβράδυνση θα προκαλέσει σε ένα μακρύ μέτωπο να λυγίσει καθώς πλησιάζει ένα ακρωτήριο. Αυτή η κύρτωση, γνωστή ως *διάθλαση*, προκαλεί τα μέτωπα να κινούνται περισσότερο παράλληλα στην ακτογραμμή.

Επιπτώσεις της Διάθλασης κύματος Για να οπτικοποιήσουμε τις συνέπειες της διάθλασης ενός κύματος, ζωγραφίζουμε μια σειρά από φανταστικές γραμμές, κάθετα στα μέτωπα και προσθέτουμε βέλη με φορά την ακτογραμμή. Το τελικό διάγραμμα (Σχήμα 1.3a) δείχνει ότι η διάθλαση προκαλεί μια σύγκλιση των γραμμών προς το ακρωτήριο και μια απόκλιση αυτών κατά μήκος της ακτογραμμής μακριά από το ακρωτήριο. Όπου αυτές οι γραμμές συγκλίνουν, το ύψος κύματος και η ενέργεια που καταναλώνεται από τα κύματα αυξάνονται. Έτσι, τα μεγαλύτερα κύματα κατά μήκος μιας ακτογραμμής βρίσκονται γενικότερα στην άκρη ενός βραχώδους ακρωτηρίου (Σχήμα 1.3b). Η μακροπρόθεσμη επίδραση της μεγαλύτερης δαπάνης ενέργειας σε προεξέχουσες περιοχές, όπως ακρωτήρια, είναι ότι η διάβρωση από το νερό τείνει να ισιώσει την ακτογραμμή.

Θραύση των κυμάτων Τα κύματα ποικίλλουν στο πως ξεσπούν κατά μήκος μιας ακτογραμμής. Μπορεί να κορυφώνονται γρήγορα και να βυθίζονται ή να φουσκώνουν, ή απλά να ξεχύνονται απαλά, που εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες. Τα κύματα που βυθίζονται τυπικά σχηματίζονται σε απόκρημνες παραλίες και τείνουν να είναι περισσότερο αποσπασματικά (Σχήμα 1.4a). Τα κύματα που ξεχύνονται συνήθως σχηματίζονται σε πλατιές, σχεδόν επίπεδες παραλίες και είναι περισσότερο πιθανόν να εναποθέσουν άμμο (Σχήμα 1.4b). Το είδος της θραύσης που συμβαίνει κατά μήκος μιας ακτογραμμής μπορεί να αλλάξει εποχιακά, με αλλαγές στην υποβρύχια κλίση και τοπογραφία. Γενικά, τα μεγάλα κύματα που σχηματίζονται ως αποτέλεσμα μιας καταιγίδας είναι αυτά που προκαλούν την περισσότερη από την παράκτια διάβρωση.

Ο Σχηματισμός των Ακτών και οι Διεργασίες

Μια ακτή είναι ένα γνώρισμα του εδάφους που αποτελείται από χαλαρή ύλη, όπως άμμος και βότσαλο, τα οποία έχουν συσσωρευτεί από την δράση των κυμάτων στην ακτογραμμή. Για παράδειγμα, το χρώμα και η σύνθεση της άμμου εξαρτάται ολοκληρωτικά από την πηγή της: Πολλές από τις κατάλευκες παραλίες του Ειρηνικού ωκεανού είναι φτιαγμένες από σπασμένα κομμάτια κοχυλιών και κοραλλιών, οι μαύρες παραλίες της Χαβάης αποτελούνται από θραύσματα ηφαιστειακού βράχου, και οι καφέ παραλίες της Καρολίνας περιέχουν κόκκους των ορυκτών χαλαζία και άστριου.

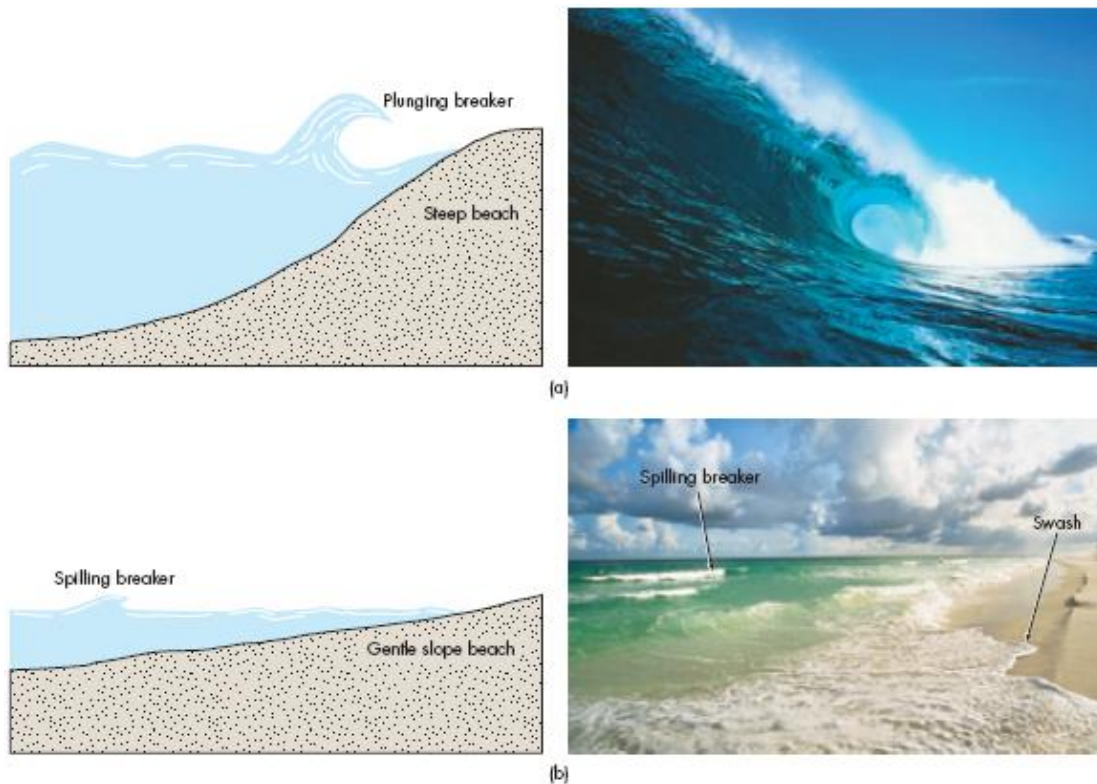




(b)

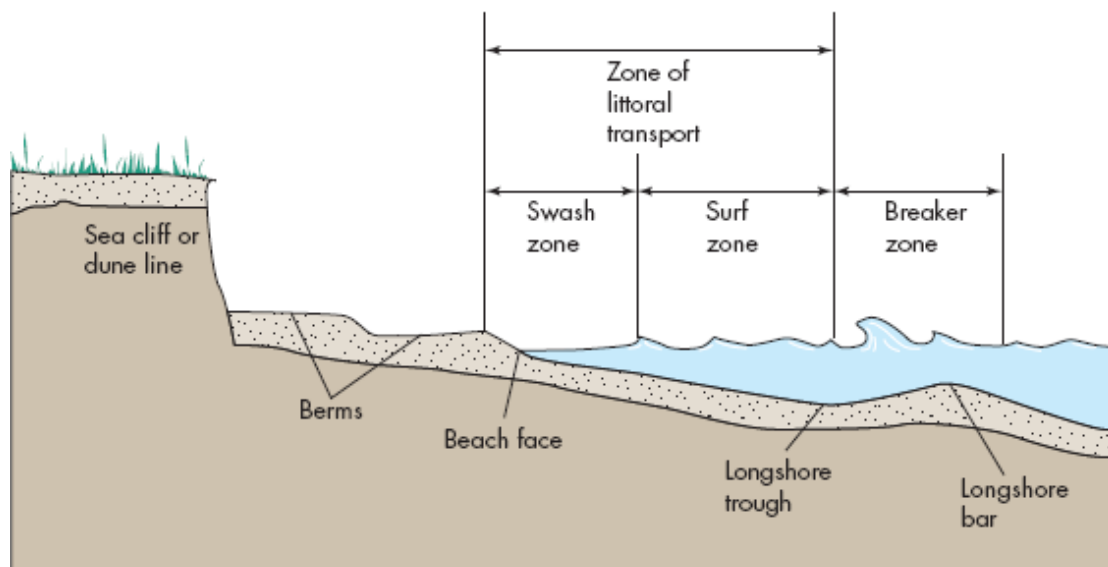
ΣΧΗΜΑ 1.3 ΣΥΓΚΛΙΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (α) Ιδανικό διάγραμμα της διαδικασίας της διάθλασης του κύματος και της συγκέντρωσης της ενέργειας του σε βραχώδη σημεία που λέμε ακρωτήρια. Η διάθλαση, ή κάμψη των μετώπων των κυμάτων, προκαλεί την σύγκλιση των κυματικών γραμμών στο ακρωτήριο και την απόκλιση τους σε περιοχές χαμηλής ενέργειας κατά μήκος της ακτής μακριά από το ακρωτήριο. Οι κυματικές γραμμές είναι τα νοητά καμπυλωτά μαύρα βέλη. Το κόκκινο βέλος δείχνει ότι τα κύματα προσεγγίζουν την ακτή από δεξιά προς τα αριστερά. (b) Μεγάλα κύματα που χτυπούν ένα βραχώδες ακρωτήριο κατά μήκος του Ειρηνικού Ωκεανού στην παραλία Pebble της Πολιτείας Σαν Ματέο της Καλιφόρνια (*Robert H. Blodgett*)

Οι Παραλίες Οι παραλίες έχουν ένα αριθμό χαρακτηριστικών και προς και από την ακτογραμμή (Σχήμα 1.5). Προς την ακτή, η έκταση της παραλίας είναι γενικά είτε μια απότομη πλευρά βράχου ή πλαγιά με απότομη κλίση κατά μήκος της ακτής μιας λίμνης, είτε μια γραμμή αμμόλοφων ή μόνιμης βλάστησης. Τέτοιοι θαλάσσιοι γκρεμοί και όρμοι αναπτύχθηκαν από την αποσάθρωση βράχων ή αχώνευτης φερτής ύλης. Αντίθετα, οι αμμόλοφοι δημιουργήθηκαν από την απόθεση άμμου που έχει παρασυρθεί από τον άνεμο. Οι περισσότερες παραλίες μπορούν να διαιρεθούν σε δύο περιοχές, μια όπου η επιφάνεια προς τη στεριά λέγεται πρανές και μια όπου η επιφάνεια προς τη θάλασσα λέγεται ακτή (πλαζ). Τα πρανή είναι επίπεδες ενδότερες ζώνες ακτής που σχηματίστηκαν από απόθεση υλικών καθώς τα κύματα εφορμούν και ξοδεύουν το τελευταίο μέρος της ενέργειας τους. Συνήθως βρίσκονται στις περιοχές όπου οι άνθρωποι κάνουν ηλιοθεραπεία. Οι παραλίες μπορεί να έχουν περισσότερα από ένα πρανές ή και καθόλου. Η ακτή ξεκινάει εκεί όπου η πλαγιά αλλάζει κατεύθυνση και παίρνει απότομη κλίση προς τη θάλασσα. Το κομμάτι της παραλίας που δέχεται το ξέσπασμα των κυμάτων λέγεται *ζώνη παφλασμού*. Αυτή η ζώνη μετατοπίζει την θέση της με αλλαγές της στάθμης του νερού που προκαλούνται από καταιγίδες ή από την παλίρροια (στις ακτές).



ΣΧΗΜΑ 1.4 ΤΥΠΟΙ ΚΥΜΑΤΩΝ Ιδανικό διάγραμμα και φωτογραφίες που δείχνουν (α) κύματα που ορμούν σε μια απότομη παραλία και (β) κύματα που ξεσπούν σε μια παραλία με ομαλή κλίση. ([a] Peter Cade/Getty Images, Inc.; [b] Penny Tweedie/Getty Images, Inc.)

Παραθαλάσσια Σε απόσταση από την παραλία και ακριβώς μετά από τη ζώνη παφλασμού βρίσκονται δυο ευδιάκριτες ζώνες, η ζώνη κυματωγής και η ζώνη που ξεσπάν τα κύματα (Σχήμα 1.5). Η ζώνη κυματωγής είναι αυτό το κομμάτι θαλάσσιου περιβάλλοντος κοντά στην ακτή όπου συνεχόμενα στροβιλώδη κύματα κινούνται προς την ακτή μετά το εισερχόμενο ξέσπασμα του κύματος. Μετά τη ζώνη κυματωγής είναι η ζώνη που ξεσπάν τα κύματα, η περιοχή όπου τα εισερχόμενα κύματα γίνονται ασταθή, κορυφώνονται και ξεσπούν. Αυτές οι συνθήκες στην επιφάνεια του νερού αντανακλώνται στην υποβρύχια τοπογραφία. Μια λωρίδα άμμου, σχηματίζεται κάτω από κάθε γραμμή κύματος στη ζώνη που ξεσπάν κύματα. Από μια τέτοια λωρίδα και προς την στεριά σχηματίζεται μια τράφος από τα κύματα και τα ρεύματα τους. Αμφότερα είναι παράλληλα προς το μήκος τους στα κύματα που ξεσπάνε. Πλατιές και με ομαλής κλίσεως παραλίες μπορούν να έχουν δεκάδες τέτοιες γραμμές και λωρίδες.



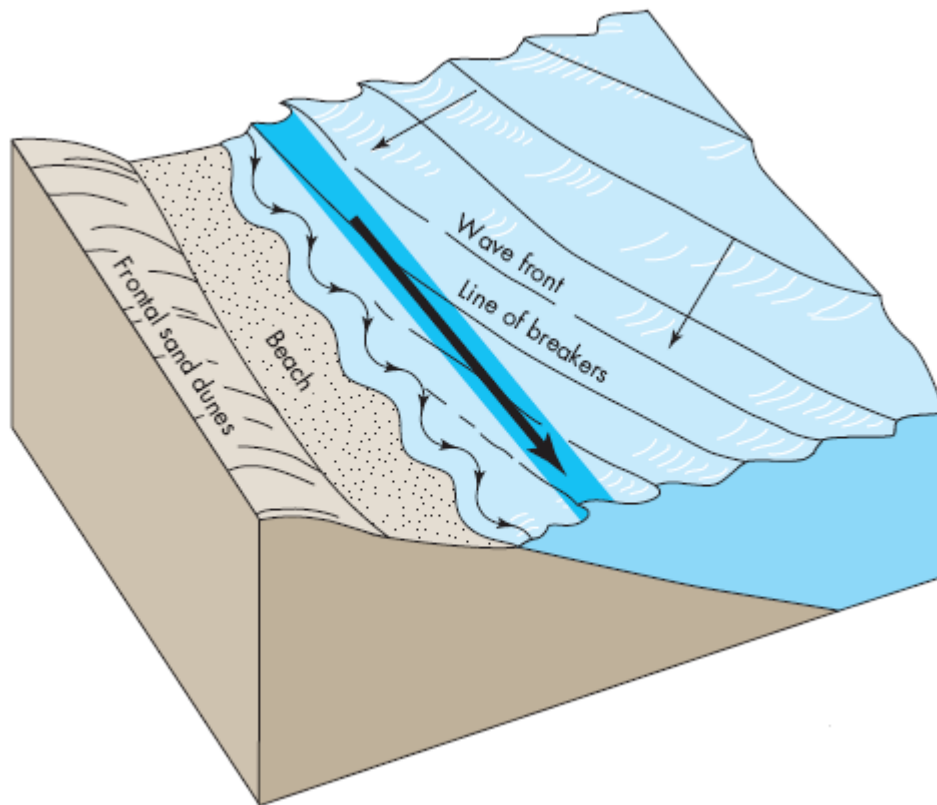
ΣΧΗΜΑ 1.5 ΟΡΟΛΟΓΙΕΣ Βασική ορολογία για εδαφικούς σχηματισμούς και κυματικής δραστηριότητας στην παραλία και στο περιβάλλον κοντά σε αυτήν. Ένας θαλάσσιος ύφαλος ή γραμμή από παράκτιους σωρούς άμμου στα αριστερά ορίζουν την έκταση προς τη στεριά. Δυο πρανή υποδεικνύονται πάνω στην άμμο, όπου το καθένα κλίνει ομαλά προς τους αμμόλοφους. Το πρόσωπο της θάλασσας, εκεί όπου η στεριά συναντά το νερό, κλίνει πιο έντονα προς αυτό. Μια λωρίδα άμμου και μια τράφος φαίνονται κάτω από το νερό και η λωρίδα σχηματίζει τη ζώνη που ξεσπούν τα κύματα. Αυτή η παράκτια ζώνη κίνησης περιλαμβάνει τη ζώνη παφλασμού και τη ζώνη κυματωγής.

Μεταφορά Άμμου Η άμμος στις παραλίες δεν είναι στατική και η κίνηση των κυμάτων συνεχώς κινεί την άμμο στις ζώνες κυματωγής και παφλασμού. Οι καταιγίδες διαβρώνουν την άμμο από την παραλία και την επανατοποθετούν είτε προς τη στεριά είτε σε απόσταση από την παραλία. Η περισσότερη από την άμμο που μετακινήθηκε μακριά κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας επιστρέφει στην παραλία σε συνθήκες καλοκαιρίας. Μια σημαντική μεταφορά άμμου συμβαίνει παράλληλα στην ακτογραμμή εξαιτίας των ζωνών κυματωγής και παφλασμού (Σχήμα 1.6). Αυτή η μετακίνηση περιλαμβάνει δύο διεργασίες κίνησης του νερού, κοντά και μακριά από την ακτή. Κοντά στην ακτή, η πάνω-και-κάτω κίνηση των φερτών υλών της παραλίας στη ζώνη παφλασμού προκαλεί την κίνηση του ιζήματος σε ένα μονοπάτι ζιγκ ζαγκ (Σχήμα 1.6). Μακριά από την ακτή, το ιζήμα κινείται από ρεύματα που ρέουν παράλληλα της ακτογραμμής (Σχήμα 1.6). Αυτά τα ρεύματα είναι ο κύριος μηχανισμός της παράκτιας μεταφοράς. Και οι δύο περιπτώσεις συμβαίνουν όταν τα κύματα χτυπούν την ακτή υπό γωνία (Σχήμα 1.6). Οι όροι *ανοδικό ρεύμα* και *καθοδικό ρεύμα* συχνά χρησιμοποιούνται για να επισημάνουν την κατεύθυνση στην οποία κινείται ή συσσωρεύεται το ιζήμα κατά μήκος της ακτής. Για παράδειγμα, το ανοδικό ρεύμα στο Σχήμα 1.6 είναι στο πάνω αριστερό μέρος του διαγράμματος. Η διεύθυνση της μεταφοράς κατά μήκος και των Ανατολικών και των Δυτικών ακτών των ΗΠΑ είναι περισσότερο συχνή προς το νότο, αν και μπορεί να ποικίλλει κατά πολύ.

1.2 ΤΡΟΠΙΚΟΙ ΚΥΚΛΩΝΕΣ

Ένας τροπικός κυκλώνας είναι ένας γενικός όρος για μεγάλα συμπλέγματα καταιγίδων που περιστρέφονται γύρω από μια περιοχή χαμηλής πίεσης που έχουν σχηματιστεί πάνω από θερμά τροπικά ή υποτροπικά ωκεάνια ύδατα. Αυτά τα συμπλέγματα ονομάζονται αναλόγως την ένταση και την τοποθεσία τους. Τροπικοί κυκλώνες χαμηλής έντασης ονομάζονται *τροπικές καταιγίδες*. Τα ονόματα που δίνονται στους κυκλώνες υψηλής έντασης ποικίλλουν περισσότερο. Στον Ινδικό Ωκεανό το περισσότερο τμήμα του Ειρηνικού μπορεί να ονομάζονται τυφώνες, τροπικοί κυκλώνες, ή κυκλώνες και στον Ατλαντικό

και βορειοανατολικό Ειρηνικό Ωκεανό είναι γνωστοί ως **τυφώνες**. Ο όρος τυφώνας χρησιμοποιείται για ένα τροπικό κυκλώνα υψηλής έντασης γιατί δίνουμε έμφαση σε κυκλώνες που επηρεάζουν τις ΗΠΑ και τον Καναδά και περιέχουν καταιγίδες που επηρεάζουν τη Χαβάη, το Πουέρτο Ρίκο και τις Παρθένους Νήσους.



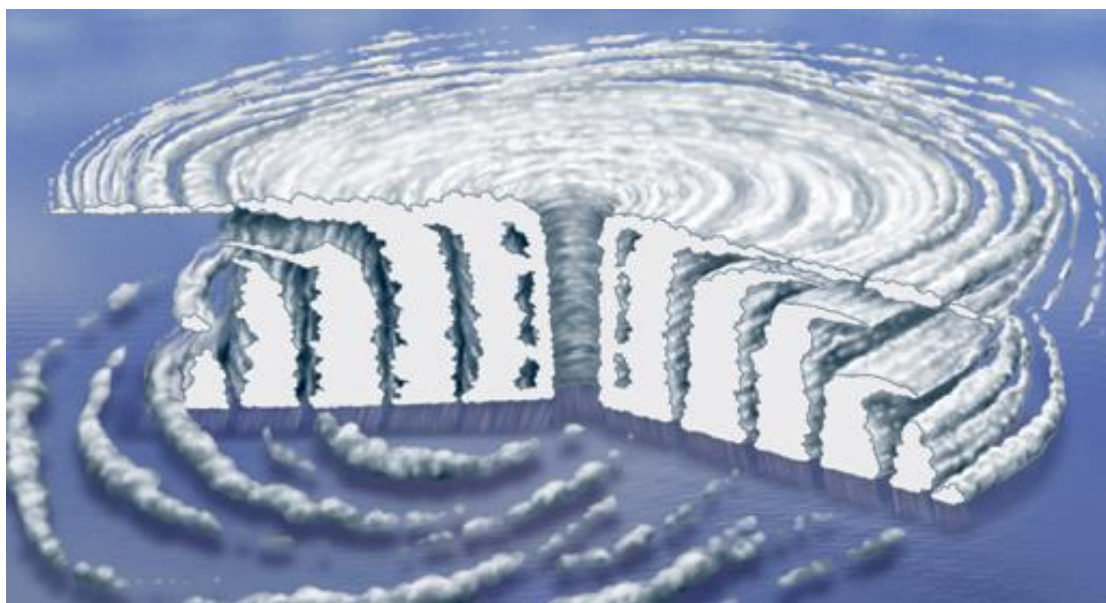
 Ζώνη κυματωγής
  Ζώνη παφλασμού

ΣΧΗΜΑ 1.6 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΙΖΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΜΙΑΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ Κυβικό διάγραμμα που αναπαριστά τις διεργασίες της κίνησης του νερού στην ακτή και παράκτια. Η διεύθυνση της κίνησης φαίνεται από την ίσια μαύρη γραμμή στη ζώνη κυματωγής. Συνολικά αυτά τα δύο είδη κίνησης μετακινούν άμμο κατά μήκος της ακτής. Τα λεπτά μαύρα βέλη δείχνουν ότι τα κύματα προσεγγίζουν την ακτή από άνω και δεξιά και κινούνται προς τα κάτω και αριστερά.

Σχηματισμός Θύελλας Για να ονομάσουμε <<θύελλα>> μια καταιγίδα, που είναι μια Ινδική λέξη της Καραϊβικής που σημαίνει <<διαβολικό πνεύμα και δυνατός άνεμος>>, μια καταιγίδα πρέπει να έχει διαρκείς ανέμους τουλάχιστον 119χλμ (74μιλ.) ανά ώρα κατά τη διάρκεια της. Οι θύελλες απαιτούν τεράστιες ποσότητες θερμότητας για να σχηματιστούν. Αποκτούν αυτήν την ενέργεια από τροπικά ή υποτροπικά ύδατα, που η θερμοκρασία στην επιφάνεια του είναι τουλάχιστον 80°F (26.5°C). Οι περισσότερες θύελλες ξεκινούν σαν μια *τροπική διαταραχή*, μια μεγάλη περιοχή άστατου καιρού που είναι τυπικά διαμέτρου 200 έως 600 χιλιόμετρα (120 έως 370 μίλια) και έχει ένα οργανωμένο σύνολο από καταιγίδες που επιμένουν για περισσότερο από 24 ώρες. Η ταραχή σχετίζεται με μια επιμήκη περιοχή που λέγεται *ζώνη χαμηλού βαρομετρικού*. Ο αέρας στην ανατάραξη έχει μια αδύναμη μερική περιστροφή που προκαλείται από το φαινόμενο Coriolis (φαινόμενο απώλειας ικανότητας προσανατολισμού). Καθώς οι άνεμοι αυξάνονται και ολοκληρώνουν την περιστροφή της περιοχής του άστατου καιρού, σχηματίζεται μια εστία χαμηλής πίεσης. Οι εστίες χαμηλής πίεσης είναι γενικά κυκλικές περιοχές με χαμηλότερη από την κανονική ατμοσφαιρική πίεση που συνήθως συσχετίζονται με νεφελώδη και βροχερό καιρό. Σε αυτό το σημείο η ανατάραξη κατατάσσεται σαν τροπικό βαθύ βαρομετρικό. Θερμός και υγρός αέρας έλκεται στην περιοχή αυτή και συμπεριφέρεται σαν ένα παγοδόμο που στροβιλίζεται και τραβάει τα χέρια του προς το σώμα του κι έτσι αυξάνει το

ρυθμό του στροβιλισμού του. Όταν οι ταχύτητες του ανέμου αυξάνονται στα 63 χιλ. (39 μιλ.) ανά ώρα, το βαθύ βαρομετρικό αναβαθμίζεται σε τροπική καταιγίδα και αποκτά ένα όνομα. Τότε μπορεί να αυξηθεί σε ένταση και να γίνει τυφώνας. Ωστόσο η πλειοψηφία των τροπικών καταιγίδων δεν κάνουν ποτέ την τελική μετάβαση σε τυφώνες.

Χαρακτηριστικά της Θύελλας Οι θύελλες βασίζονται σε μια ακριβή ομάδα προϋποθέσεων για να διατηρήσουν την ισχύ τους. Για παράδειγμα, αν διακοπεί η παροχή θερμού νερού, η καταιγίδα θα αποδυναμωθεί και θα σβήσει. Με αυτόν τον τρόπο οι θύελλες του Ατλαντικού αποδυναμώνονται καθώς κινούνται βόρεια πάνω από ψυχρά ύδατα ή μόλις χτυπήσουν στεριά. Ένας τυφώνας πρέπει να τροφοδοτηθεί από ένα παχύ στρώμα θερμού νερού και αν η καταιγίδα παραμένει στάσιμη για πολύ καιρό, όλο το διαθέσιμο θερμό νερό μπορεί να εξατμιστεί και να ξεσκεπάσει ψυχρότερο νερό στην επιφάνεια. Κατά την διάρκεια του τυφώνα, άνεμοι ταχύτητας 119χιλ. (74μιλ.) ανά ώρα ή μεγαλύτεροι καταγράφονται γύρω από μια περιοχή διαμέτρου περίπου 160 χιλιομέτρων (100 μιλίων) όπου θυελλώδεις άνεμοι που είναι μεγαλύτεροι από 50χιλ. (30μιλ.) ανά ώρα υφίστανται σε μια περιοχή διαμέτρου 640 χιλιομέτρων (400 μιλίων). Θυελλώδεις άνεμοι φυσούν σε ένα μεγάλο σπειρώμα που περιτριγυρίζει ένα σχετικά ήρεμο κέντρο γνωστό ως *το μάτι* (Σχήμα 1.7). Στο Βόρειο Ημισφαίριο, οι άνεμοι περιστρέφονται σε μια κατεύθυνση όμοια με αυτή των δεικτών του ρολογιού γύρω από μια εστία χαμηλής πίεσης. Αυτή η περιστροφή δίνει στους τυφώνες τη χαρακτηριστική κυκλική εμφάνιση τους.



ΣΧΗΜΑ 1.7 ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΝΟΣ ΤΥΦΩΝΑ Η κάθετη διάσταση αυτού του διαγράμματος είναι κατά πολύ μεγιστοποιημένη. Ο αέρας που βυθίζεται στο ασυννέφιαστο μάτι περιτριγυρίζεται από ανοδικούς σπειροειδείς ανέμους και βροχή. Ο βυθισμένος ξηρός αέρας στο μάτι θερμαίνεται από την συμπίεση και δίνει στην καταιγίδα τον χαρακτηριστικό της <<ζεστό πυρήνα>>. Η τροπική υγρασία που κινείται ελικοειδώς προς το κέντρο της περιοχής χαμηλής πίεσης παράγει βροχή. (Από το NOAA)

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 Η Κλίμακα Τυφώνων Saffir - Simpson

Η Κλίμακα Τυφώνων Saffir – Simpson είναι η κατάταξη από το 1 έως το 5 της παρούσας έντασης του τυφώνα. Αυτή η κατάταξη χρησιμεύει στην εκτίμηση της πιθανής καταστροφής περιουσιών και πλημμύρων που αναμένονται κατά μήκος των ακτών από ένα τυφώνα. Η ταχύτητα του ανέμου είναι ο καθοριστικός παράγοντας στην κλίμακα γιατί μεγάλες τιμές εξαρτώνται από την κλίση της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας που προσεγγίζει ο τυφώνας.

ΤΥΦΩΝΑΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΕΝΑ:

Άνεμοι 119 έως 153χιλμ. (74 έως 95μιλ.)ανά ώρα. Κύμα θύελλας γενικά από 1.2 έως 1.5μ. (4 έως 5 πόδια) πάνω από το κανονικό. Όχι ουσιαστικές ζημιές σε κτίρια. Μερικές ζημιές σε κακώς κατασκευασμένες

πινακίδες, καθώς και ελάχιστη ζημιά σε προβλήτες και μερική πλημμύρα δρόμων. Οι τυφώνες Alison το 1995 και Danny το 1997 ήταν κατηγορίας 1 στο μέγιστο της έντασης τους.

ΤΥΦΩΝΑΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 2:

Άνεμοι 154 έως 177χλμ. (96 έως 110μιλ.) ανά ώρα. Κύμα θύελλας γενικά από 1.8 έως 2.4μ. (6 έως 8 πόδια) πάνω από το κανονικό. Οι ζημιές σε κτίρια αφορούν κάποια υλικά από οροφές και παράθυρα. Υπολογίσιμη ζημιά σε θαμνότοπους και δέντρα με κάποια από αυτά να παρασύρονται, όπως και σε προκατασκευασμένα σπίτια, προβλήτες και πινακίδες. Παράκτιες και χαμηλού ύψους διαδρομές εξόδου πλημμυρίζουν σε 2 έως 4 ώρες πριν την άφιξη του κέντρου του τυφώνα. Μικρά σκάφη σε απροστάτευτα ακυροβολία σπάνε από τις αλυσίδες τους. Ο τυφώνας Bonnie το 1998 ήταν κατηγορίας 2 όταν χτύπησε την ακτή της Βόρειας Καρολίνας και ο τυφώνας George ήταν επίσης κατηγορίας 2 όταν χτύπησε το Keys της Φλόριντας και αργότερα το Κόλπο του Μισισσιπή.

ΤΥΦΩΝΑΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 3:

Άνεμοι 178 έως 209χλμ. (111 έως 130μιλ.) ανά ώρα. Κύμα θύελλας γενικά από 2.7 έως 3.7μ. (9 έως 12 πόδια) πάνω από το κανονικό. Κατασκευαστικές ζημιές σε μικρές κατοικίες και δημόσια κτίρια, με μικρή κατάρρευση των εξωτερικών τους τοιχίων. Καταστροφές σε θαμνότοπους και δέντρα όπου αυτά παρασύρονται από τον άνεμο και πολλά μεγάλα δέντρα ξεριζώνονται. Προκατασκευασμένα σπίτια και πινακίδες καταστρέφονται και το οδικό δίκτυο χαμηλού ύψους αποκόπτεται από ανερχόμενο νερό 3 έως 5 ώρες πριν την άφιξη του κέντρου του τυφώνα. Η πλημμύρα κοντά στην ακτή καταστρέφει μικρές κατασκευές ενώ οι μεγαλύτερες καταστρέφονται με το σφυροκόπημα από τα μπάζα και άλλα φερτά υλικά. Η γεωγραφική περιοχή που βρίσκεται 1.5μ.(5 πόδια) κάτω από τη μέση στάθμη της θάλασσας μπορεί να πλημμυρήσει μέχρι και 12χλμ. (8μιλ.) προς την ενδοχώρα ή και περισσότερο. Μπορεί να κριθεί απαραίτητη η εκκένωση κατοικιών και διαμερισμάτων χαμηλού ύψους κατά μήκος της ακτογραμμής. Οι τυφώνες Roxanne το 1995 και Fran το 1996 ήταν κατηγορίας 3 στη χερσόνησο Γιουκατάν του Μεξικού και στη Βόρειο Καρολίνα.

ΤΥΦΩΝΑΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 4:

Άνεμοι 210 έως 249χλμ. (131 έως 155μιλ.) ανά ώρα. Κύμα θύελλας γενικά από 4 έως 5.5μ. (13 έως 18 πόδια) πάνω από το κανονικό. Ζημιές σε μικρές κατοικίες και δημόσια κτίρια με ολική καταστροφή στις στέγες και εκτεταμένη κατάρρευση των εξωτερικών τους τοιχίων. Θάμνοι, δέντρα και πινακίδες παρασύρονται από τον άνεμο. Πλήρης καταστροφή σε προκατασκευασμένα σπίτια και εκτεταμένες ζημιές σε πόρτες και παράθυρα. Το οδικό δίκτυο χαμηλού ύψους αποκόπτεται από ανερχόμενο νερό 3 έως 5 ώρες πριν την άφιξη του κέντρου του τυφώνα. Μεγάλη ζημιά στους κατώτερους ορόφους των κατασκευών κοντά στην ακτή. Η γεωγραφική περιοχή που βρίσκεται χαμηλότερα από 3.1μ. (10 πόδια) πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας μπορεί να πλημμυρήσει και ενδέχεται να χρειαστεί μαζική εκκένωση των κατοικημένων περιοχών μέχρι και 10χλμ. (6μιλ.) προς την ενδοχώρα. Ο τυφώνας Luis το 1995 ήταν κατηγορίας 4 καθώς κινιόταν πάνω από τα νησιά Leeward και οι τυφώνες Felix και Opal του 1995 έφτασαν να είναι κατηγορία 4 στο μέγιστο της έντασης τους.

ΤΥΦΩΝΑΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 5:

Άνεμοι μεγαλύτεροι από 249 χλμ. (155 μιλ.) ανά ώρα. Κύμα θύελλας γενικά μεγαλύτερο από 5.5 μ. (18 πόδια) πάνω από το κανονικό. Πλήρης καταστροφή στις οροφές πολλών κατασκευών και σε βιομηχανικά κτίρια. Παρασύρονται από τον άνεμο πολλά κτίρια και κατασκευές. Όλοι οι θαμνότοποι, τα δέντρα και οι πινακίδες διασκορπίζονται. Πλήρης καταστροφή των προκατασκευασμένων σπιτιών. Σοβαρή και εκτεταμένη καταστροφή σε πόρτες και παράθυρα. Το οδικό δίκτυο χαμηλού ύψους αποκόπτεται από ανερχόμενο νερό 3 έως 5 ώρες πριν την άφιξη του κέντρου του τυφώνα. Μεγάλη ζημιά στους κατώτερους ορόφους των κατασκευών που βρίσκονται λιγότερο από 4.6 μ. (15 πόδια) πάνω από τη στάθμη της θάλασσας και εντός 458 μ. (500 γιάρδες) της ακτογραμμής. Μαζικές εκκενώσεις αστικών περιοχών σε χαμηλό έδαφος σε ακτίνα 8 έως 16 χλμ. από την ακτή είναι απαραίτητη. Ο τυφώνας Gilbert του 1988 ήταν τυφώνας κατηγορίας 5 στη μέγιστη του ένταση και είναι ο δυνατότερος τροπικός κυκλώνας του Ατλαντικού που έχει καταγραφεί. (Source: Modified after Spindler, T., and J. Beven. 1999. Saffir-Simpson Hurricane Scale, NOAA. Accessed 1/4/05 at <http://www.nhc.noaa.gov/aboutsshs.shtml>.)

1.3 ΤΣΟΥΝΑΜΙ

Το τσουνάμι είναι ένας τύπος ωκεάνιου κύματος που αποτελεί ένα σοβαρό κίνδυνο από τη φύση. Αντίθετα από κύματα που καθοδηγούνται από τον αέρα και επηρεάζουν την επιφάνεια του ωκεανού, αυτά τα κύματα περιλαμβάνουν την οριζόντια μετατόπιση μιας γιγάντιας μάζας ωκεάνιου νερού (και σε μια κάθετη κλίμακα) (Σχήμα 1.8). Αυτή η μετατόπιση μπορεί να προκληθεί από δεκάδες αίτια και γεγονότα:

- Απότομη άνοδος ή υποχώρηση του θαλάσσιου πυθμένα κατά τη διάρκεια ενός μεγάλου σεισμού
- Μια υποθαλάσσια κατολίσθηση, που προκαλείται από ένα μεγάλο σεισμό
- Μια υποβρύχια ηφαιστειακή έκρηξη
- Κατάρρευση της πλαγιάς ενός ηφαιστείου μέσα στον ωκεανό
- Η πρόσκρουση ενός τεράστιου εξωγήινου αντικειμένου, όπως ένας αστεροειδής, στον ωκεανό.

Μια από αυτές τις πέντε αιτίες προκαλούν ένα τσουνάμι και η σύνδεση μεταξύ σεισμών και τσουνάμι η οποία είναι η ισχυρότερη, αναγνωρίστηκε πρωτίστως από τον Έλληνα ιστορικό Θουκυδίδη το 426 π.χ. Τα τσουνάμι δεν είναι παλιρροιακά κύματα ούτε και πάντα σεισμικά θαλάσσια κύματα. Περιλαμβάνουν την μετατόπιση όλου του ωκεάνιου νερού στο σημείο προέλευσης τους. Αυτή η μετατόπιση κινείται προς τα έξω και προς όλες τις κατευθύνσεις και μπορεί να ταξιδέψει μεγάλες αποστάσεις χωρίς να χάσει μεγάλο μέρος ενέργειας. Αν βρισκόσασταν σε ένα πλοίο στον ωκεανό πιθανότατα θα βιώνατε τσουνάμι χωρίς καν να το αντιληφθείτε. Σε βαθιά ύδατα, το ύψος αυτών των κυμάτων είναι 1 μ. (3 πόδια) ή λιγότερο και η απόσταση, που είναι το μήκος από την μια κορυφή του κύματος στην άλλη, μπορεί να ξεπεράσει τα 100 χιλ. (60μιλ.). Κινούνται σε πολύ μεγάλες ταχύτητες, τυπικά όπως ένα μεγάλο τζετ. Οι ταχύτητες των τσουνάμι έχουν παρατηρηθεί να φτάνουν και τα 800 χιλ. (500 μιλ.) ανά ώρα. Σε ρηχά παράκτια ύδατα, τα τσουνάμι συνήθως επιβραδύνουν σε λιγότερο από 60 χιλ. (37 μιλ.) ανά ώρα. Αν και επιβραδύνουν κατά πολύ από ότι στον ανοιχτό ωκεανό, αυτή η ταχύτητα είναι πολύ γρήγορη για κάποιον για να ξεφύγει τρέχοντας από τα ανερχόμενα ύδατα. Καθώς ένα τσουνάμι χτυπάει την ακτή το ύψος του ανέρχεται σε περισσότερο από 30 μ. (100 πόδια). Αυτό το ύψος ελέγχεται μέχρι κάποιο σημείο από το σχήμα και την υποβρύχια κλίση της ακτογραμμής. Τα υψηλότερα κύματα τσουνάμι για τα οποία έχουμε απευθείας παρατηρήσεις έλαβαν χώρα στον κόλπο Lituya, στην Αλάσκα στις 9 Ιουλίου του 1958. Ένας σεισμός ενεργοποίησε μεγάλες κατολισθήσεις βράχων, χώματος, δέντρων και πάγου μέσα στον κόλπο. Αυτές οι κατολισθήσεις δημιούργησαν ένα τεράστιο κύμα που κατέστρεψε μια βάρκα και μετέφερε μια άλλη στη θάλασσα. Μετρήσεις αργότερα έδειξαν πως το επίπεδο του νερού είχε ανυψωθεί περισσότερο από 520 μ. (1720 πόδια) απέναντι από την περιοχή της κατολίσθησης! Αυτό το ύψος είναι ψηλότερο κατά 80 μ. (270 πόδια) από το ψηλότερο κτίριο στις ΗΠΑ, των 442 μ. (1450 πόδια) Sears Tower στο Σικάγο. Το τσουνάμι είχε ανέλθει κατά 100 μ. (300 πόδια) στον υπόλοιπο κόλπο. Οι περισσότεροι άνθρωποι φαντάζονται το τσουνάμι σαν ένα μόνο τεράστιο κύμα να συγκρούεται με την ακτή. Αυτή η εικόνα είναι μια επικίνδυνη παρανόηση. Τα τσουνάμι είναι ουσιαστικά σειρές ομοίων κυμάτων, που είναι σειρές από δέκα ή και περισσότερα μεγάλα κύματα με απόσταση 5 έως 90 λεπτά μεταξύ τους. Το πρώτο κύμα μπορεί να μην είναι το μεγαλύτερο κύμα και η αρχική ένδειξη του τσουνάμι μπορεί να είναι η έλευση μιας βαθιάς τράφου αντί μιας μεγάλης κορυφής κύματος. Αυτή η τράφος μπορεί να προκαλέσει την οπισθοχώρηση του νερού κατά μια υπολογίσιμη απόσταση από την ακτή προτού την άφιξη του πρώτου μεγάλου κύματος. Σε πολλές περιπτώσεις έχουν πνιγεί άνθρωποι γιατί έχουν επιστρέψει στην ακτή πριν να χτυπήσει το μεγαλύτερο κύμα της σειράς των κυμάτων. Τα τσουνάμι που δημιουργούνται από σεισμούς που συμβαίνουν κοντά στην ακτή είναι ιδιαίτερα θανατηφόρα. Για παράδειγμα, το 1993 στην Ιαπωνία ένας σεισμός έντασης 7.8 Ρίχτερ προκάλεσε τσουνάμι που αφάνισε μια μικρή πόλη στο νησί Okushiri. Τα κύματα έφτασαν σε ύψος τα 15εως 30 μ.(50 έως 100 ποδιά). Οπτικά δεν υπήρχε καμία ένδειξη για τσουνάμι επειδή το επίκεντρο του σεισμού ήταν πολύ κοντά στο νησί. Φτάνοντας μόλις 2 με 5 λεπτά μετά το σεισμό, τα μεγάλα κύματα σκότωσαν 120 ανθρώπους και προκάλεσαν 500 εκατομμύρια δολάρια ζημιά σε περιουσίες.

1.4 Γεωγραφικές Περιοχές σε κίνδυνο από Παράκτιες Καταστροφές

Οι παράκτιες καταστροφές υπάρχουν και σε όχθες θάλασσας και σε όχθες λιμνών. Συγκεκριμένα, μεγάλες λίμνες όπως οι Great Lakes, η Great Bear Lake, η Great Slave Lake και η Lake Winnipeg Αναπτύσσουν παράκτιες συνθήκες όπως αυτές του ωκεανού. Στη Βόρεια Αμερική, οι παράκτιες διεργασίες μπορεί να έχουν επικίνδυνες επιπτώσεις κατά μήκος του Ατλαντικού, του Ειρηνικού, σε Αρκτικές ακτές, καθώς και κατά μήκος των ακτών των Μεγάλων Λιμνών (Great Lakes). Οι μεγάλοι

κίνδυνοι περιλαμβάνουν τσουνάμι, παράκτια διάβρωση και τυφώνες. Αυτοί οι κίνδυνοι δεν υπάρχουν σε όλες τις ακτογραμμές και τα τσουνάμι και οι τυφώνες γενικά δεν απαντώνται σε λίμνες.



ΣΧΗΜΑ 1.9 ΡΥΘΜΟΙ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ Μέσοι ετήσιοι ρυθμοί διάβρωσης για επιλεγμένες επαρχίες στις ΗΠΑ (Modified from *Evaluation of Erosion Hazards Summary: A Collaborative Project of the H. John Heinz III Center for Science, Economics and the Environment. Prepared for the Federal Emergency Management Agency. 2000. Online: <http://www.fema.gov/nwz00/erosion.shtml>*)

Όστόσο η παράκτια διάβρωση αποτελεί ένα παγκόσμιο κίνδυνο. Όλες οι 30 Πολιτείες που συνορεύουν με τους ωκεανούς των Μεγάλων Λιμνών, μαζί με τις παράκτιες Καναδικές επαρχίες, έχουν πρόβλημα παράκτιας διάβρωσης. Οι μέσοι ρυθμοί διάβρωσης σε κάποια νησιά στις νοτιοανατολικές ΗΠΑ μπορεί να φτάσουν τα 8 μ. (25 πόδια) ανά χρόνο, όπου οι ακτές των Μεγάλων Λιμνών έχουν υποστεί ρυθμούς διάβρωσης έως και 15 μ. (50 πόδια) ανά έτος! Παρόλα αυτά αυτοί οι ρυθμοί είναι ακραίοι. Γενικότερα, οι ρυθμοί της παράκτιας διάβρωσης είναι πολύ χαμηλότεροι, και διακυμαίνονται από μερικά εκατοστά ανά έτος έως περίπου 50 μέτρα ανά έτος (Σχήμα 1.9). Οι τυφώνες αποτελούν το σοβαρότερο κίνδυνο των ακτών των ΗΠΑ και των Περιοχών του Καναδά που βρέχονται από τον Ατλαντικό. Οι τυφώνες που επηρεάζουν την Βόρεια Αμερική γενικά αναπτύσσονται μέσα στο καλοκαίρι και νωρίς το φθινόπωρο και η διάρκεια της εποχής των τυφώνων ποικίλλει από χρονιά σε χρονιά. Οι Ανατολικές ακτές των ΗΠΑ απειλούνται περισσότερο από τυφώνες στη Βόρεια Αμερική και θα βιώσουν κατά μέσο ορό πέντε τυφώνες το χρόνο. Αυτοί που απειλούν τις Ανατολικές Ακτές δημιουργούνται στην Δυτική Ακτή της Αφρικής και έχουν πιθανότητες να ακολουθήσουν τρεις διαφορετικές πορείες (Σχήμα 1.10):

1. Δυτικά προς την ανατολική ακτή της Φλόριντα, όπου μπορεί να περάσει πάνω από νησιά της Καραϊβικής όπως το Πουέρτο Ρίκο και μετά πριν χτυπήσει την ήπειρο, απομακρύνεται στον Ατλαντικό ωκεανό με βορειοανατολική κατεύθυνση.
2. Δυτικά πάνω από την Κούβα και μέσα στον Κόλπο του Μεξικού για να χτυπήσει τους Κόλπους των ΗΠΑ.
3. Δυτικά στην Καραϊβική και μετά βορειοανατολικά, περιτριγυρίζει την Ανατολική Ακτή και μπορεί να χτυπήσει την ήπειρο από την κεντρική Φλόριντα έως τη Νέα Υόρκη. Μερικές καταιγίδες θα συνεχίσουν βόρεια σαν τυφώνας που θα χτυπήσει την παράκτια Νέα Αγγλία ή περιοχές του Καναδά που βρέχονται από τον Ατλαντικό.

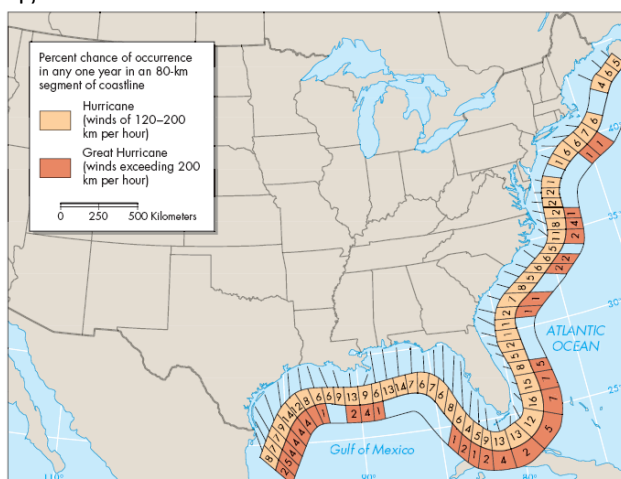
ΣΧΗΜΑ 1.10 ΠΟΡΕΙΕΣ ΤΟΥ ΤΥΦΩΝΑ Τρία συνηθισμένα μονοπάτια τυφώνων στον Ατλαντικό Ωκεανό. Κάθε μονοπάτι, σημειωμένο με ένα κόκκινο βέλος, ξεκινά από τον κεντρικό Ατλαντικό Ωκεανό προς τα ανατολικά αυτού του χάρτη. Και οι τρεις διαδρομές απειλούν νησιά της Καραϊβικής, η πορεία 2 απειλεί τις νοτιοανατολικές ΗΠΑ και η πορεία 3 μπορεί να επηρεάσει την ανατολική Ακτή των ΗΠΑ και περιοχών του Καναδά που βρέχονται από τον Ατλαντικό.



ΣΧΗΜΑ 1.11 ΒΟΡΕΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ

ΑΜΕΡΙΚΗΣ ΠΟΥ ΚΙΝΔΥΝΕΥΟΥΝ ΑΠΟ ΤΥΦΩΝΕΣ Στις περιοχές με χρώμα είναι πιθανό να περάσει τυφώνας με 160 χλμ. (100μιλ.) ανά ώρα. Οι περιοχές υψηλότερου κίνδυνου (κόκκινο) είναι πολύ πιθανό να βιώσει 60 τυφώνες, οι περιοχές υψηλού κίνδυνου (με μπλε) 40 έως 60 τυφώνες και οι περιοχές κίνδυνου με γαλάζιο λιγότερους από 40 τυφώνες σε μια περίοδο 100 χρόνων. Ο χάρτης αυτός βασίζεται σε παρατηρήσεις από το 1888 έως το 1998. (Modified from U.S. Geological Survey and The Atlas of Canada)

Σε ορισμένες περιπτώσεις σχηματίζονται τυφώνες στον Κόλπο του Μεξικού και στην Καραϊβική. Οι περιοχές με κίνδυνο για τυφώνες περιλαμβάνουν όλες τις ακτές του Κόλπου από το Βόρειο Τέξας και τις ακτές του Ατλαντικού από την Ανατολική Φλόριντα μέχρι τις Επαρχίες του Καναδά που συναντούν (Σχήμα 1.11). Αυτός ο κίνδυνος μπορεί να εκτιμηθεί μέσω ένα χάρτη που θα δείχνει την πιθανότητα να χτυπήσει κυκλώνας σε ακτίνα 80 χλμ (50 μιλ.) μια δεδομένη χρονιά (Σχήμα 1.12). Τέτοιες πιθανότητες είναι μερικές υψηλές μεταξύ των ακτών της βόρειας Φλόριντα, της Λουιζιάνα και του ανατολικού Τέξας (Σχήμα 1.12). Τα τσουνάμι μπορούν να δημιουργηθούν σε κάθε ωκεάνια λεκάνη ή θάλασσα παρόλο που δεν είναι γνωστά στον Αρκτικό Ωκεανό. Περίπου 85% των καταγεγραμμένων τσουνάμι προέρχονται από την περιοχή του Ειρηνικού εξαιτίας της συχνής τους σύνδεσης με μεγάλους σεισμούς στις υπόγειες ζώνες που περιζώνουν το μεγαλύτερο μέρος του Ειρηνικού Ωκεανού. Στις ΗΠΑ και στον Καναδά οι πιο σοβαρές απειλές από τσουνάμι αφορούν την Χαβάη και τα νησιά στο νότιο και δυτικό Ειρηνικό Ωκεανό. Τα τσουνάμι επίσης απειλούν την Αλάσκα, τη Βρετανική Κολούμπια, την Ουάσιγκτον, το Όρεγκον, την Καλιφόρνια και επίσης τις ακτές του Πουέρτο Ρίκο και τις Παρθένες Νήσους. Τα τσουνάμι που δημιουργούνται από υποβρύχιες κατολισθήσεις που δεν σχετίζονται με σεισμούς και από την κατάρρευση κομματιών των ηφαίστειων είναι λιγότερο συχνά αλλά μπορεί να αποτελούν μεγαλύτερο κίνδυνο από αυτόν που είναι τώρα γνωστός μεταξύ και των ανατολικών και των δυτικών ακτών των ΗΠΑ και του Καναδά, της Χαβάη και της Αλάσκα.



ΣΧΗΜΑ 1.12 ΧΑΡΤΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΤΥΦΩΝΑ

Πιθανότητα να χτυπήσει τυφώνας σε ακτίνα 80 χλμ. (50 μιλ.) στον Κόλπο των ΗΠΑ και τις ακτές σε μια δεδομένη χρονιά. (From Council on Environmental Quality, 1981. Environmental trends)

1.5 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

Οι παράκτιες περιοχές είναι δυναμικά περιβάλλοντα που είναι ικανά για ταχείες μεταβολές. Οι επιπτώσεις των επικινδύνων παράκτιων διεργασιών είναι υπολογίσιμες διότι πολλές πυκνοκατοικημένες περιοχές βρίσκονται κοντά στην ακτή. Στις ΗΠΑ, οι μεγαλύτερες πόλεις της χώρας απλώνονται στην παράκτια ζώνη και περίπου το 75% του πληθυσμού ζει σε παράκτιες Πολιτείες. Τα μελλοντικά σχέδια δεικνύουν ότι ο περισσότερος πληθυσμός των ΗΠΑ θα συγκεντρωθεί μεταξύ των 150.000 χιλ. (93.000 μιλ.) της ακτογραμμής. Τα παράκτια προβλήματα αναπόφευκτα θα αυξηθούν καθώς όλο και περισσότεροι άνθρωποι κινούνται προς επικίνδυνες περιοχές. Για άλλη μια φορά, όπως και με όλους τους κινδύνους της φύσης, οι ανθρώπινες δραστηριότητες συνεχίζουν να μπαίνουν στο δρόμο των φυσικών διεργασιών! Η επίπτωση αυτής της αύξησης πληθυσμού θα καταλήξει σε παγκόσμια θέρμανση. Καθώς ο πλανήτης μας γίνεται θερμότερος, το επίπεδο της θάλασσας αυξάνεται με ένα ταχύτερο ρυθμό. Αυτή η άνοδος θα αυξήσει παραπέρα τη παράκτια διάβρωση. Οι πιο σοβαροί παράκτιοι κίνδυνοι είναι οι εξής:

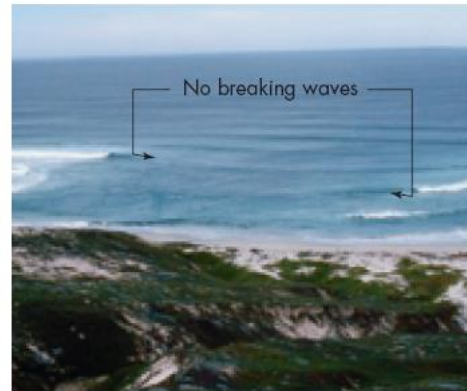
- Παλιρροιακά ρεύματα επιστροφής, που δημιουργούνται στη ζώνη κυματωγής και είναι επικίνδυνα για τους λουόμενους.
- Παράκτια διάβρωση, που δημιουργεί υπολογίσιμες ζημιές σε περιουσίες και χρειάζεται την ανθρωπινή προσαρμογή.
- Τροπικούς κυκλώνες, που λέγονται τυφώνες κατά μήκος των Βόρειων Ακτών των ΗΠΑ, που απειλούν πολλές ζωές και περιουσίες κάθε χρόνο.
- Τσουνάμι, που είναι η πιο επικίνδυνη απειλή για τις παράκτιες περιοχές του Ειρηνικού Ωκεανού και είναι η πιο απελπιστική απειλή καταστροφής.

Παλιρροιακά κύματα επιστροφής

Τα ρεύματα κατά μήκος των ακτών που περιγράψαμε προηγουμένως δεν είναι τα μόνα ρεύματα που αναπτύσσονται κατά μήκος μιας παραλίας. Κάτω από ορισμένες συνθήκες κατά μήκος μιας ακτής ή μιας όχθης, ισχυρά ρεύματα δημιουργούνται και μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες νερού μακριά από την ακτή. Αυτά τα κύματα, λέγονται κύματα επιστροφής και αναπτύσσονται όταν μια σειρά μεγάλων κυμάτων συσσωρεύουν νερό μεταξύ της ακτογραμμής και της ζώνης παφλασμού όπου το νερό δεν επιστρέφει με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο εισήρθε, δηλαδή κατά μήκος ολόκληρης της ακτογραμμής, αλλά συγκεντρώνεται σε στενές ζώνες και δημιουργεί παλιρροιακά κύματα επιστροφής (Σχήμα 1.13α). αυτά τα κύματα δεν είναι παλίρροια και δεν τραβούν ανθρώπους κάτω από το νερό, αλλά μπορούν να τραβήξουν ανθρώπους μακριά από την ακτή. Στις ΗΠΑ, κάθε χρόνο σκοτώνονται πάνω από 200 άνθρωποι και 20.000 έχουν σωθεί από τέτοια ρεύματα. Επομένως, τα ρεύματα αυτά συνιστούν ένα σοβαρό παράκτιο κίνδυνο, σκοτώνοντας στις ΗΠΑ περισσότερους ανθρώπους από ότι οι τυφώνες ή οι σεισμοί. Ο αριθμός των θανάτων αυτών είναι παρόμοιος με εκείνο τον πλημμυρών των ποταμιών. Οι άνθρωποι που παρασύρονται σε τέτοια ρεύματα δεν μπορούν να κολυπήσουν πίσω στην ακτή γιατί πανικοβάλλονται και προσπαθούν να αντιδράσουν. Αυτή η πράξη είναι σχεδόν αδύνατη γιατί το ρεύμα μπορεί να υπερβεί τα 6 χλμ. ανά ώρα, όπου ακόμα και πολύ δυνατοί κολυμβητές δεν μπορούν να διατηρήσουν για πολύ. Ευτυχώς, τέτοια ρεύματα είναι σχετικά στενά, μόνο μερικά μέτρα μέχρι μερικά δεκάδες μέτρα πλατιά. Σχηματίζονται στην ζώνη κυματώδης και εκτείνονται κάθετα προς την ακτογραμμή, μια απόσταση δεκάδων η και εκατοντάδων μέτρων (Σχήμα 1.14). και επίσης ευτυχώς που πλατύνουν και διασκορπίζονται μόλις περάσουν τη γραμμή όπου ξεσπούν τα κύματα. Για να ξεφύγει με ασφάλεια από ένα τέτοιο ρεύμα, ένας κολυμβητής πρέπει πρώτα να αναγνωρίσει το ρεύμα και μετά να κολυπήσει παράλληλα προς την ακτή μέχρι να βρεθεί έξω από αυτό. Και αν δεν μπορεί να πιάσει ακτή, να κουνήσει το χέρι και να φωνάξει.

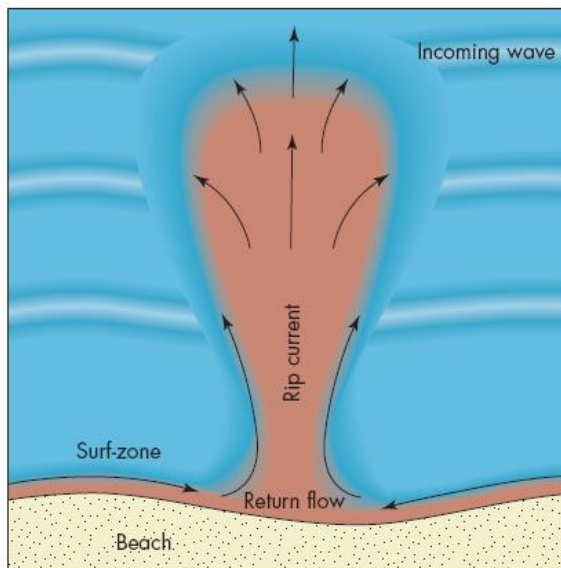


(α)



(β)

ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ (α) Το ρεύμα επιστροφής υποδεικνύεται από το μπλε θολό νερό που εξαπλώνεται προς τα έξω από αυτό το βραχώδες σημείο. Το νερό αυτό έχει κατακρατήσει φερτές ύλες. (β) Η ύπαρξη ενός ρεύματος επιστροφής σε αυτή την αμμώδη παράλια υποδηλώνεται από μια περιοχή ομαλού νερού όπου δεν ξεσπάνε κύματα.



ΣΧΗΜΑ 1.14 ΡΕΥΜΑ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ Όψη του ρεύματος επιστροφής από τη ζώνη παφλασμού, όπου είναι η επιστροφή της ροής του νερού που σχηματίζεται σαν ένα αποτέλεσμα των εισερχόμενων κυμάτων. Η επιστροφή της ροής ξεκάνει στη ζώνη παφλασμού και επεκτείνεται προς τα έξω μόλις το ρεύμα περάσει τη ζώνη που ξεσπάνε τα κύματα.

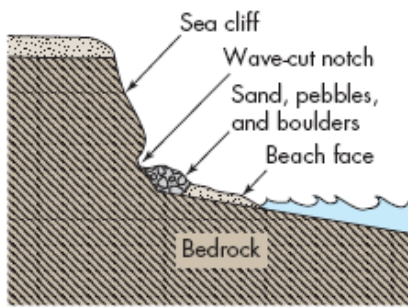
Παράκτια Διάβρωση

Σαν αποτέλεσμα της συνεχούς παγκόσμιας ανόδου της στάθμης της θάλασσας και της εκτεταμένης ανάπτυξης στην παράκτια ζώνη, η παράκτια διάβρωση αναγνωρίζεται σαν ένα σοβαρό εθνικό και παγκόσμιο πρόβλημα. Η παράκτια διάβρωση είναι μια συνεχής και προβλέψιμη διεργασία από ότι άλλες φυσικές απειλές όπως οι σεισμοί, οι τροπικοί κυκλώνες και οι πλημμύρες. Μεγάλα χρηματικά πόσα ξοδεύονται σε προσπάθειες έλεγχου της παράκτιας διάβρωσης αλλά οι περισσότερες λύσεις είναι προσωρινές. Εάν η εκτεταμένη ανάπτυξη των παράκτιων περιοχών για αναψυχή και ψυχαγωγία συνεχιστεί, η παράκτια διάβρωση θα αποτελέσει ένα πολύ σοβαρό πρόβλημα.

Παράγοντες της Διάβρωσης Οι παραλίες είναι σαν έναν τραπεζικό λογαριασμό: Και οι δυο κερδίζουν και χάνουν υλικό. Η άμμος κερδίζεται από πηγές όπως τα δέλτα ποταμών και της παράκτιας διάβρωσης και χάνεται από παραθαλάσσια μεταφορά και διάβρωση από τον άνεμο. Οποιαδήποτε δραστηριότητα δεν αφήνει την άμμο να φτάσει στην ακτή συμβάλλει στην διάβρωση της. Η άμμος σε πολλές παραλίες προμηθεύεται στην ακτή από ποταμιά στα οποία αυτή έχει δημιουργηθεί από την αποσάθρωση των βράχων ή φερτών υλών. Τα φράγματα που κτίζονται κατά μήκος των ποταμών παγιδεύουν την άμμο και δεν την αφήνουν να φτάσει την ακτή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη διάβρωση ορισμένων παραλίων που

δεν έχουν πλέον άμμο. Τα φράγματα δεν είναι το μόνο αίτιο της παράκτιας διάβρωσης. Για παράδειγμα, η διάβρωση της παραλίας κατά μήκος της Ανατολικής Ακτής είναι ένα αποτέλεσμα τροπικών κυκλώνων και άλλων καταιγίδων, της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και της ανθρώπινης επέμβασης στις φυσικές παράκτιες διεργασίες. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας συμβάλλει στην παράκτια διάβρωση γιατί επιτρέπει στα κυματα να διαβρώσουν περισσότερη στεριά. Η στάθμη της θάλασσας αυξάνεται παγκόσμια με ένα ρυθμό περίπου 2 έως 3 χιλ. ανά έτος, ανεξάρτητα από κάθε τεκτονική κίνηση. Μετρήσεις με ειδικούς μετρητές για την παλίρροια και άλλα στοιχεία αποδεικνύουν ότι ο ρυθμός της ανόδου έχει αυξηθεί τα τελευταία 60 χρόνια. Αυτή η αύξηση προκαλείται κυρίως από τη θερμική εξάπλωση των ανωτέρων ωκεάνιων υδάτων και το λιώσιμο των πολικών πάγων, που και τα δυο ενεργοποιούνται από τη παγκόσμια θέρμανση. Το επίπεδο της θάλασσας θα μπορούσε να ανέλθει κατά 60 εκ. μέσα στον επόμενο αιώνα κάνοντας σίγουρο το ότι η παγκόσμια θέρμανση θα γίνει ένα μεγαλύτερο πρόβλημα από ότι είναι σήμερα.

Διάβρωση Πλάγιας Μια θαλάσσια πλαγιά κατά μήκος μιας ακτογραμμής μπορεί να δεχθεί πρόσθετα προβλήματα διάβρωσης. Είναι εκτεθειμένη σε ένα συνδυασμό της δραστηριότητας των κυμάτων και της διάβρωσης του εδάφους, όπως το τρεχούμενο νερό και οι κατολισθήσεις, που διαβρώνουν την πλαγιά σε ένα μεγαλύτερο βαθμό από ότι θα έκανε από μόνη της αυτή η διεργασία. Αυτό το πρόβλημα επιδεινώνεται παραπάνω όταν οι άνθρωποι μεταβάλλουν τη μορφή της πλάγιας μέσω πρόχειρης ανάπτυξης. Η διάβρωση που προκαλείται από τα κυματα που ξεσπούν πάνω σε τμήματα της πλάγιας κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας προκαλεί την υποχώρηση πολλών θαλασσιών πλαγιών. Αυτή η ευπάθεια στη διάβρωση δεν είναι πάντα φαινομενική κατά τη διάρκεια περιόδων με λίγο νερό όπου μια παραλία είναι παρούσα στη βάση μιας πλαγιάς (Σχήμα 1.15). Οι φερτές ύλες της παραλίας βοηθούν στην προστασία της πλαγιάς από τη διάβρωση λόγω των κυμάτων σε περιόδους ανάμεσα σε καταιγίδες. Στη δυτική όχθη των ΗΠΑ, η περισσότερη διάβρωση θαλάσσιων πλαγιών συμβαίνει κατά τη διάρκεια των χειμερινών καταιγίδων. Μια ποικιλομορφία από ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να αυξήσουν τη διάβρωση. Αυτές οι δραστηριότητες περιλαμβάνουν ανεξέλεγκτη επιφανειακή απορροή, αυξημένη υπόγεια εκφόρτιση και προσθήκη βάρους στην κορυφή της πλαγιάς. Η αυξημένη επιφανειακή απορροή που συνήθως συμβαίνει με την αστικοποίηση, πρέπει να εκτραπεί από το πρόσωπο της πλαγιάς για να αποφευχθεί επιπλέον διάβρωση. Η διάβρωση μπορεί επίσης να ενταθεί εάν υπάρχει αύξηση στην ποσότητα της εκφόρτισης των υπόγειων υδάτων από τη βάση της πλαγιάς. Ποτίζοντας γρασίδια και κήπους στην κορυφή μιας πλαγιάς μπορεί να προσθέσει μια μεγάλη ποσότητα νερού στην πλαγιά. Όταν αυτό το νερό αναδύεται ή πηγάζει από μια πλαγιά, μειώνει αποτελεσματικά τη σταθερότητα του βράχου, διευκολύνοντας τόσο τη διάβρωση όσο και τις κατολισθήσεις. Κατασκευές όπως τοίχοι, κτίρια, πισίνες και αίθρια μπορούν επίσης να μειώσουν τη σταθερότητα ενός παράκτιου λόφου με την αύξηση των αναγκών για μαζική σπατάλη (Σχήμα 1.16). Η αυστηρή ρύθμιση της ανάπτυξης σε πολλές περιοχές της παράκτιας ζώνης τώρα απαγορεύει τις πιο επικίνδυνες κατασκευές, αλλά συνεχίζουμε να ζούμε με μερικά από τα λάθη του παρελθόντος μας. Ο ρυθμός διάβρωσης στις θαλάσσιες πλαγιές είναι ποικίλος και λίγες μετρήσεις είναι διαθέσιμες. Οι περισσότερες είναι σε εξέλιξη λόγω της αυξανόμενης χρήσης των συσκευών τηλεπισκόπησης όπως ένα αεροσκάφος με σύστημα λέιζερ που ονομάζεται «ανίχνευση φωτός και βεληνεκούς» (LIDAR). Αυτό το σύστημα μπορεί να καταγράψει αρκετές χιλιάδες υψομετρικές μετρήσεις κάθε δευτερόλεπτο με μια κάθετη ανάλυση των 15 cm (6 ίντσες) . Μόλις καταγραφεί ένα σύνολο βάσης των μετρήσεων του ύψους, οι επόμενες πτήσεις του LIDAR μπορεί να ανιχνεύσουν αλλαγές στην παράκτια ζώνη, όπως το σχήμα της παραλίας, παράκτιους αμμόλοφους και θαλάσσιες πλαγιές. Για παράδειγμα, οι πτήσεις LIDAR κατά μήκος της ακτής κοντά στο Pacifica της Καλιφόρνια, για 6 μήνες, έδειξαν τη διάβρωση της παραλίας της από 1 έως 2 μ. (3 έως 7 πόδια) και της θαλάσσιας πλαγιάς περίπου 10 m (30 πόδια) . Ο ρυθμός διάβρωσης εξαρτάται κυρίως από την αντίσταση των υλικών της γης και την ενέργεια των κυμάτων . Η διάβρωση των θαλάσσιων πλαγιών είναι μια φυσική διαδικασία που δεν μπορεί να ελεγχθεί πλήρως, ακόμη και αν επενδυθούν μεγάλα ποσά χρόνου και χρήματος. Συνεπώς, πρέπει να μάθουμε να ζούμε με τη διάβρωση μέχρι κάποιο σημείο. Πρέπει να τροποποιήσουμε τις πρακτικές της χρήσης γης, όπως ο έλεγχος του νερού μέσα και πάνω στις θαλάσσιες πλαγιές και αποφεύγοντας το χτίσιμο μεγάλων κατασκευών στην κορυφή μιας πλαγιάς.



(a)

ΣΧΗΜΑ 1.15 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΛΑΓΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΙΑ (α) Γενικευμένη διατομή και (β) φωτογραφία μιας θαλάσσιας πλαγιάς και του υπόβαθρου που εκτίθεται σε χαμηλή παλίρροια στη Σάντα Μπάρμπαρα της Καλιφόρνια. (Ιδιοκτησία Donald Weaver)



(b)



ΣΧΗΜΑ 1.16 ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΠΛΑΓΙΑΣ

Διαμερίσματα στην άκρη ενός γκρεμού της πανεπιστημιακής κοινότητας της Isla Vista, της Καλιφόρνια. Το σύμβολο δηλώνει ότι το εξωτερικό μπαλκόνι είναι πλέον ανοιχτό. Δυστυχώς, το μπαλκόνι δεν είναι ιδιαίτερα ασφαλές όπως προεξέχει από τον γκρεμό κατά τουλάχιστον 1 m (3 πόδια).

Παρατηρείστε τους εκτεθειμένους τιμεντένους πυλώνες στο γκρεμό, που αρχικά τοποθετήθηκαν για να βοηθήσουν την υποστήριξη των κτιρίων. Αυτά τα κτίσματα βρίσκονται σε άμεσο κίνδυνο κατάρρευσης στη θάλασσα και χαρακτηρίστηκαν ως ακατάλληλα το 2004. (Edward A.Keller).

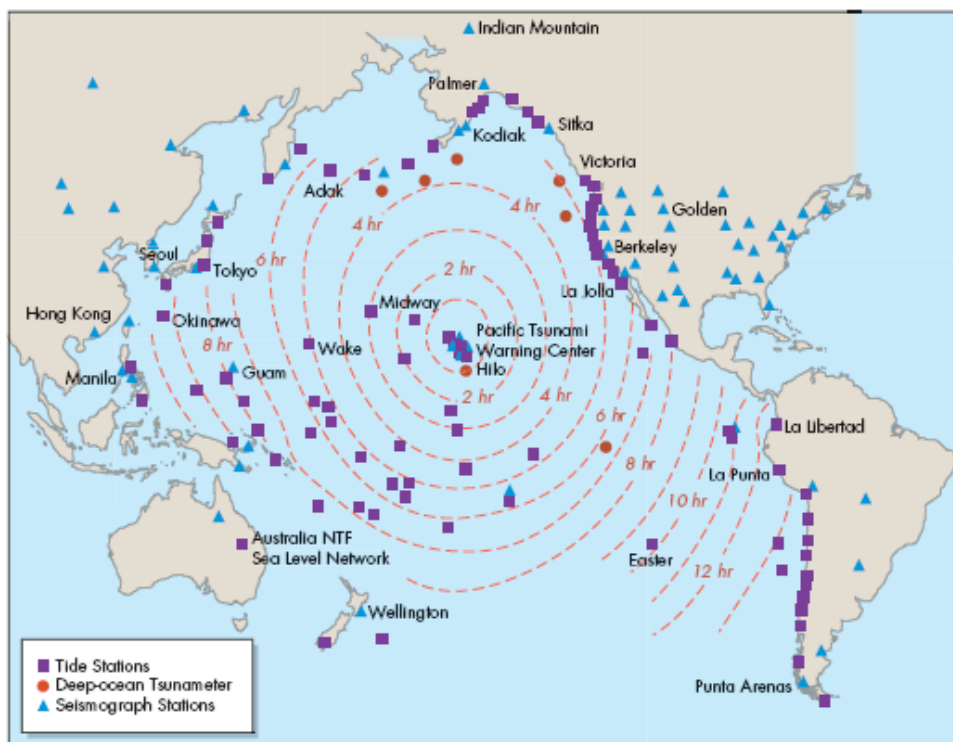
ΤΥΦΩΝΕΣ

Όταν τυφώνες προσεδαφιστούν, προκαλούν ζημιές με τρεις τρόπους: κύμα θύελλας, ζημιές από ανέμους, και πλημμύρες από βροχή. Μέχρι στιγμής, το κύμα θύελλας προκαλεί τη μεγαλύτερη βλάβη και συμβάλλει στο 90 τοις εκατό της θνησιμότητας που σχετίζεται με τους τυφώνες. Το κύμα θύελλας είναι η τοπική άνοδος της στάθμης της θάλασσας ότι που προέρχεται από ισχυρούς ανέμους που σπρώχνουν το νερό προς την ακτή. Σημαντικοί τυφώνες δημιουργούν συχνά καταιγίδες πάνω από 3 μ. (10 πόδια). Κύματα θύελλας από 12 μ. (40 πόδια) ή μεγαλύτερα έχουν σημειωθεί στο Μπαγκλαντές και την Αυστραλία. Μεγαλύτεροι, πιο έντονοι, ή πιο γρήγοροι τυφώνες δημιουργούν μεγαλύτερα κύματα θύελλας. Μεγαλύτερα κύματα θύελλας μπορούν επίσης να αναπτυχθούν σε ευρείς, ρηχές ακτές όπου το νερό παρασυρόμενο από τον άνεμο επιβραδύνεται από την τριβή με τον πυθμένα του ωκεανού. Για τους περισσότερους τυφώνες, το κύμα θύελλας και η ζημιά λόγω του ανέμου είναι μεγαλύτερη στο δεξιό και μπροστά τεταρτημόριο της καταιγίδας καθώς πιάνει στεριά. Το ύψος του κύματος θα είναι επίσης μεγαλύτερο αν η προσέγγιση στην ξηρά πραγματοποιείται σε υψηλή παλίρροια. Σε αντίθεση με τις απεικονίσεις σε ταινίες του Χόλυγουντ, ένα κύμα θύελλας δεν αποτελεί ένα προωθητικό τείχος του νερού, αντιθέτως είναι μια συνεχής αύξηση της στάθμης της θάλασσας καθώς ο τυφώνας προσεγγίζει την ξηρά. Μεγάλο μέρος των ζημιών προέρχονται από τα μεγάλα κύματα καταιγίδας που υπερτίθενται πάνω από το κύμα θύελλας. Τα κύματα θύελλας, σε συνδυασμό με τα ωκεάνια ρεύματα, διαβρώνουν τις παραλίες, τα νησιά και τους δρόμους. Όταν ο τυφώνας Allen έπληξε το Νότιο Padre Island στην ακτή του Τέξας το 1980, ένα κύμα θύελλας 4 m (13 πόδια) πλημμύρισε τμήμα του νησιού και έκοψε πολλά κανάλια έκλυσης. Γεωλόγοι που επισκέφθηκαν την περιοχή λίγο μετά τον τυφώνα διαπίστωσαν ότι μόνο οι μεγαλύτεροι αμμόλοφοι είχαν παραμείνει μετά το κύμα θύελλας. Όταν αναρριχήθηκαν επάνω στους αμμόλοφους βρέθηκαν αντιμετώπι με μια νέα φυσική απειλή - τα κοιότ και τους κροταλίες που είχαν λάβει καταφύγιο εκεί κατά τη διάρκεια της καταιγίδας . Για τους περισσότερους ανθρώπους η ζημιά από έναν τυφώνα είναι πιο εμφανής από ό, τι η ζημιά από ένα κύμα θύελλας , εν μέρει διότι επηρεάζει μια πολύ μεγαλύτερη περιοχή . Ο τύπος των αναμενόμενων ζημιών από τον άνεμο ενός τυφώνα συνοψίζεται στην Κλίμακα Saffir - Simpson (Πίνακας 1.1) .

Οι άνεμοι επιτυγχάνουν τη μεγαλύτερη ταχύτητα τους στο τείχος του ματιού του κυκλώνα , όπου και οι κατακρημνίσεις είναι περισσότερες. Το τείχος αυτό αποτελείται από σύννεφα και βροχή που περιβάλλει το ήρεμο μάτι του κυκλώνα . Ρυθμός βροχόπτωσης 250 cm (100 ίντσες) ανά ημέρα δεν είναι ασυνήθιστος στο τείχος αυτό. Επειδή η καταιγίδα είναι πιο έντονη στην περιοχή γύρω από το μάτι , οι μετεωρολόγοι προσπαθούν να προβλέψουν το σημείο όπου το κέντρο του τυφώνα θα προσεγγίσει σε ξηρά . Ένας τρίτος κίνδυνος από τυφώνες είναι οι πλημμύρες στην ξηρά. Οι σφοδρές βροχοπτώσεις συνδέονται και με τους τυφώνες και με τις τροπικές καταιγίδες καθώς αυτοί κινούνται στην ενδοχώρα. Αυτές οι βροχοπτώσεις συχνά προκαλούν μεγάλες πλημμύρες . Σε ορισμένους τυφώνες η ζημιά και οι θάνατοι που σχετίζονται με τις πλημμύρες υπερβαίνουν τις ζημιές που προκάλεσε η θύελλα στην παράκτια ζώνη . Χερσαίες πλημμύρες κατά μήκος της ακτής μπορεί να διαρκέσουν για πολλές ημέρες καθώς τα νερά της πλημμύρας που αποστραγγίζονται από την επιφάνεια της γης ρέουν πολύ αργά σε παράκτιους κόλπους και λιμνοθάλασσες.

ΤΣΟΥΝΑΜΙ

Το τσουνάμι μπορεί να προκαλέσει παράκτιες πλημμύρες και καταστροφές χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά από εκεί που δημιουργείται Το 1960 ένας σεισμός στην υποθαλάσσια ζώνη στα ανοικτά των ακτών της Χιλής προκάλεσε τσουνάμι που έφτασε στη Χαβάη 15 ώρες αργότερα, σκοτώνοντας 61 άτομα. Ωστόσο, πολλές φορές το μακρύ ταξίδι τους επιτρέπει τον έγκαιρο εντοπισμό τους έτσι ώστε να προειδοποιηθούν έγκαιρα πολλές παράκτιες κοινότητες. Μετά από ένα σεισμό που παράγει ένα τσουνάμι, η ώρα άφιξης των κυμάτων μπορεί συχνά να εκτιμηθεί εντός 1,5 λεπτού ανά ώρα του χρόνου ταξιδιού τους. Η πληροφορία αυτή έχει χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία συστημάτων προειδοποίησης για τσουνάμι σε πολλές χώρες που περιβάλλουν τον Ειρηνικό Ωκεανό (Σχήμα 1.17). Τα συστήματα αυτά λαμβάνουν πληροφορίες από ένα κέντρο στο Χαβάη.



ΣΧΗΜΑ 1.17 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΣΤΟΝ ΕΙΡΗΝΙΚΟ Πληροφορίες φτάνουν στο Κέντρο Προειδοποίησης Τσουνάμι στη Χαβάη, από τρεις πηγές: περισσότεροι από 100 μετρητές παλίρροιας, 5 υποωκεάνιοι μετρητές τσουνάμι που συνδέονται σε σηματοδούρες που επιπλέουν και αναρίθμητοι σταθμοί σεισμογράφων. Οι διακοπτόμενες γραμμές υποδεικνύουν το χρόνο που χρειάζεται ένα τσουνάμι να φτάσει στην Χαβάη από διάφορες περιοχές του Ειρηνικού. (Modified after NOAA National Weather Service)

Η πλειοψηφία των θανάτων από ένα τσουνάμι είναι από πνιγμό. Ένας αριθμός επιζώντων βιώνουν τραυματισμούς που προκαλούνται από τη φυσική επίδραση της σύγκρουσης τους σε στατικά αντικείμενα, όπως κτίρια και δέντρα όταν παρασύρονται από το νερό. Όπως και τα νερά των πλημμυρών κατά μήκος ενός ποταμού, οι πλημμύρες από τυφώνες και τσουνάμι μπορούν να δημιουργήσουν κινδύνους για την υγεία όπως το μολυσμένο νερό και έλλειψη σε προμήθειες τροφίμων. Ξεσπάσματα μολυσματικών ασθενειών δεν αυξάνονται απαραίτητα μετά από ένα τσουνάμι, αλλά η απώλεια στέγης εκθέτει τους ανθρώπους σε έντομα, ακραίες καιρικές συνθήκες, και άλλους περιβαλλοντικούς κινδύνους. Πόσο διαδεδομένος είναι αυτός ο κίνδυνος; Οι γεωλόγοι πρέπει να διασταυρώσουν πληροφορίες από ένα πλήθος πηγών για να απαντήσουν σε αυτήν την ερώτηση. Χρόνια έρευνας από γεωλόγους μαζί με το Αμερικανικό Γεωλογικό Ινστιτούτο, το Τμήμα Γεωλογικής Έρευνας της Ιαπωνίας, κρατικές και επαρχιακές γεωλογικές έρευνες και από πανεπιστήμια μας έχουν δώσει πληροφορίες για τον κίνδυνο για τσουνάμι που συνδέεται με τη ζώνη Cascadia στο Βορειοδυτικό Ειρηνικό των ακτών των Ηνωμένων Πολιτειών και του Καναδά. Το έργο περιελάμβανε εκσκαφές και ραδιοχρονολογήσεις των φερτών υλών από τσουνάμι, έρευνες από ιστορικά αρχεία και ντοκουμέντα από θρύλους των Ιθαγενών της Αμερικής. Σε μία αξιοσημείωτη ανακάλυψη, γεωλογικές μελέτες στην πολιτεία της Ουάσιγκτον και ιστορικές πληροφορίες από την Ιαπωνία εντόπισαν την πηγή του τσουνάμι και στις δύο χώρες σε ένα σεισμό στην ζώνη Cascadia που υπολογίστηκε να έχει πραγματοποιηθεί περίπου εννέα το βράδυ της 26^{ης} Ιανουαρίου του 1700. Αν και πιο καταστροφικά τσουνάμι αναπτύσσονται από M 7 ή μεγαλύτερους σεισμούς στη λεκάνη του Ειρηνικού, τα τσουνάμι έχουν σκοτώσει χιλιάδες ανθρώπους σε άλλες περιοχές, όπως οι ακτές του Ινδικού και του Ατλαντικού Ωκεανού, η Καραϊβική και η Μεσόγειος. Ορισμένες περιοχές, όπως η Ιαπωνία και η Χαβάη, βιώνουν συχνά τσουνάμι. Το Ανατολικό Honshu, το μεγαλύτερο από τα ιαπωνικά νησιά, βιώνει 10 m (30 πόδια) τσουνάμι περίπου κάθε δέκα χρόνια. Ιστορικά αρχεία στη Χαβάη που χρονολογούνται από το 1813 δείχνουν κατά μέσο όρο ένα τσουνάμι κάθε δύο χρόνια. Σε άλλες περιοχές, όπως στον Κόλπο του Μεξικού και της Ατλαντικής Ακτής των

ΗΠΑ, έχουν καταγραφεί πολύ λίγα τσουνάμι ιστορικά. Ωστόσο, ένα τσουνάμι που συνδέεται με το σεισμό του 1929 (Μ 7.3) του Grand Banks προκάλεσε σοβαρές ζημιές και 29 θανάτους στη Νέα Γη του Καναδά. Συνολικά, η συχνότητα του τσουνάμι στις ΗΠΑ εκτιμάται σε ένα κάθε οκτώ χρόνια.

1.6. Σύνδεση μεταξύ παράκτιων διεργασιών και άλλων φυσικών απειλών

Οι παράκτιες διεργασίες από μόνες τους, όπως τα κύματα και η διάβρωση, παρουσιάζουν πολλούς κινδύνους για την ανθρώπινη ζωή και τις περιουσίες. Αυτοί οι κίνδυνοι συχνά συνδέονται με άλλους φυσικούς κινδύνους, όπως οι σεισμοί, οι πλημμύρες, οι κατολισθήσεις, οι καθιζήσεις, οι ανεμοστρόβιλοι και η άνοδος της στάθμης της θάλασσας. Σεισμοί, υποβρύχιες κατολισθήσεις, και σε πολύ μικρότερο βαθμό, ηφαιστειακές εκρήξεις και αστεροειδείς, μπορούν να προκαλέσουν τσουνάμι. Η έντονη βροχοπτώση που σχετίζεται με τους τυφώνες οδηγεί σε πολλούς άλλους παράκτιους κινδύνους, όπως οι πλημμύρες, η διάβρωση και οι κατολισθήσεις. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το κύμα θύελλας και οι έντονες βροχοπτώσεις στην ενδοχώρα συνδυάζονται και προκαλούν εκτεταμένες παράκτιες πλημμύρες από πολλούς τυφώνες. Περιοχές όπου η ακτή έχει υποχωρήσει είναι πιο ευάλωτες και σε πλημμύρες και σε ένα κύμα θύελλας παράκτιες πλημμύρες συνδέονται επίσης με τα τσουνάμι. Ένα κύμα από ένα τσουνάμι μπορεί να καθαρίσει μια περιοχή από κτίρια και βλάστηση (βλ. Σχήμα 1.d). Το κύμα πηγαίνει σε δύο κατευθύνσεις , την ξηρά με την άφιξη κάθε μεγάλης κορυφής κύματος και προς τα ανοικτά με την άφιξη ενός κοίλου. Αυτή η αμφίδρομη ροή δημιουργεί τεράστια αναταραχή και μεγάλες σπειροειδείς δίνες στα παράκτια ύδατα. Οι ζημιές που προκαλούνται από τον άνεμο δεν περιορίζονται στους ανέμους που κυκλοφορούν γύρω από το μάτι του κυκλώνα . Οι τυφώνες μπορεί να δημιουργήσουν ανεμοστρόβιλους ή σφοδρή βροχοπτώση με ταχύτητα ανέμου άνω των 160 χιλιομέτρων(100 μιλ.) ανά ώρα. Κατά μέσο όρο , οι μισοί από τους τυφώνες που προσεγγίζουν την ξηρά προκαλούν ανεμοστρόβιλους. Αυτοί οι ανεμοστρόβιλοι είναι πιο συχνοί στο εμπρός και δεξιά τεταρτημόριο του τυφώνα. Άλλος ένας συνηθισμένος κίνδυνος που προκαλείται από τις παρακτιες διεργασίες είναι οι κατολισθήσεις. Η διάβρωση από τα κύματα στη βάση της πλαγιάς υποσκάπτει την πλαγιά και συχνά προκαλεί κατολισθήσεις. Αυτές οι πλαγιές μπορεί να είναι πιο επιρρεπείς στο να ολισθήσουν ένα κατασκευές όπως σπίτια προσθέσουν βάρος στην κορυφή (Σχήμα 1.18). Συνολικά, οι παράκτιες διεργασίες είναι στενά συνδεδεμένες με άλλες φυσικές απειλές που επηρεάζουν την ακτή: τσουνάμι, πλημμύρες κοιλάδων, κόλπων και λιμνοθαλασσών, τυφώνες και τη μαζική απόρριψη πλαγιών κατά μήκος ωκεανών και λιμνών.



ΣΧΗΜΑ 1.18 ΕΝΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟ ΔΩΜΑΤΙΟ ΜΕ ΘΕΑ Αυτά τα σπίτια που βρίσκονταν σε ένα λόφο της Ουάσινγκτον παρασύρθηκαν από αυτήν την κατολισθήση του 1997. Επιπρόσθετες κατολισθήσεις στο

μέλλον θα προκαλέσουν περαιτέρω υποχώρηση του μετώπου της πλαγιάς. (Photograph by Gerald W. Thorsen courtesy of the Washington Division of Geology and Earth Resources)

1.7 Οι φυσικές λειτουργίες των παράκτιων διεργασιών

Όπως ισχύει για πολλούς από τους άλλους κινδύνους που έχουμε συζητήσει, είναι δύσκολο να φανταστεί κανείς τα οφέλη των παράκτιων διεργασιών όπως η διάβρωση, οι τυφώνες και τα τσουνάμι. Ωστόσο, ορισμένες παράκτιες διεργασίες παρέχουν οφέλη. Παρά το γεγονός ότι η διάβρωση είναι ένα πρόβλημα για τους ιδιοκτήτες ακινήτων στις παράκτιες περιοχές, η ομορφιά της παράκτιας ζώνης οφείλεται εν μέρει από τη δραστηριότητα των κυμάτων και τη διάβρωση.

Στην ανατολικές και νότιες ΗΠΑ, τυφώνες και τροπικές καταιγίδες συχνά παρέχουν την αναγκαία βροχόπτωση σε περιοχές που διψούν για υγρασία.. Αυτή η υγρασία μπορεί να προέρχεται από τους τροπικούς κυκλώνες στον Ατλαντικό Ωκεανό και τον Κόλπο του Μεξικού, ή μπορεί να μεταφέρεται από ανέμους τυφώνων κατά μήκος της ακτής του Ειρηνικού του Μεξικού. Παράλιες διεργασίες όπως τα ρεύματα μετατόπισης διατηρούν αμμώδεις τις παραλίες σε όλες τις ακτές, συμπεριλαμβανομένων και όχθες λιμνών.



ΣΧΗΜΑ 1.19 ΤΟΞΟ ΣΕ ΒΡΑΧΟ Τα θαλάσσια τόξα, όπως αυτό στο Mendocino της Καλιφόρνια, σχηματίζονται από τη διάβρωση ενός μεγάλου βράχου. Βρίσκεται σε ένα δημόσιο πάρκο και αποτελεί λέγω της διάβρωσης του μια προσθήκη με αισθητική. (Robert H. Blodgett)

1.8 Ανθρώπινη αλληλεπίδραση με τις παράκτιες διεργασίες

Η ανθρώπινη παρέμβαση με τις φυσικές διεργασίες στις ακτές έχουν προκαλέσει σημαντική διάβρωση των ακτών. Τα περισσότερα προβλήματα προκύπτουν σε περιοχές που είναι ιδιαίτερα αραιοκατοικημένες και ανεπτυγμένες. Οι προσπάθειες για να σταματήσει η διάβρωση των ακτών συχνά περιλαμβάνουν μηχανικές κατασκευές που εμποδίζουν την παράκτια μεταφορά. Αυτά τα τεχνητά εμπόδια διακόπτουν την κίνηση της άμμου, προκαλώντας την αύξηση του μεγέθους της ακτής σε ορισμένες περιοχές και την διάβρωση της σε άλλες. Αυτό το είδος της ανθρώπινης

αλληλεπίδρασης με τις παράκτιες διεργασίες είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη κατά μήκος του Ατλαντικού, του Κόλπου, των ΗΠΑ, των Μεγάλων Λιμνών, και ορισμένων περιοχών του Καναδά.



ΣΧΗΜΑ 1.20 ΟΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΚΤΕΣ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΚΑΡΟΛΙΝΑ

Βόρεια εικόνα από την αποστολή του Αρollo-9. Τα νησιά - φράγμα εμφανίζονται ως λεπτές λευκές κορδέλες της άμμου που χωρίζουν τον Ατλαντικό Ωκεανό δεξιά και την ηπειρωτική χώρα από αριστερά. Το κιτρινωπό καφέ χρώμα στο νερό προκαλείται από αιωρούμενα ιζήματα, όπως πηλός, που διακινούνται εντός του παράκτιου συστήματος. (Courtesy of the National Aeronautics And Space Administration)



ΣΧΗΜΑ 1.21 ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ: Η ΠΡΟΒΛΗΤΑ ΑΥΞΑΝΕΙ ΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ

Το Fenwick Island, ένα νησί στις ακτές του Maryland που βιώνει την ταχεία αστική ανάπτυξη και όπου ένας πιθανός κίνδυνος τυφώνα γεννά την ανησυχία. Το ένθετο δείχνει τις λεπτομέρειες της εισόδου και τις επιπτώσεις από την κατασκευή της προβλήτας. Το βόρειο άκρο του Assateague Island, που είναι κίτρινο είναι σχετικά μια υπανάπτυκτη περιοχή που γνώρισε ταχεία διάβρωση της ακτογραμμής δεδομένου ότι μια προβλήτα κατασκευάστηκε κατά μήκος της εισόδου.

1.9 Ελαχιστοποιώντας τις επιπτώσεις των παράκτιων απειλών

Παράκτια Διάβρωση

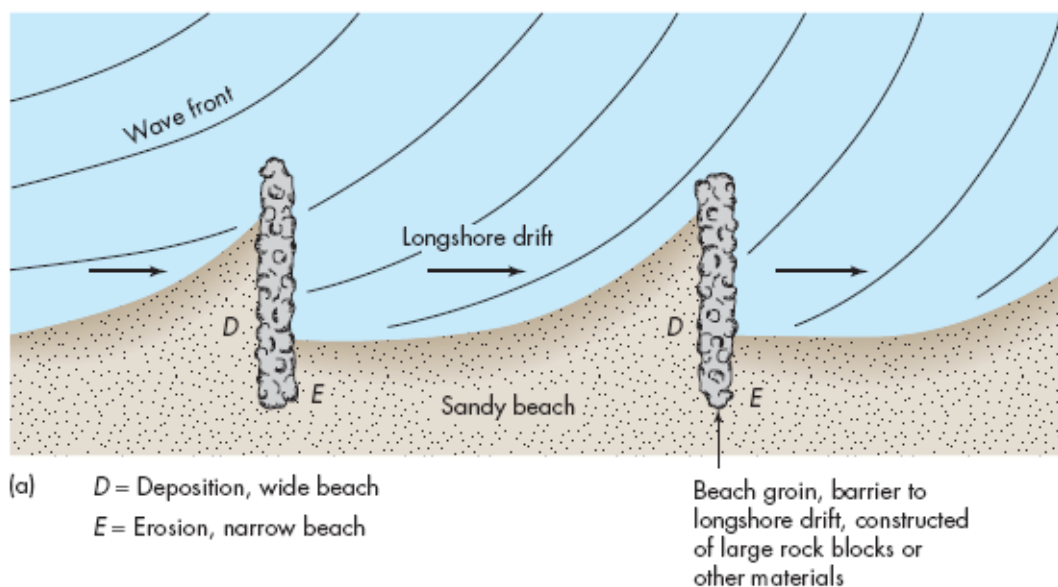
Επιφανειακά, η διάβρωση των ακτών μπορεί να φαίνεται ότι ελέγχεται ευκολότερα από ό, τι οι περισσότερες άλλες φυσικές καταστροφές. Για παράδειγμα, μπορούμε να κάνουμε ελάχιστα για να ελέγξουμε σεισμούς ή ηφαίστεια - μπορούμε μόνο να προσαρμοστούμε στην περιοδική τους απελευθέρωση ενέργειας. Υπάρχουν πράγματα που μπορούμε να κάνουμε, για τον έλεγχο της διάβρωσης των ακτών. Μηχανικές κατασκευές, όπως κυματοθραύστες, φράγματα και προβλήτες, είναι κατασκευασμένα για να βελτιώσουν την πορεία ή την καθυστέρηση της διάβρωσης. Ωστόσο, επειδή οι κατασκευές αυτές επηρεάζουν την παράκτια συγκοινωνία των φερτών υλών κατά μήκος της παραλίας, πολύ συχνά μπορούν να προκαλέσουν ανεπιθύμητες εναποθέσεις και διάβρωση σε αυτήν την περιοχή. Η θρέψη της παραλίας χρησιμοποιείται επίσης για την καταπολέμηση της διάβρωσης, αλλά συνήθως είναι μια δαπανηρή και προσωρινή λύση στο πρόβλημα.

Θαλάσσια Τείχη Τα θαλάσσια τείχη είναι κατασκευές που δημιουργήθηκαν στο έδαφος παράλληλα προς την ακτογραμμή για να βοηθήσουν στην καθυστέρηση της διάβρωσης και να προστατεύσουν τα κτίρια από βλάβες. Μπορούν να κατασκευαστούν με σκυρόδεμα, μεγάλους ογκόλιθους, με πασσάλους από ξύλο ή χάλυβα, σάκους τσιμέντου ή άμμου και άλλα υλικά. Η κατασκευή του κυματοθραύστη στη βάση ενός βράχου μπορεί να μην είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική, επειδή ο βράχος έχει διαβρωθεί τόσο από τη γη όσο και από το νερό. Η χρήση των θαλάσσιων τοιχίων έχει επικριθεί επειδή η κάθετη σχεδίαση τους αντανακλά τα εισερχόμενα κύματα και ανακατευθύνει την ενέργεια τους στην ακτή. Οι κυματοθραύστες, σε μια περίοδο δεκαετιών, προωθούν τη διάβρωση της παραλίας και παράγουν μια στενότερη παραλία με λιγότερη άμμο. Εκτός και αν σχεδιαστούν προσεκτικά για να συμπληρώσουν τις υφιστάμενες χρήσεις γης, τα θαλάσσια τείχη προκαλούν γενικά μια αισθητική υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή των θαλάσσιων τοιχίων θα πρέπει να κατασκευαστούν προσεκτικά σε συγκεκριμένες τοποθεσίες. Από τις παραπάνω αναφερθείσες δυσκολίες, ορισμένοι γεωλόγοι πιστεύουν ότι τα θαλάσσια τείχη μπορούν να προκαλέσουν περισσότερα προβλήματα από ό, τι θα λύσουν και θα πρέπει να χρησιμοποιείται σπάνια, αν όχι ποτέ.

Προκουμαίες Οι προκουμαίες είναι γραμμικές κατασκευές που τοποθετούνται κάθετα στην ακτή, συνήθως σε ομάδες (Σχήμα 1.23). Κάθε προκουμαία έχει σχεδιαστεί για να παγιδεύει ένα τμήμα της άμμου που παρασύρεται από τα ρεύματα μεταφοράς. Μια μικρή ποσότητα άμμου συσσωρεύεται στα πάνω άκρα της προκουμαίας, δημιουργώντας έτσι μια παράτυπη αλλά ευρύτερη όχθη. Αυτή η ευρύτερη όχθη προστατεύει την ακτογραμμή από τη διάβρωση. Ωστόσο, υπάρχει ένα πρόβλημα με τις προκουμαίες, όπου ενώ η παγιδευμένη άμμος κατατίθεται ανοδικά μιας προκουμαίας, η διάβρωση εμφανίζεται στα κάτω άκρα της κατασκευής. Έτσι, ένα τμήμα της προκουμαίας συνιστά μια ευρύτερη, πιο προστατευόμενη παραλία σε μία επιθυμητή περιοχή, αλλά προκαλεί διάβρωση της παρακείμενης ακτογραμμής. Μόλις μια προκουμαία έχει παγιδεύσει όλη την ποσότητα φερτής ύλης που μπορεί να κρατήσει, η άμμος στην προκουμαία μεταφέρεται γύρω από αυτήν για να συνεχίσει το ταξίδι της κατά μήκος της όχθης. Κατά συνέπεια, η διάβρωση μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με την τεχνητή πλήρωση άμμου σε κάθε προκουμαία και αυτή η διαδικασία απαιτεί την εξαγωγή άμμου από το πυθμένα του ωκεανού και τη διάθεσή του στην παραλία. Όταν οι προκουμαίες γεμίσουν από άμμο, θα αντλήσουν λιγότερη από την άμμο της μετατόπισης από τα καθοδικά ρεύματα του νερού και η διάβρωση θα μειωθεί. Παρ' όλες λοιπόν τις προφυλάξεις, οι προκουμαίες μπορούν να προκαλέσουν ανεπιθύμητη διάβρωση στην περιοχή και γι αυτό η χρήση τους θα πρέπει να αξιολογείται προσεκτικά.

Κυματοθραύστες και Προβλήτες Οι Κυματοθραύστες και οι προβλήτες είναι γραμμικές κατασκευές από λιθοριπές ή σκυρόδεμα που προστατεύουν περιορισμένα τμήματα της ακτογραμμής από τα κύματα. Ένας κυματοθραύστης έχει σχεδιαστεί για να παρεμποδίζει τα κύματα και να παρέχει μια προστατευμένη περιοχή, να είναι δηλαδή λιμάνι για πρόσδεση σκαφών ή πλοίων που μπορεί να

να συνδέεται, ή να διαχωρίζεται από την παραλία (Σχήμα 2.24α, β). Σε κάθε περίπτωση, ένας κυματοθραύστης μπλοκάρει τις παράκτιες μεταφορές και αλλάζει το σχήμα της ακτογραμμής καθώς νέες περιοχές απόθεσης και διάβρωσης αναπτύσσονται. Όλο αυτό μπορεί να προκαλέσει σοβαρή διάβρωση ή να μπλοκάρει ένα λιμάνι εισόδου με πρόσφατα παγιδευμένη άμμο. Η παγιδευμένη άμμος μπορεί να χρειαστεί να μετακινηθεί μέσω τεχνητής παράκαμψης, δηλαδή, την εκβάθυνση και την άντληση άμμου από όλη την προβλήτα για να αποθεθεί ξανά από την αρχή.



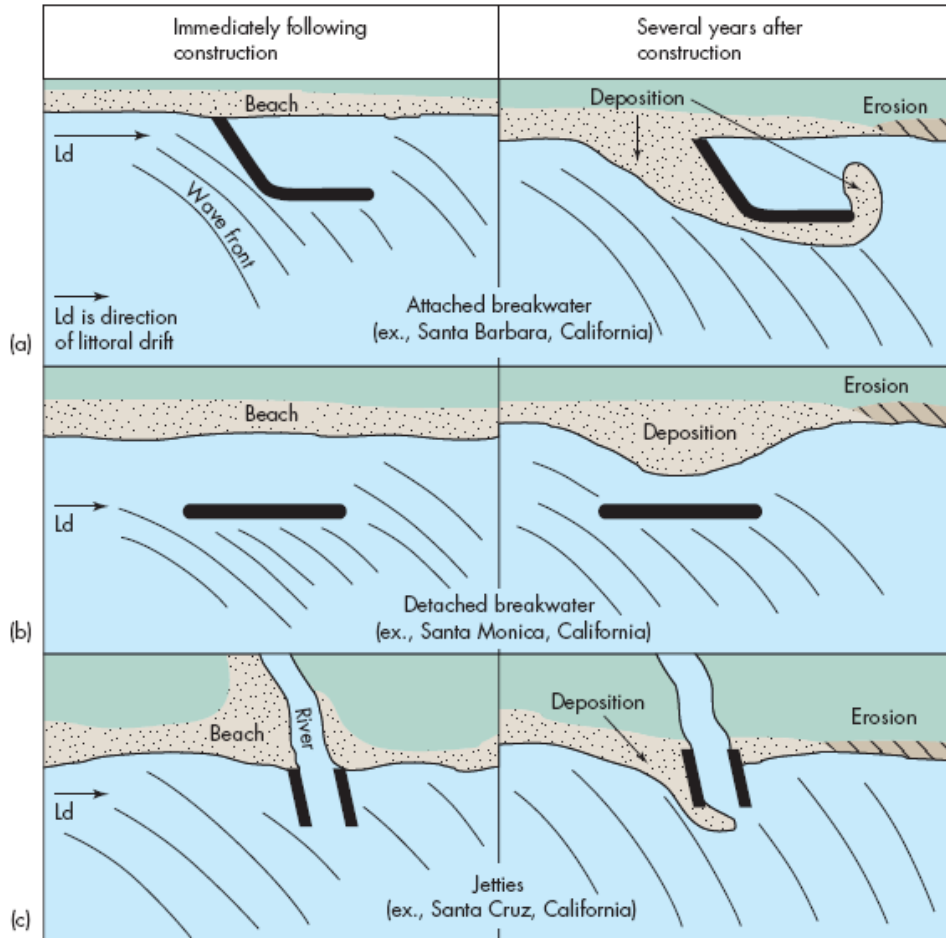
(b)



(c)

ΣΧΗΜΑ 1.23 ΠΡΟΚΥΜΑΙΕΣ ΣΕ ΠΑΡΑΛΙΕΣ Διάγραμμα δύο προκυμαίων σε θάλασσα, είναι χτισμένες πάνω στην άμμο και την παγιδεύουν στην περιοχή απόθεσης της (D). (Edward A. Keller)

Πλήρωση μιας Παραλίας Η χρήση της πλήρωσης των παραλιών για να μειωθούν τα ποσοστά της υποχώρησης της ακτογραμμής δεν περιορίζεται μόνο σε τεχνικά έργα. Στην πραγματικότητα, στις περισσότερες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιείται σαν εναλλακτική λύση αντί διαφόρων κατασκευών. Η πρόσθετη αυτή άμμος μερικές φορές αναφέρεται ως " απαλή λύση " στη διάβρωση των ακτών, σε αντίθεση με τις " σκληρές λύσεις " όπως οι προκυμαίες ή οι κυματοθραύστες. Στην ιδανική περίπτωση, μια παραλία που ξαναγεμίζεται θα προστατεύσει ένα παραθαλάσσιο ακίνητο από την επίθεση των κυμάτων. Η πλήρωση των παραλιών είναι αισθητικά προτιμότερη από πολλά τεχνικά έργα, και παρέχει τη δυνατότητα της χρήσης της παραλίας ως μέσο αναψυχής, καθώς και κάποια προστασία από τη διάβρωση της ακτογραμμής.



ΣΧΗΜΑ 1.24 ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΣΤΗΝ ΖΩΝΗ ΠΑΦΛΑΣΜΟΥ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΠΡΟΚΑΛΕΣΟΥΝ ΑΛΛΑΓΗ

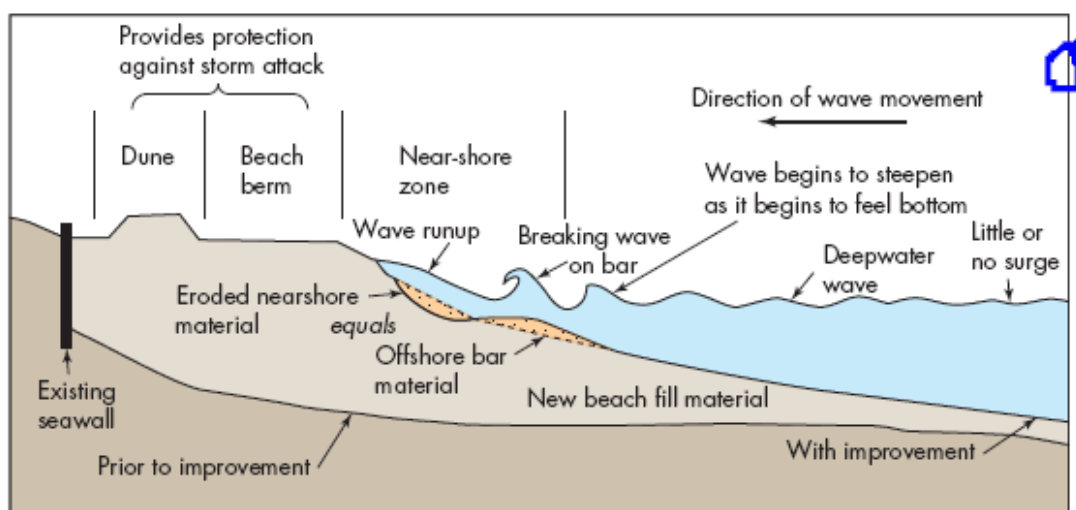
Διαγράμματα που απεικονίζουν τις επιπτώσεις από τους κυματοθραύστες, με παχιές μαύρες γραμμές στα (α) και (β), και από τις προβλήτες με σύντομες μαύρες γραμμές στο (c), αναφορικά με την τοπική εναπόθεση άμμου (κίτρινο) και τη διάβρωση (καφέ). Η αριστερή στήλη των διαγραμμάτων δείχνει τις παραλίες πριν τις κατασκευές και η δεξιά στήλη δείχνει την απόθεση και τη διάβρωση μετά τις κατασκευές. Οι καμπυλωτές λεπτές μαύρες γραμμές δείχνουν πως πλησιάζουν τα κύματα και τα βέλη υποδεικνύουν τη κατεύθυνση της παράκτιας μετακίνησης.

Οι περισσότερες παραλίες απαιτούν συχνές πληρώσεις για να παραμένουν άθικτες. Παρ' όλα αυτά, η πλήρωση των παραλιών έχει καταστεί η προτιμώμενη μέθοδος επαναφοράς της ή και ακόμη τρόπος δημιουργίας παραλιών αναψυχής και προστασίας της ακτογραμμής από τη διάβρωση, ανά τον κόσμο. Η δημόσια εκπαίδευση είναι επίσης απαραίτητο να ενημερώνει τους πολίτες για το τι μπορεί να αναμένεται από την πλήρωση μιας παραλίας.

Τυφώνες

Από τη στιγμή που δεν μπορούμε να αποτρέψουμε τους τυφώνες, ο κύριος τρόπος για να μειωθούν οι υλικές ζημιές και να αποφευχθεί η απώλεια ανθρωπίνων ζωών είναι να προβλέψουμε με ακρίβεια τις μεγάλες καταιγίδες και στη συνέχεια να προβλέψουμε τη συμπεριφορά τους καθώς πλησιάζουν την ξηρά. Το κοινό πρέπει να ειδοποιηθεί εγκαίρως για την προετοιμαστεί ή να εκκενώσει μια περιοχή. Οι τυφώνες μπορεί να είναι δύσκολο να προβλεφτούν, επειδή περιλαμβάνουν πολλές διαφορετικές καιρικές συνθήκες, και γενικά αναπτύσσονται μακριά από την ακτή, όπου υπάρχουν λίγοι, αν υπάρχουν, παρατηρητές. Μόλις ένας τυφώνας σχηματίζεται, οι μετεωρολόγοι πρέπει να προβλέψουν εάν θα φτάσει στη γη, που και πότε θα χτυπήσει, πόσο ισχυροί θα είναι οι άνεμοι, πόσο

πολύ θα επηρεαστεί μια περιοχή και πόσες βροχοπτώσεις και κυματα καταιγίδας θα συνοδεύουν την καταιγίδα. Λόγω της πολυπλοκότητας της πρόβλεψης τυφώνων, τα κέντρα πρόβλεψης τυφώνων χρησιμοποιούν πολλά διαφορετικά εργαλεία.



ΣΧΗΜΑ 1.26 ΤΟ ΣΧΗΜΑ ΤΗΣ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΤΟΥ ΜΑΙΑΜΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΛΗΡΩΣΗ Διατομή της παραλίας του Μαϊάμι. Οι αμμόλοφοι και τα πρανή της παραλίας παρέχουν προστασία απέναντι σε μια επίθεση καταιγίδας. Ένας υπάρχον κυματοθραύστης είναι η παχιά μαύρη γραμμή στην αριστερή πλευρά. Η νέα παραλία που έχει πληρωθεί με ύλη είναι σε ανοιχτό πράσινο. Το πορτοκάλι κομμάτι είναι περιοχή της παραλίας που μπορεί να έχει διαβρωθεί.

Εργαλεία Πρόβλεψης Τυφώνων Οι μετεωρολογικοί δορυφόροι είναι ίσως τα πιο πολύτιμα εργαλεία για την ανίχνευση ενός τυφώνα, δεδομένου ότι οι μεγάλες καταιγίδες συντελούνται πάνω από τον ανοιχτό ωκεανό. Οι δορυφόροι μπορούν να εντοπίσουν τα προειδοποιητικά σημάδια των τυφώνων πολύ πριν η καταιγίδα αρχίσει πραγματικά και οι μετεωρολόγοι τοποθετούν συστήματα συναγερμού σε περιοχές που θα πρέπει να παρακολουθούνται στενά. Παρά το γεγονός ότι οι δορυφόροι είναι άριστα μέσα για την ανίχνευση των τυφώνων πάνω από τον ανοιχτό ωκεανό, δεν μπορούν να δώσουν ακριβείς πληροφορίες σχετικά με την ταχύτητα του ανέμου και άλλες συνθήκες για τις καταιγίδες. Μόλις ένας τυφώνας εντοπιστεί, πρέπει να χρησιμοποιηθούν και άλλα εργαλεία για να τελειοποιήσουν τις προβλέψεις σχετικά με τη συμπεριφορά της θύελλας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανθρώπινη παρέμβαση στις φυσικές παράκτιες διεργασίες όπως όπως τα θαλάσσια τείχη, οι προκουμαίες, οι κυματοθραύστες και οι λιμενοβραχίονες είναι περιστασιακά επιτυχή, αλλά σε πολλές περιπτώσεις προκαλούν σημαντική διάβρωση των ακτών. Η άμμος τείνει να συσσωρεύεται στην άνω πλευρά της κατασκευής και στη συνέχεια να διαβρώσει την κάτω πλευρά της. Τα περισσότερα προβλήματα με τη διάβρωση των ακτών εμφανίζονται σε περιοχές με υψηλή πυκνότητα του πληθυσμού, αλλά και αραιοκατοικημένες περιοχές αντιμετωπίζουν επίσης πρόβλημα. Η πλήρωση μιας παραλίας έχει περιορισμένη επιτυχία στην αποκατάσταση ή τη διεύρυνση της παραλίας, αλλά ακόμη και αν υποθέσουμε ότι είναι «επιτυχημένη» μένει να φανεί αν θα είναι αποτελεσματική μακροπρόθεσμα. Η αντίληψη των παράκτιων κινδύνων εξαρτάται κυρίως από την εμπειρία του κάθε ατόμου και την εγγύτητα προς τον κίνδυνο. Οι ανεπτυγμένες χώρες προσαρμόζονται είτε οικοδομώντας προστατευτικές κατασκευές για να μειώσουν τον κίνδυνο των καταστροφών ή να αλλάξουν την συμπεριφοράς των ανθρώπων μέσω της σωστής χρήσης της γης, με συστήματα εκκένωσης και διαδικασίες για έγκαιρη προειδοποίηση. Η προσαρμογή των αναπτυγμένων περιοχών στην παράκτια διάβρωση έχει συχνά τεχνικές λύσεις και κατασκευές όπως κυματοθραύστες, προκουμαίες, και άλλες κατασκευές και πιο πρόσφατα, της πλήρωσης των παραλιών. Αυτές οι προσπάθειες για τη σταθεροποίηση των ακτών είχαν ανάμεικτη επιτυχία και συχνά προκαλούν πρόσθετα προβλήματα σε γειτονικές περιοχές. Οι μηχανολογικές κατασκευές είναι πολύ ακριβές, απαιτούν συντήρηση και εφόσον σταθεροποιηθούν και κατασκευαστούν είναι δύσκολο να αφαιρεθούν. Το κόστος της κατασκευής των μηχανολογικών κατασκευών μπορεί τελικά να υπερβαίνει την αξία που καταλήγουν να προστατεύουν. Τέτοιες κατασκευές μπορούν ακόμη και να καταστρέψουν τις παραλίες που είχαν σκοπό να σώσουν. Οι αναπροσαρμογές των προληπτικών μέτρων για την αντιμετώπιση των τυφώνων περιλαμβάνουν την μόνιμη παροχή σε προμήθειες έκτακτης ανάγκης, την προετοιμασία για την αντιμετώπιση της καταιγίδας από τη στιγμή που έχει γίνει η πρόβλεψη και αν απαιτείται, να γίνει εκκένωση πριν χτυπήσει η καταιγίδα. Τα σπίτια μπορούν να κατασκευαστούν έτσι ώστε να αντέχουν σε τυφώνες. Η πρόληψη για ένα τσουνάμι είναι παρόμοια με εκείνη του τυφώνα, εκτός από το ότι η άμεση εκκένωση από την παράκτια ζώνη είναι απαραίτητη, αν αυτό είναι δυνατόν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό καλύπτει περίπου το 70% της επιφάνειας της γης και είναι κρίσιμο στο να συντηρεί τη ζωή στον πλανήτη. Ωστόσο, σε ορισμένες καταστάσεις όπως η πλημμύρα, το νερό μπορεί επίσης να είναι μια σημαντική καταστροφή στην ανθρώπινη ζωή και περιουσία. Τα νερά της πλημμύρας έχουν σκοτώσει πάνω από 10,000 ανθρώπους στις Ηνωμένες Πολιτείες από το 1900. Για την τελευταία δεκαετία, η ζημιά σε περιουσίες από τις πλημμύρες έχουν υπολογιστεί κατά μέσο όρο πάνω από 4 δις ανά έτος. Η πλημμύρα είναι μια φυσική διαδικασία η οποία θα παραμείνει μια μεγάλη πηγή κινδύνου εφόσον άνθρωποι ζουν και δουλεύουν σε περιοχές με τάση σε πλημμύρες. Σε αυτό το κεφάλαιο θα εστιάσουμε στους ακόλουθους μαθησιακούς στόχους:

- Κατανόηση των βασικών ποτάμιων διαδικασιών
- Κατανόηση της διαδικασίας της πλημμύρας και γνώση της διαφοράς μεταξύ πλημμυρών στην κατεύθυνση του ρεύματος και πλημμυρών κινούμενων αντίθετα στο ρεύμα.
- Γνώση των γεωγραφικών περιοχών που κινδυνεύουν από την πλημμύρα
- Γνώση των επιπτώσεων της πλημμύρας και οι συνδέσεις με άλλες φυσικές καταστροφές
- Αναγνώριση των οφελών της περιοδικής πλημμύρας
- Κατανόηση του πώς οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν με και επηρεάζουν τον κίνδυνο για πλημμύρα
- Εξοκείωση με ρυθμίσεις που μπορούμε να κάνουμε για να ελαχιστοποιήσουμε τους θανάτους και τις καταστροφές από πλημμύρες

Οι πλημμύρες του 2000 στη Μεγάλη Βρετανία

Οι άνθρωποι συχνά εκπλήσσονται μαθαίνοντας πως η Αγγλία έχει ένα σπουδαίο κίνδυνο πλημμυρών, εφόσον τα ποτάμια εκεί τείνουν να είναι ήρεμα και η τοπογραφία είναι εξομαλυμένη σε σχέση με περισσότερο ορεινές περιοχές του κόσμου. Καταιγίδες που διασπείρουν κατακρημνίσματα στην Αγγλία το φθινόπωρο και το χειμώνα σχηματίζονται χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά στη μέση του Ατλαντικού Ωκεανού. Όταν αυτές φτάνουν στα Βρετανικά Νησιά συχνά περιέχουν ομάδες υψηλών ανέμων και μετεωρικών κατακρημνισμάτων, κάποιες φορές το ίδιο δυνατές με αυτές που συνδέονται με τους τυφώνες. Μπορεί να έχετε ακούσει για την <<τέλεια καταιγίδα>> της 27^{ης}

Οκτωβρίου του 1991 στον Ατλαντικό Ωκεανό που πρόσφατα γυρίστηκε σε ταινία. Τον Οκτώβρη και το Νοέμβρη του 2000, παρόμοιες καταιγίδες παρήγαν την περισσότερη βροχόπτωση στην Αγγλία μετά από εκατοντάδες χρόνια και την χειρότερη πλημμύρα από το 1947.

Σοβαρές προειδοποιήσεις για πλημμύρες τέθηκαν για 26 ποτάμια, χιλιάδες άνθρωποι απομακρύνθηκαν και περίπου 5000 κτίρια πλημμυρίστηκαν από νερά της πλημμύρας. Δεκατρείς άνθρωποι έχασαν τις ζωές τους και οι ζημιές απαριθμήθηκαν περίπου σε 3 δις δολάρια.

Οι πλημμύρες ξεκίνησαν τη δεύτερη εβδομάδα του Οκτωβρίου όταν πάνω από 20 εκατοστά (8 ίντσες) βροχής έπεσε εντός 24 ωρών στην νότια Αγγλία. Κάποιες πόλεις καλύφθηκαν τελείως από το νερό και αποκόπηκαν από τις γύρω περιοχές από τα νερά της πλημμύρας. Η πλημμύρα και οι καταιγίδες στο Uckfield ήταν οι χειρότερες που έπληξαν αυτήν την κοινότητα σε περισσότερο από 30 χρόνια. Ένας καταστηματοάρχης σε μια πόλη παρασύρθηκε από τα νερά και μεταφέρθηκε σχεδόν 1.5 χιλιόμετρο (1 μίλι) κατά μήκος ενός αφρίζοντος ποταμού. Επέπλευσε περνώντας από πολλούς ανθρώπους που αποπειράθηκαν να τον σώσουν και τελικά ανυψώθηκε στην ασφάλεια από ένα ελικόπτερο.

Στη νότια Αγγλία οι πλημμύρες προκάλεσαν το ποτάμι Ouse, το οποίο ρέει διαμέσου της ιστορικής πόλης της Υόρκης, να ανυψωθεί σε μια πρωτοφανή στάθμη των 6 μέτρων (20 ποδιών) πάνω από την κανονική ροή. Αυτά τα νερά της πλημμύρας υπερέβησαν κατά 5 εκατοστά τις πλημμυρικές άμυνες της πόλης.

Όταν το Ανάκτορο του Αρχιεπισκόπου της Υόρκης πλημμύρισε, σχολίασε ότι με το να είναι περιτριγυρισμένος με όλο αυτό το νερό ένωσε σα το Νώε στη κιβωτό του.

Για αρκετά χρόνια πριν τις πλημμύρες, η Υπηρεσία Περιβάλλοντος της Βρετανικής κυβέρνησης προειδοποίησε τις τοπικές αρχές σε κάθε σημείο της χώρας για τις συνέπειες του χτισίματος χιλιάδων νέων κατοικιών σε **λεκάνες κατάκλισης**, τις σχετικά επίπεδες περιοχές σχηματισμένες από ρέματα και ποτάμια δίπλα στα κανάλια τους. Η Υπηρεσία δεν είχε τη δύναμη να σταματήσει την ανάπτυξη και πάνω από 21,000 σπίτια χτίστηκαν σε τέτοιες περιοχές. Πράγματι, κατά τη διάρκεια αυτής της εξάμηνης περιόδου πριν τις πλημμύρες, η Υπηρεσία Περιβάλλοντος συμβούλευσε τοπικές αρχές να απορρίψουν σχεδόν 200 αιτήσεις για νέα κτίσματα εξαιτίας της υψηλής επικινδυνότητας της πλημμύρας. Δυστυχώς το 40% αυτών των προειδοποιήσεων αγνοήθηκε και οι τοπικές αρχές επέτρεψαν να συνεχιστεί η ανάπτυξη.

Η Υπηρεσία έχει εκτιμήσει πως μέχρι το 2020 ο αριθμός των νέων σπιτιών που κατασκευάζονται σε λεκάνες κατάκλισης θα αυξήσει τον αριθμό των ανθρώπων που απειλούνται από πλημμύρες από 4 εκατομμύρια σε 6.

Ασφαλιστικές εταιρίες στη Μεγάλη Βρετανία έχουν κατακλυστεί από διεκδικήσεις αποζημιώσεων για καταστροφές που προκύπτουν από πλημμύρες. Αυτές οι διεκδικήσεις πολύ πιθανόν αυξάνουν τα ασφάλιστρα των νοικοκυριών σε περιοχές με τάση για πλημμύρα και σε κάποιες περιπτώσεις η άρνηση για ασφαλιστική κάλυψη είναι καθ'ολοκληρίαν. Οι πιθανές ζημιές για τα εκτιμώμενα 1.2 εκατομμύρια σπίτια στη Μεγάλη Βρετανία που κινδυνεύουν από πλημμύρα υπερβαίνει τα 50 δις-ένα τεράστιο ποσό, δεδομένου ότι η μέση αποζημίωση είναι 9,000 δολάρια. Εάν δεν υπάρξουν σημαντικές βελτιώσεις στην πλημμυρική προστασία, θα είναι πολύ δύσκολο οι ιδιοκτήτες και επιχειρηματίες σε τέτοιες περιοχές να εξασφαλίσουν ασφαλιστική κάλυψη. Η έλλειψη της ασφάλισης είναι ένα ισχυρό κίνητρο για τη θέσπιση κανονισμών που απαγορεύουν τη δόμηση σε επικίνδυνες περιοχές. Οι πλημμύρες του 2000 στη Μεγάλη Βρετανία είναι εξαιρετικής σημασίας και για άλλες χώρες, συμπεριλαμβανομένων και των Ηνωμένων Πολιτειών. Η πλημμύρα είναι η πιο συνηθισμένη φυσική καταστροφή.

Όπως στη Βρετανία, έχουμε καθυστερήσει να αναγνωρίσουμε τα οφέλη της αποφυγής της ανάπτυξης σε λεκάνες κατάκλισης. Οι αλλαγές στη χρήση της γης, ειδικά η αστικοποίηση, έχουν αυξήσει τον κίνδυνο για πλημμύρα ειδικά κοντά σε μικρούς χειμάρρους σε μικρές και μεγάλες πόλεις. Ο τρόπος να ελαχιστοποιήσουμε αυτόν τον κίνδυνο είναι απλός: Απλά λέμε όχι στη δόμηση σε λεκάνες κατάκλισης, υπολογίζοντας την κατακόρυφη πτώση του υψόμετρου του καναλιού ανά κάποια οριζόντια απόσταση. Η κλίση συνήθως δίνεται σε μέτρο ανά χιλιόμετρο ή πόδι ανά μίλι. Γενικά, η κλίση ενός ποταμού είναι πιο απότομη σε μεγαλύτερα υψόμετρα στη λεκάνη απορροής και οριζοντιώνεται καθώς το ποτάμι προσεγγίζει το επίπεδο της βάσης του. Το επίπεδο της βάσης του ποταμού είναι ουσιαστικά το χαμηλότερο υψόμετρο στο οποίο μπορεί να διαβρώνεται.

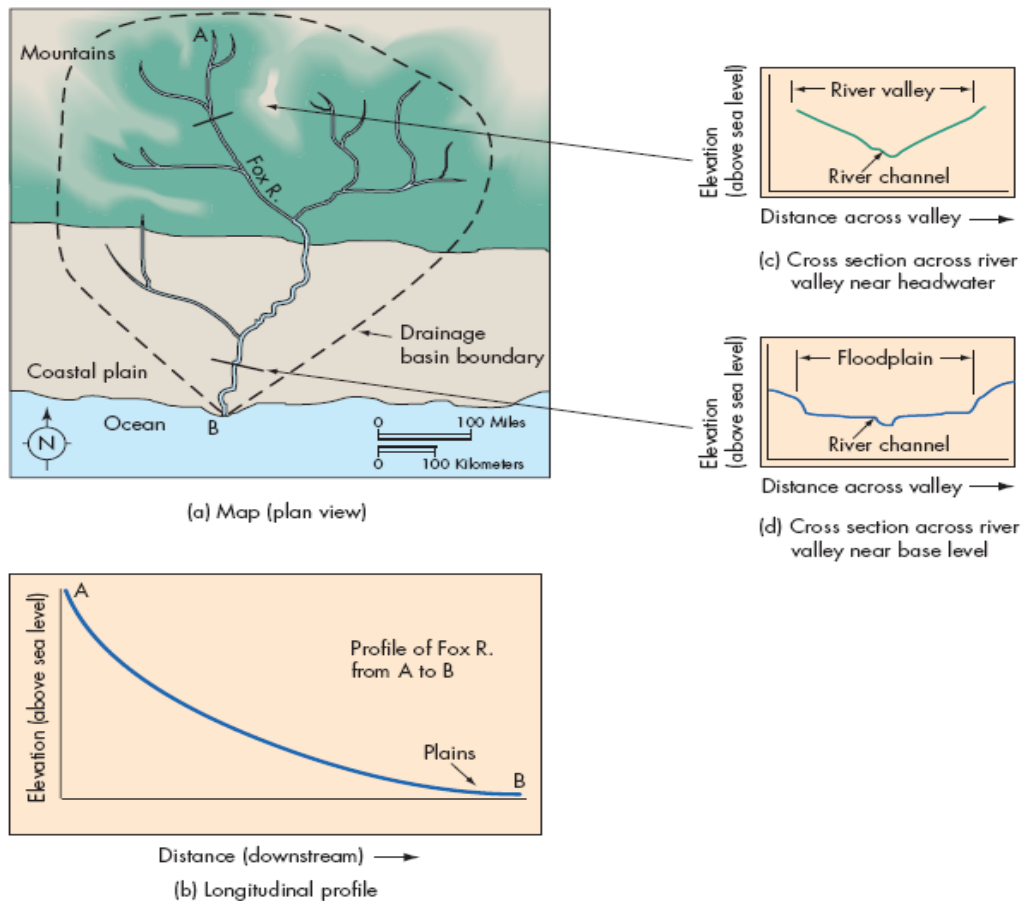
Τις περισσότερες φορές, αυτό το υψόμετρο είναι στο επίπεδο της θάλασσας ή κοντά σε αυτό, αν και ένα ποτάμι μπορεί να έχει ένα προσωρινό επίπεδο βάσης όπως μια λίμνη. Κατ' αυτόν τον τρόπο τα ποτάμια ρέουν κατηφορικά προς το επίπεδο βάσης τους και ένα γράφημα που δείχνει τις αλλαγές προς τα ανάντη στο υψόμετρο ενός ποταμού καλείται *διάμηκες προφίλ* (Σχήμα 2.1b).

2.1 ΠΟΤΑΜΙΑ-ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ρυάκια και τα ποτάμια είναι μέρος του υδρολογικού κύκλου, και η υδρολογία είναι ο κλάδος της επιστήμης που μελετάει τον κύκλο του νερού. Στον υδρολογικό κύκλο, το νερό εξατμίζεται από την επιφάνεια της Γης, κυρίως από τους ωκεανούς, στην ατμόσφαιρα, και επιστρέφει σε αυτούς ρέοντας υπόγεια και δια μέσου της επιφάνειας της ξηράς. Το νερό που πέφτει στην γη ως βροχή και χιόνι θα εισχωρήσει στο χώμα, θα εξατμιστεί από την επιφάνεια της γης, ή θα διοχετευθεί στην ξηρά ακολουθώντας μια πορεία καθορισμένη από την τοπική τοπογραφία.

Το επιφανειακό σύστημα διοχέτευσης, αναφερόμενο ως **επιφανειακή απορροή**, βρίσκει το δρόμο του σε μικρά ρυάκια, που μπορεί να ενωθούν ως παραπόταμοι σε ένα μεγαλύτερο ρυάκι ή **ποταμό**. Τα ρυάκια και οι ποταμοί διαφέρουν μόνο στο μέγεθος-τα ρυάκια είναι μικρά ποτάμια. Η τοπική χρήση ποικίλλει ως προς το τι σχηματίζει ένα ρυάκι, ένα ρέμα και ένα ποτάμι. Οι γεωλόγοι ωστόσο συχνά χρησιμοποιούν τον όρο *ρυάκι* για κάθε όγκο νερού που ρέει σε ένα κανάλι. Η περιοχή από





ΣΧΗΜΑ 2.1 ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΦΙΛ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

Ιδεολογικό διάγραμμα του ποταμού Fox που δείχνει (α) τη λεκάνη απορροής του που περιγράφεται από την έντονη μαύρη γραμμή. Αυτή είναι η περιοχή όπου το επιφανειακό νερό διοχετεύεται στον ποταμό ή τους παραποτάμους του.

(β) Το επίμηκες προφίλ του από το σημείο Α στην πηγή του ποταμού ως το σημείο Β στην εκβολή του. Η κατακόρυφη κλίμακα στο διάγραμμα υπερβάλλει κατά πολύ. (γ) Η διχαλωτή διατομή της κοιλάδας του ποταμού κοντά στα νερά τροφοδοσίας του ποταμού όπου το επίπεδο της κοιλάδας είναι κυρίως το κανάλι. (δ) Η διατομή της κοιλάδας στην παράκτια πεδιάδα όπου το επίπεδο της κοιλάδας είναι κυρίως η πεδιάδα πλημμύρας.

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ, ΕΚΦΟΡΤΙΣΗ, ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΕΣΗ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

Τα ποτάμια είναι το βασικό σύστημα μεταφοράς αυτού του μέρους του γεωλογικού κύκλου που περιλαμβάνει τη διάβρωση και την απόθεση των ιζημάτων. Είναι βασικοί παράγοντες διάβρωσης στο τοπογραφικό ανάγλυφο.

Η ταχύτητα του νερού σε ένα ποτάμι ποικίλλει ανάλογα με την πορεία του, επηρεάζοντας τη διάβρωση και την απόθεση ιζήματος. Οι υδρολόγοι συνδυάζουν μετρήσεις της ταχύτητας της ροής και του βάθους του νερού για να ορίσουν την Εκφόρτιση (Q), μια χρήσιμη ένδειξη της ροής. Η εκφόρτιση είναι ο όγκος του νερού που κινείται διαμέσου μιας διατομής ανά μονάδα χρόνου.

Πλημμύρα του ποταμού Ventura

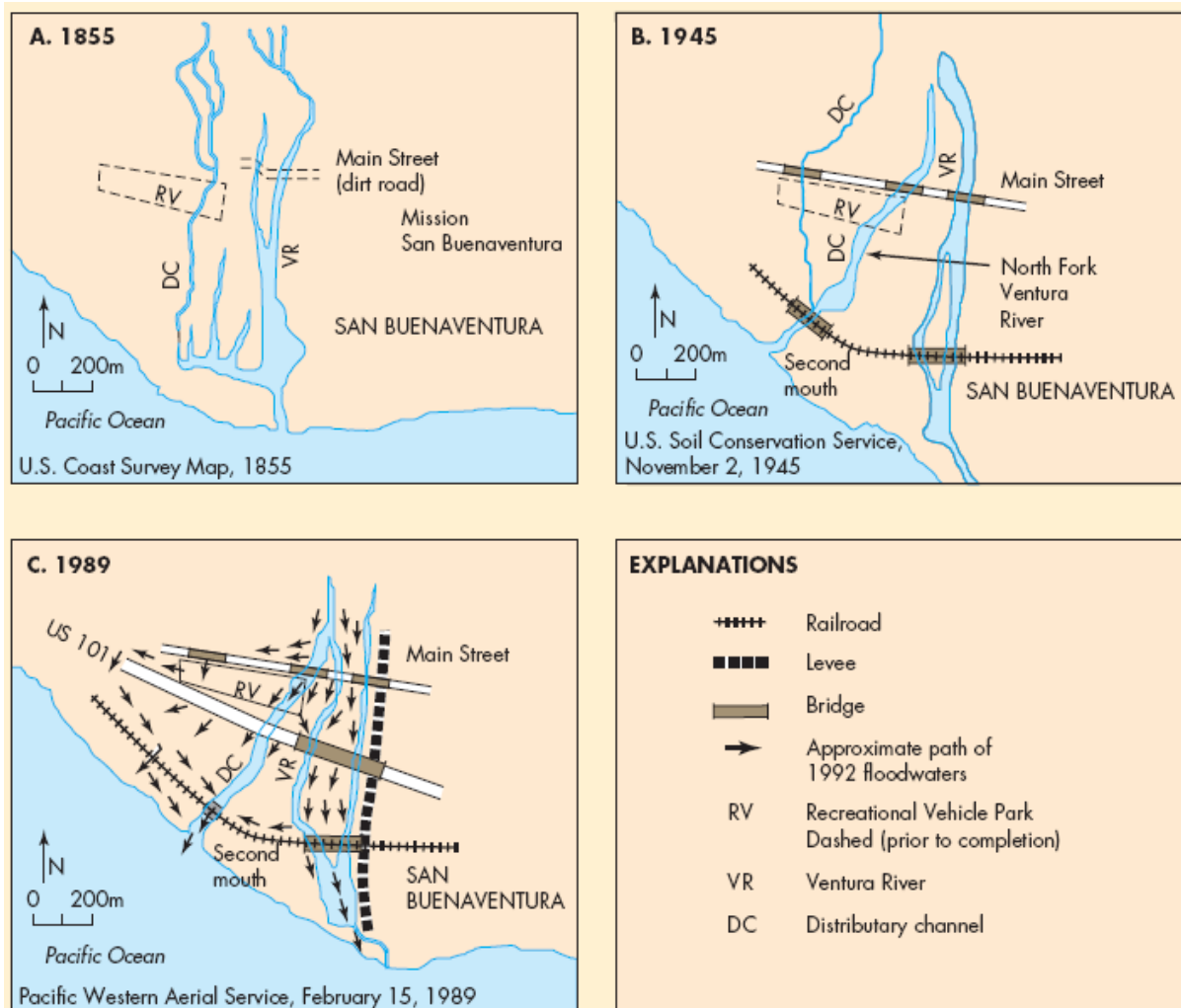
Το 1905 ο φιλόσοφος George Santayana είπε: <<Αυτοί που δεν μπορούν να θυμηθούν το παρελθόν είναι καταδικασμένοι να το επαναλάβουν.>> Οι μορφωμένοι μπορεί να διαφωνούν στο αν οι κύκλοι στην ανθρώπινη ιστορία επαναλαμβάνονται, αλλά η επαναληπτική φύση των φυσικών καταστροφών όπως η πλημμύρα είναι αδιαφιλονίκητη. Η καλύτερη κατανόηση της ιστορικής συμπεριφοράς ενός ποταμού είναι επομένως σημαντική στο να εκτιμήσουμε τον παρόντα και μελλοντικό κίνδυνο της πλημμύρας. Σκεφτείτε σοβαρά την πλημμύρα του ποταμού Ventura στη νότια Καλιφόρνια, το Φεβρουάριο του 1992. Η πλημμύρα προκάλεσε σοβαρές ζημιές στο Ventura Beach Recreational Vehicle (RV) Resort, που είχε κατασκευαστεί μερικά χρόνια νωρίτερα σε ένα ενεργό κανάλι του δέλτα του ποταμού Ventura. Αν και η πλημμύρα αυτή επανεμφανίζεται ανά 22 έτη(Σχήμα 1.A), πιο πρώιμες μελέτες εισηγήθηκαν ότι το πάρκο RV δε θα πλημμύριζε ούτε από μια πλημμύρα με ρυθμό επανεμφάνισης τα 100 έτη. Τι πήγε στραβά;

- Οι σχεδιαστές δεν αναγνώρισαν ότι το πάρκο κατασκευαζόταν σε ένα ιστορικά ενεργό κανάλι του δέλτα του ποταμού Ventura. Είναι γεγονός πως οι νεότερες αναφορές δεν αναφέρουν καν το δέλτα.
- Τα μηχανικά μοντέλα που προβλέπουν την πλημμύρα δεν είναι ακριβή όταν εκτιμούν τα κανάλια των παραπόταμων σε δέλτα ποταμών όπου είναι πιθανό το εκτεταμένο γέμισμα του καναλιού, όπως και η πλευρική του κίνηση.
- Τα ιστορικά ντοκουμέντα, όπως χάρτες χρονολογούμενοι πίσω στο 1855, και πιο πρόσφατες αεροφωτογραφίες δείχνουν ότι τα κανάλια προφανώς δεν αποτιμήθηκαν. Οι χάρτες που προέκυψαν από αυτά τα ντοκουμέντα υποδεικνύουν ότι το παραποτάμιο κανάλι που περνάει από το πάρκο όντως υπήρχε το 1855(Σχήμα 2.B.).



Είναι ξεκάθαρο πως η ιστορική συμπεριφορά του ποταμού δεν υπολογίστηκε σαν ένα τμήμα της εκτίμησης του κινδύνου για πλημμύρα. Εάν είχε γίνει, η τοποθεσία αυτή θα είχε αναγνωριστεί σαν μη αποδεκτή για ανάπτυξη δεδομένου ότι ένα ιστορικά ενεργό κανάλι ήταν παρόν. Ωστόσο, απαραίτητες άδειες είχαν εκδοθεί για την ανάπτυξη του πάρκου και μάλιστα το πάρκο ξαναχτίστηκε μετά την πλημμύρα. Πριν το 1992, το παραποτάμιο κανάλι μετέφερε νερό κατά τη διάρκεια του 1969, 1978, και του 1982. Ακολουθώντας το γεγονός της πλημμύρας του 1992, το κανάλι μετέφερε τα νερά από πλημμύρες τους χειμώνες του 1993, 1995 και 1998, πλημμυρίζοντας ξανά το πάρκο. Κατά τις πλημμύρες του 1992, η εκφόρτιση αυξήθηκε από $25m^3 \cdot 883ft^3 \cdot 2$ ανά sec σε ένα άκρο των $1322m^3 \cdot 1883ft^3 \cdot 2$ ανά sec σε μόλις σχεδόν 4 ώρες! Αυτός ο ρυθμός της ροής είναι περίπου δυο φορές όσο η υψηλή ημερήσια εκφόρτιση του ποταμού Colorado εντός του Grand Canyon το καλοκαίρι, όταν οι rafters του ποταμού τον διαπλέουν. Αυτός ο όγκος είναι μια πελώρια discharge για ένα σχετικά μικρό ποτάμι με μια περιοχή αποστράγγισης με μόνο περίπου $585km^2 \cdot 1226mi^2$. Η πλημμύρα συνέβη κατά της διάρκειας της ημέρας και ένα άτομο

σκοτώθηκε. Ωστόσο, εάν η πλημμύρα είχε συμβεί τη νύχτα αυτό το βαρύ τμήμα θα ήταν μεγαλύτερο. Ένα σύστημα προειδοποίησης έχει σχεδιαστεί για το πάρκο και μέχρι στιγμής έχει υπάρξει αποτελεσματικό στην έγκαιρη προειδοποίηση μιας επικείμενης πλημμύρας. Το πάρκο, με ή χωρίς προσωπικό και πελάτες, είναι μια <<καθιστή πάπια>>. Αυτή η κατάσταση ξαναβγήκε στο φως όταν χειμωνιάτικες πλημμύρες σάρωσαν το πάρκο το 1995 και το 1998. Αν και το σύστημα ειδοποίησης δούλεψε και το πάρκο εκκενώθηκε επιτυχώς, η εγκατάσταση καταστράφηκε και πάλι σε μεγάλο βαθμό. Η ενέργεια τώρα που αναπτύσσεται είναι η αποκατάσταση του της γης σε ένα πιο φυσικό περιβάλλον δέλτα – μια καλή κίνηση!

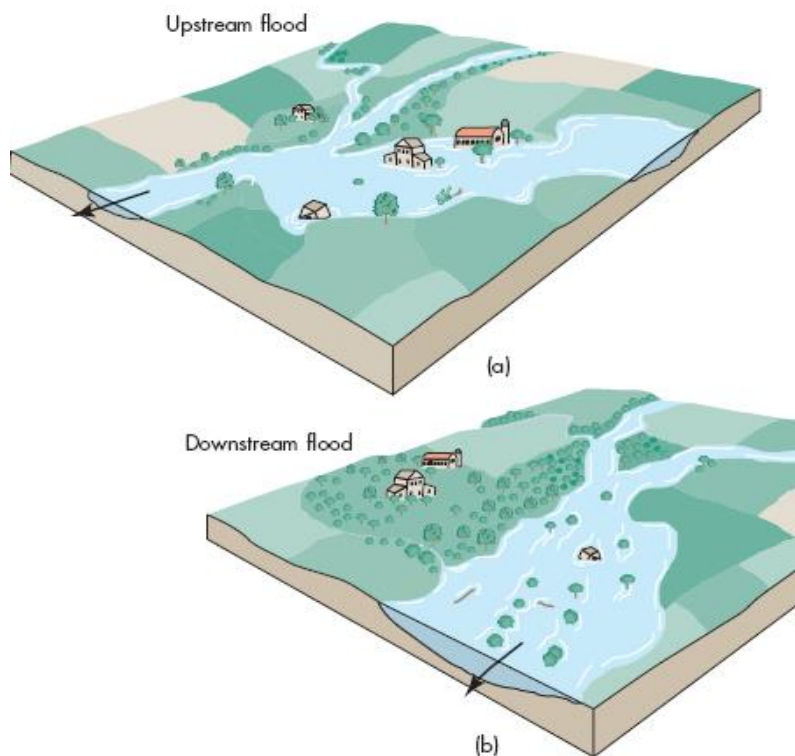


ΣΧΗΜΑ 2.Β ΙΣΤΟΡΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ ΤΟΥ ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ VENTURA Φαίνονται τα κανάλια των παραποτάμων και η τοποθεσία του πάρκου. (α) Το 1855, ένα μικρό παραποτάμιο κανάλι (DC) έρρεε μέσα από τη μελλοντική τοποθεσία του πάρκου (κουτί με διακεκομμένες παύλες) και ενώθηκε με το κεντρικό κανάλι του ποταμού (VR) κοντά στο ποτάμι. (β) Μέχρι το 1945, το κανάλι του 1855 είχε διευρυνθεί και έρρεε κατευθείαν προς τον ωκεανό σαν τη Βόρεια Διακλάδωση του ποταμού Ventura. Ένας δεύτερος παραποτάμος έρρεε μέσα από το δυτικό τμήμα του μελλοντικού πάρκου και ενωνόταν με the το ανοδικό ρεύμα του ποταμού. (γ) Το 1989, περίπου την εποχή που το πάρκο χτιζόταν, το αυθεντικό κανάλι του 1855 ήταν ακόμα ενεργό σαν ένα από τους κύριους παραποτάμους. Ένα φράγμα είχε χτιστεί στην ανατολική πλευρά του δέλτα για να προστατευτεί η San Buenaventura. Στην πλημμύρα του 1992 (βέλη), υλικά από το φράγμα και από χώμα που ανυψώθηκαν στο σιδηρόδρομο και τον U.S. 101 έδρασαν σαν εμπόδια στο να επεκταθεί η πλημμύρα στο δέλτα. (From Keller, E. A., and M.H. Capelli. 1992. Ventura River flood of February, 1992: A lesson ignored? Water Resources Bulletin 25(5):813–31)

Ο όρος στάδιο πλημμύρας χρησιμοποιείται συχνά για να δηλώσει ότι η ανύψωση της επιφάνειας του νερού έχει φτάσει ένα επίπεδο πιθανό να προκαλέσει ζημιές σε προσωπική περιουσία. Αυτός ο ορισμός βασίζεται σε ανθρώπινη αντίληψη, οπότε το ύψος του νερού που καλούμε στάδιο πλημμύρας εξαρτάται από την ανθρώπινη χρήση της flood plain. Άρα, η ένταση μιας πλημμύρας μπορεί ή και δεν μπορεί να συμπίπτει με το μέγεθος της καταστροφής περιουσιών.

Πλημμύρες αντίθετα στο ρεύμα και πλημμύρες στην κατεύθυνση του ρεύματος

Οι πλημμύρες μπορούν επί πλέον να χαρακτηριστούν ως προς το πού συμβαίνουν σε μια λεκάνη κατάκλισης (Σχήμα 1.9). Οι πλημμύρες αντίθετα στο ρεύμα συμβαίνουν στα ανώτερα σημεία λεκανών κατάκλισης και σε κάποιες μικρές λεκάνες κατάκλισης κάποιων παραποτάμων σε ένα μεγαλύτερο ποταμό. Γενικά παράγονται από έντονη βροχή μικρής διάρκειας πάνω από μια σχετικά μικρή περιοχή. Εάν αυτές οι πλημμύρες είναι ξαφνικές και σχετικά μεγάλου όγκου μπορούμε να τις πούμε *πλημμύρες-αστραπή*. Το μέγιστο discharge στις πλημμύρες-αστραπή μπορεί να συμβεί σε λιγότερο από 10 λεπτά. Η πλημμύρα-αστραπή είναι περισσότερο συνηθισμένη σε άνυδρα και ημί-άγονα περιβάλλοντα, σε περιοχές με απότομη τοπογραφία ή ελάχιστη βλάστηση, (Ιστορία Επιζώντα 1.3) και ακολουθείται από θραύσεις υδροφρακτών, φραγμάτων και σφήνες πάγων. Αν και οι πλημμύρες αντίθετα στην κατεύθυνση του ρεύματος δεν δημιουργούν πλημμύρα, στα μεγαλύτερα ρυάκια ενώνονται με αυτές κινούμενες στο ρεύμα, και μπορούν να είναι αρκετά σφοδρές τοπικά. Για παράδειγμα, μιας υψηλής έντασης πλημμύρας αντίθετα στην κατεύθυνση του ρεύματος συνέβη τον Ιούλιο του 1976 στο Front Range του Colorado. Αυτή η πλημμύρα προκλήθηκε από ένα πολύπλοκο σύστημα καταιγίδων και θυελλών που σάρωσαν δεκάδες φαράγγια δυτικά της Loveland και απελευθέρωσαν έως και 25cm (9.8 in.) βροχής μέσα σε λίγες ώρες. Οι καταιγίδες προκάλεσαν πλημμύρες-αστραπή ο οποίες σκότωσαν 139 άτομα και προκάλεσαν ζημιές της τάξης των 35 εκατομμυρίων δολαρίων και άνω σε εθνικές οδούς, δρόμους, γέφυρες, σπίτια και μικρές επιχειρήσεις. Οι περισσότερες καταστροφές και απώλειες ζώων συνέβησαν στο Big Thomson Canyon, όπου εκατοντάδες κατοίκων, κατασκηνωτών και τουριστών αιφνιδιάστηκαν χωρίς καμία προειδοποίηση. Αν και οι καταιγίδες και οι πλημμύρες ήταν σπάνια συμβάντα στα φαράγγια του Front Range, ισοδύναμες πλημμύρες συνέβησαν στο παρελθόν και αναμένονται και στο μέλλον. Παρουσιάζει ενδιαφέρον το γεγονός πως οι περισσότεροι άνθρωποι που πεθαίνουν σε πλημμύρες-αστραπή είναι μέσα σε οχήματα. Οι θάνατοι συμβαίνουν όταν οι άνθρωποι επιχειρούν να οδηγήσουν μέσα από ρηχά και γρήγορα σε κίνηση νερά πλημμύρας. Ένας συνδυασμός άνωσης και της ισχυρής πλευρικής δύναμης του νερού παρασέρνουν τα οχήματα από το δρόμο και βαθύτερα στο νερό, παγιδεύοντας του ανθρώπους σε βυθιζόμενα ή αναποδογυρισμένα αμάξια. Τα περισσότερα οχήματα θα παρασυρθούν από 0.6m (2ft) νερού. Οι μεγάλες, στην κατεύθυνση του ρεύματος πλημμύρες, είναι αυτές που συνήθως γίνονται κύριοι τίτλοι ειδήσεων σε εφημερίδες και στην τηλεόραση. Το 2004, ισχυρές βροχοπτώσεις από μια σειρά τυφώνων και τροπικών καταιγίδων στις ανατολικές ΗΠΑ προκάλεσαν ρεκόρ πλημμύρων. Πολύ μεγάλες πλημμύρες στην κατεύθυνση του ρεύματος συνέβησαν γιατί το έδαφος παρέμεινε αφυδατωμένο καθώς η μια καταιγίδα διασταυρωνόταν με την άλλη στις ίδιες λεκάνες κατάκλισης. Στην Pennsylvania, ο ποταμός Susquehanna κορυφώθηκε 8 πόδια πάνω από το στάδιο της πλημμύρας και έγινε μια από τις 5 μεγαλύτερες πλημμύρες στην ιστορία (Σχήμα 1.10). Τέτοιου είδους πλημμύρα στον ποταμό Ohio στη Marietta, ήταν η χειρότερη σε 40 χρόνια (Σχήμα 1.11), και η πλημμύρα στην Atlanta της Georgia, διαμόρφωσε τα ρεκόρ όλων των εποχών.



ΣΧΗΜΑ 2.9 Ιδεολογικό διάγραμμα που συγκρίνει μια (α) κινούμενη αντίθετα στο ρεύμα πλημμύρα με μια (β) κινούμενη προς την κατεύθυνση του ρεύματος πλημμύρα. Οι αντίθετα προς το ρεύμα πλημμύρες γενικά καλύπτουν σχετικά μικρές περιοχές και προκαλούνται από έντονες τοπικές καταιγίδες, ενώ οι κινούμενες προς το ρεύμα πλημμύρες καλύπτουν μεγάλες περιοχές και προκαλούνται από περιφερειακές καταιγίδες ή από το ανοιξιότικο νερό των λιωμένων πάγων και του χιονιού. (Modified after U.S Department of Agriculture drawing)



ΣΧΗΜΑ 2.10 ΚΑΤΑΛΟΙΠΑ ΤΥΦΩΝΩΝ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑ Μεγάλη κινούμενη προς το ρεύμα πλημμύρα στον ποταμό Susquehanna από τα απομεινάρια του τυφώνα Ivan πλημμύρισαν αυτό το γήπεδο baseball στο City Island στο Harrisburg της Pennsylvania. Οι γερουσιαστές του Harrisburg ανακάλυψαν πως κάποιες φορές ένας μουσαμάς είναι ανεπαρκής να προστατέψει το γήπεδο τους. (Richard Hertzler/Lancaster New Era)



ΣΧΗΜΑ 2.11 ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΠΟΤΑΜΟ ΟΗΙΟ Η χειρότερη πλημμύρα μέσα σε 40 χρόνια λόγω των έντονων βροχοπτώσεων από τα απομεινάρια του τυφώνα Ivan το 2004. Η πόλη έπρεπε να χρησιμοποιήσει εκχιονιστήρες για να καθαρίσει τη λάσπη που απόθεσαν τα νερά της πλημμύρας. (Washington County Sheriff's Office — Aviation Division)

ΕΝΤΑΣΗ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

Η πλημμύρα είναι πολύ στενά συνδεδεμένη με την ποσότητα και την ένταση των κατακρημνισμάτων και των runoff. Οι καταστροφικές πλημμύρες που αναφέρονται στην τηλεόραση και τις εφημερίδες συχνά δημιουργούνται από σπάνιες, μεγάλες, έντονες καταιγίδες. Οι μικρότερες πλημμύρες ή οι χειμαρροί μπορεί να δημιουργηθούν από λιγότερο έντονες καταιγίδες που συμβαίνουν συχνότερα. Όλα αυτά τα γεγονότα που μπορούν να υπολογιστούν ή να εκτιμηθούν από σταθμούς μέτρησης ροής (Σχήμα 1.C) μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με την ένταση της εκφόρτισης που γενικά μετράται σε κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο (Σχήμα 1.D). Η λίστα των ετήσιων μέγιστων ροών, η οποία είναι η μεγαλύτερη ροή κάθε έτους ή σειράς ετών διευθετημένη έτσι ώστε να μπορεί να αποδοθεί με μια καμπύλη discharge-συχνότητας που ισούται με το ρυθμό επανεμφάνισης R για κάθε μια ροή από την εξίσωση

$$R = \frac{(N + 1)}{M},$$

όπου R είναι ο ρυθμός επανεμφάνισης ανά N αριθμό ετών (που έχουμε καταγράψει τις ροές) και M είναι η κατάταξη της κάθε μιας ξεχωριστής ροής εντός των ετών που μετράμε (Σχήμα 4.E). Για παράδειγμα, η υψηλότερη ροή για 9 χρόνια από τα δεδομένα του ποταμού Patrick είναι περίπου $280m^3$ $19,900 ft^3 \cdot 2$ ανά sec και η ροή έχει ένα βαθμό M ίσο με 1 (Σχήμα 1.E). ο recurrence interval αυτής της πλημμύρας είναι

$$R = 1N + 12, M = 19 + 12, 1 = 10,$$

που σημαίνει ότι μια πλημμύρα με ένταση ίση με ή που ξεπερνάει τα $280m^3$ $19,900 ft^3 \cdot 2$ ανά sec μπορεί να αναμένεται κάθε 10 χρόνια, αυτό το ονομάζουμε μια 10-ετή πλημμύρα. Η πιθανότητα

αυτή η 10ετή πλημμύρα να συμβεί σε οποιοδήποτε έτος είναι 0.1 (10%). Παρομοίως, η πιθανότητα ότι η 100ετής πλημμύρα θα συμβεί σε κάθε ένα έτος είναι $\frac{1}{100}$ ή 0.01 ή 1%.

Το να επεκτείνουμε, που σημαίνει, να εξάγουμε συμπερασματικά την καμπύλη εκφόρτισης-συχρότητας είναι ριψοκίνδυνο. Η καμπύλη δε θα έπρεπε να επεκταθεί πολύ περισσότερο από τα διπλάσια έτη αυτών της περιόδου καταγραφής. Οι μελέτες πολλών ρεμάτων και ποταμών έχουν δείξει ότι τα κανάλια σχηματίζονται και διατηρούνται από εκφόρτιση, ορισμένη ως η ροή με ένα ρυθμό επανεμφάνισης της τάξης των 1.5 έως 2 έτη. Εφαρμόζοντας αυτή την θεωρία στον ποταμό Patrick (Σχήμα 1.Ε), η εκφόρτιση με μια επανάληψη ανά 1.5 έτη ήταν $27m^3$ $1950 ft^3$. 2 ανά sec. είναι η ροή η οποία γεμίζει ακριβώς το κανάλι. Επομένως, μπορούμε να περιμένουμε ένα ποτάμι να αναφανεί από τις όχθες του και να καλύψει τμήμα της κοιλάδας με νερό και ιζήματα μια φορά το χρόνο ή κάθε τόσο. Καθώς συγκεντρώνονται αρχεία ροών, μπορούμε με ακόμα περισσότερη ακρίβεια να προβλέψουμε πλημμύρες.

Ωστόσο, σχεδιάζοντας δομές για μια 10ετή, 25ετή, 50ετή, ή ακόμα 100ετή πλημμύρα, ουσιαστικά κάθε ροή είναι ένα υπολογισμένο ρίσκο επειδή η πρόβλεψη τέτοιων πλημμύρων βασίζεται σε στατιστική πιθανότητα. Για πολλά ρυάκια η καταγραφή της ροής είναι κατά μακράν πολύ μικρή για να προβλεφθεί με ακρίβεια η ένταση και η συχνότητα μεγάλων πλημμύρων. Μακροπρόθεσμα, μια 25ετή πλημμύρα συμβαίνει στο μέσο κάθε 25 χρόνων, αλλά δύο 25ετείς πλημμύρες θα μπορούσαν να συμβούν σε κάθε δεδομένο έτος, όπως και δύο 100ετείς πλημμύρες!

Εφόσον εμείς συνεχίζουμε να χτίζουμε υδροφράκτες, εθνικές οδούς, γέφυρες, σπίτια και άλλες κατασκευές χωρίς να λαμβάνουμε υπόψη τις επιπτώσεις σε ευπαθείς για πλημμύρα περιοχές, θα πρέπει να περιμένουμε συνεχώς απώλειες σε ανθρώπινες ζωές και περιουσίες.

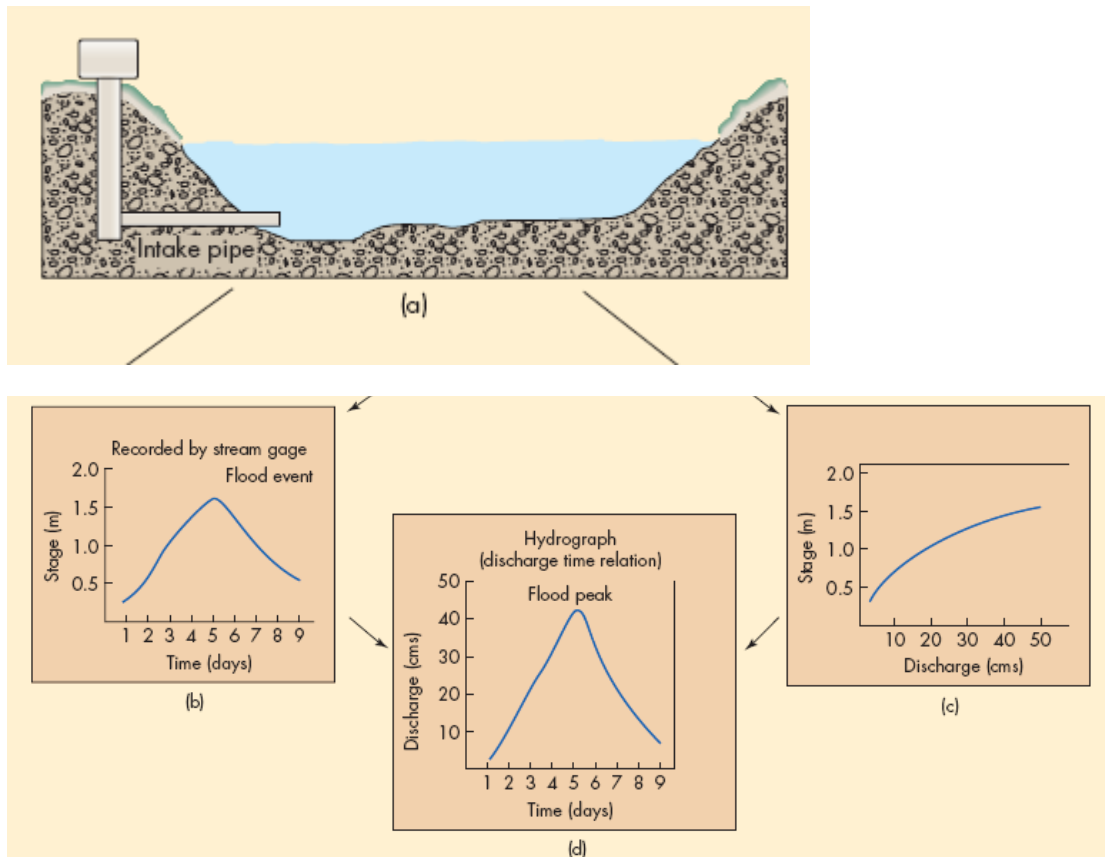


← Ηλιακή ενέργεια για την εκπομπή των

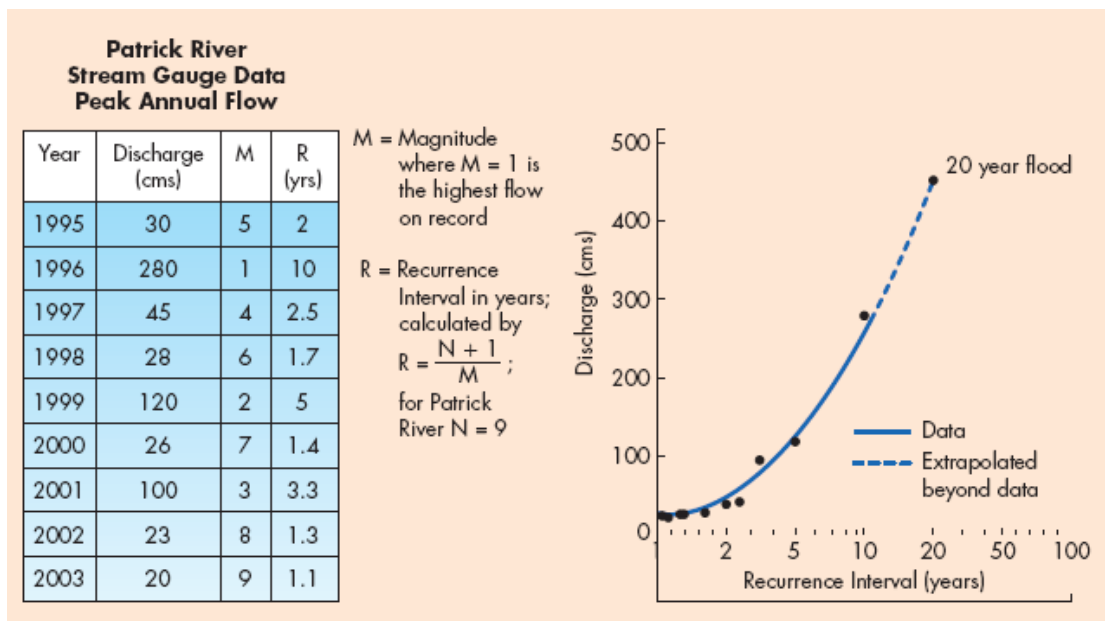
← Όργανα του σταθμού μέτρησης

← Υποβρύχιος αισθητήρας

ΣΧΗΜΑ 2.С ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΡΕΜΑΤΟΣ Αυτός ο μετρητής στο San Jose Creek στη Goleta της California, έχει (1) ένα υποβρύχιο αισθητήρα (κάτω αριστερά) που εντοπίζει την ποσότητα του νερού στο ρέμα από την πίεση του, (2) ένα κιβώτιο οργάνων (κέντρο και πάνω) που στεγάζει ένα κομπιούτερ, μπαταρίες, και ένα ραδιοπομπό και (3) ένα πόλο (άνω κέντρο) που έχει μια κεραία που στέλνει τα δεδομένα του επιπέδου του νερού σε μια κυβερνητική υπηρεσία και ένα ηλιακό πάνελ που παρέχει ενέργεια στα όργανα. (Edward A. Keller)



ΣΧΗΜΑ 2.Δ ΠΩΣ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΕΝΑ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ Για Να κατασκευάσουμε το υδρογράφημα μιας πλημμύρας, ένας μετρητής που καταγράφει (α) τοποθετείται για να αποκομίσει μια συνεχή καταγραφή του επιπέδου του νερού (ή επιφάνεια). Τότε το αρχείο αυτό χρησιμοποιείται για να παράγει ένα γράφημα φάσης – χρόνου (b). Πριν την πλημμύρα, μια περιοχή μετρήσεων σε διάφορες ροές χρησιμοποιούνται για να φτιάξουν ένα γράφημα φάσης – εκφόρτισης. Τότε τα γραφήματα (b) και (c) συνδυάζονται για να παράγουν το τελικό υδρογράφημα της πλημμύρας (d).



ΣΧΗΜΑ 2.Ε ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ-ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ Για να φτιάξουμε ένα γράφημα discharge – συχνότητας για τον ποταμό Patrick, κατατάχθηκαν (1 αν και 9) μετρήσεις της εκφόρτισης εννέα χρόνων (σε cm^3/sec) στη βάση του μεγέθους (ένταση) της μέγιστης ροής του κάθε έτους. Ο ρυθμός επανεμφάνισης, ή συχνότητα, της μεγαλύτερης ετήσιας ροής υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας την παραπάνω εξίσωση. Τα δεδομένα από τον παραπάνω πίνακα σχεδιοποιήθηκαν στο γράφημα πάνω δεξιά. Έπειτα η καμπύλη επεκτάθηκε(συμπερασματικά) για να εκτιμήσει την εκφόρτιση της 20ετούς πλημμύρας η οποία ήταν ανά sec. (After Leopold, L. B. 1968. U.S. Geological Survey Circular 554)

2.2 ΙΣΤΟΡΙΕΣ ΕΠΙΖΩΤΩΝ

Πλημμύρα-αστραπή

Ο Jason Lange και οι φίλοι του νόμιζαν πως είχαν επισκεφθεί το Big Bend National Park κατά την περίοδο της ανομβρίας.

Ο Jason Lange και οι 4 σύντροφοι του ήταν προετοιμασμένοι για ένα ταξίδι αναψυχής με κανό, στο Big Bend National Park του νοτιοδυτικού Texas. Και δεν υπήρχε κανένας λόγος που να υποπτεύονται το αντίθετο. Οι πέντε φοιτητές του Wisconsin –Whitewater Πανεπιστημίου ήταν στο Big Bend κατά τις ανοιξιάτικες τους διακοπές και όπως λέει ο Lange, <<Υποτίθεται ότι ήταν η περίοδος της ανομβρίας>>. Ξεκίνησαν το ταξίδι τους στις 20 Μαρτίου του 2004, και την πρώτη μέρα τα νερά ήταν ήρεμα, όπως συνηθίζεται τις αρχές της άνοιξης. Συχνά τα νερά ήταν τόσο ρηχά που αναγκάζονταν να κουβαλάνε τα κανό τους, και ο Lange εκτίμησε πως ποτέ δεν πήγανε βαθύτερα από 3 πόδια (3ft). Τη δεύτερη ημέρα, είχαν σταματήσει για γεύμα περίπου στο ένα τέταρτο του μιλίου πριν από την είσοδο του φαράγγιού της Santa Helena, όταν, χωρίς προειδοποίηση, η ομάδα είδε <<ένα τοίχος νερού να προέρχεται από το ποτάμι>> ύψους άνω των 2m (6ft).

<<Ακουγόταν κυριολεκτικά σαν ένα τρένο που ερχόταν,>> είπε ο Lange. <<Έκανε αμέσως το ποτάμι να εκραγεί, το οποίο ξαφνικά άρχισε να αφρίζει.>> Η περιοχή που σταμάτησε η ομάδα καλύφθηκε γρήγορα από το νερό του οποίου το επίπεδο ολοένα και ανέβαινε και έτσι δεν είχαν καμία επιλογή εκτός από το να μπουν στα κανό και να εισέλθουν στο φαράγγι (Σχήμα 4.F). Οι φοιτητές θα μάθαιναν αργότερα ότι η πλημμύρα-αστραπή που τους έπιασε απροετοίμαστους είχε δημιουργηθεί στο Mexico και προκάλεσε ένα μέγεθος 19-feet να υπερχειλίσει, οδηγώντας τους υπεύθυνους του πάρκου στην εκτίμηση ότι το ποτάμι ήταν πάνω από 7m (20ft.) βαθύ.<< Τα κανό μέσα στα οποία βρισκόμασταν δεν ήταν κατασκευασμένα για τέτοιες ταχύτητες>>, είπε ο Lange. Μόλις μπήκε στο νερό η ομάδα γρήγορα αντιμετώπισε πάλι πρόβλημα. Σχεδόν αμέσως ο ένας από τους φίλους του Lange, ο Nick Gomez, ανατράπηκε στο κανό του. Αφού ξανάμιξε με τους υπόλοιπους, η ομάδα συνέχισε την κατάβαση σε ζευγάρια (στο κάθε κανό). Μετά όπου και μια δεύτερη βάρκα τούμπαρε σε μια αναπάντεχη πτώση, η ομάδα σταμάτησε να ανασυνταχτεί. Η ανάπαυση, ωστόσο, ήταν σύντομη. Η λίγη γη κάτω από τα πόδια τους εξαφανίστηκε κάτω από το νερό. Μέσα σε λίγα λεπτά οι δύο τελευταίες βάρκες είχαν αναποδογυρίσει και οι πέντε φοιτητές διασκορπίστηκαν. Είναι απίστευτο ότι η αρχική παρτενέρ του Lange στο κανό, η Lisa Chowdhury, κατάφερε να γαντζωθεί από ένα κανό διασχίζοντας έτσι την υπόλοιπη διαδρομή. Οι υπόλοιποι τέσσερις χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, πολεμώντας με την υποθερμία κατά τη διάρκεια της νύχτας. Τελικά ένας πεζοπόρος εντόπισε κάποιους από α αυτούς το επόμενο πρωί και οι φύλακες του πάρκου έσωσαν την ομάδα χρησιμοποιώντας ταχύπλοα και αεροπλάνα για να τους εντοπίσουν. Μόλις οι φοιτητές έμαθαν πως όλοι η παρέα είναι ασφαλής, ο Lange είπε πως όλη αυτή η εμπειρία ήταν συναρπαστική και πέρα από κάθε προσδοκία.

<< Μόλις σωθήκανε όλοι, ήτανε το αποκορύφωμα>>, είπε. Και το κυριότερο, θέλουμε να ξαναπάνε εκεί.

-Chris Wilson



ΣΧΗΜΑ 2.Φ ΠΛΗΜΜΥΡΑ-ΑΣΤΡΑΠΗ ΣΤΟ RIO GRANDE

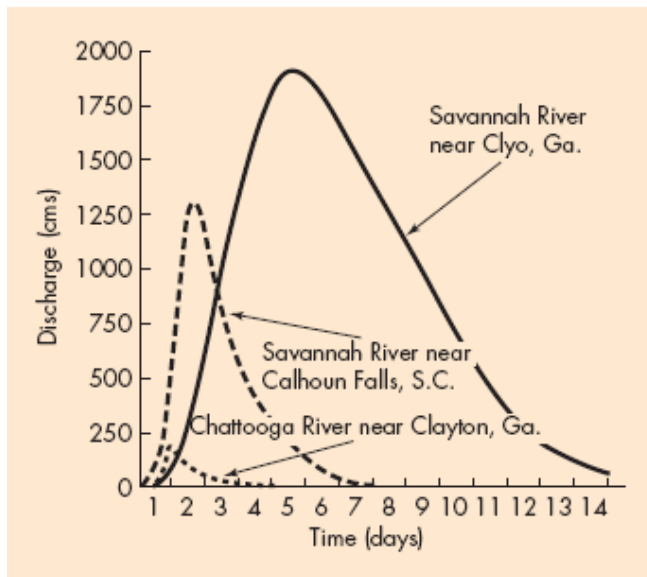
Ο Lange κατάφερε να τραβήξει μια φωτογραφία ενόσω αυτός και οι φίλοι του εκτινάσσονταν στα νερά του Rock Slide. Οι βράχοι στη φωτογραφία βύθισαν το κανό μέσα σε δύο λεπτά.

Αυτή είναι μία φωτογραφία του Rio Grande στο Santa Helena Big Bend National Park, στο σύνορο Texas-Mexico. (Jason Lange)

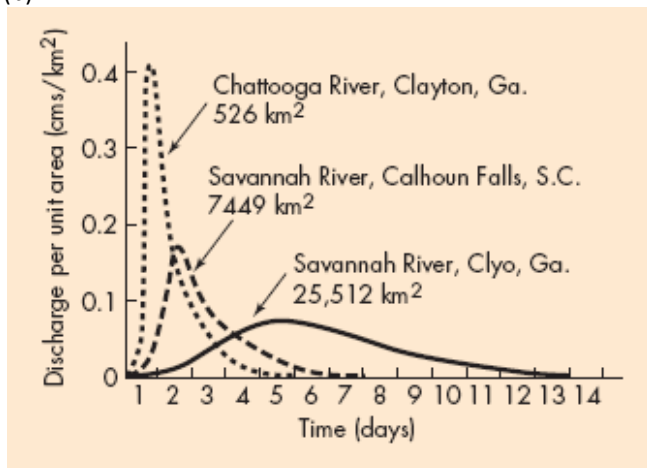
Οι πλημμύρες προς τα κατάντη(προς την κατεύθυνση του ποταμού) καλύπτουν μια ευρεία περιοχή και συνήθως δημιουργούνται από καταιγίδες μεγάλης διάρκειας που εμποτίζουν τελείως το έδαφος και προκαλεί αυξανόμενη απορροή. Αν και η πλημμύρα σε μικρές παραποτάμιες λεκάνες είναι γενικά περιορισμένη, ο συνδυασμός της απορροής από χιλιάδες παραποτάμιες λεκάνες δημιουργούν μια μεγάλη πλημμύρα στην κατεύθυνση του ρεύματος. Μια πλημμύρα αυτού του είδους χαρακτηρίζεται από την κίνηση των νερών της πλημμύρας στην κατεύθυνση του ποταμού με μια ξαφνική άνοδο και πτώση της discharge σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Ένα παράδειγμα μιας πλημμύρας προς τα κατάντη είναι αυτό των ποταμών Chattooga και Savannah της Georgia και της South Carolina (Σχήμα 2.12α). Καθώς η πλημμύρα φούσκωνε σε αυτό το δίκτυο ποταμού και διαδινόταν 257 km (160mi.) προς τα κατάντη το νερό χρειάστηκε μια κλιμακούμενα περισσότερη ώρα για το νερό να ανέλθει και να πέσει (Σχήμα 2.12b).



(α)



(b)



(c)

Το υδρογράφημα της πλημμύρας στο σταθμό προς την κατεύθυνση του ρεύματος στο Clyn της Georgia δείχνει ότι τα νερά της πλημμύρας χρειάστηκαν πέντε μέρες να φτάσουν το μέγιστο τους σε περισσότερο από 1700 m^3 160,000 ανά sec. Ένας άλλος τρόπος είναι να εξετάσουμε τον όγκο της discharge ανά μονάδα επιφάνειας της λεκάνης απορροής (Σχήμα 2.12c). Αυτή η προσέγγιση εξαλείφει την επίπτωση της αύξησης της –προς την κατεύθυνση του ρεύματος– discharge και διευκρινίζει καλύτερα το σχήμα και τη μορφή της αποκορύφωσης της πλημμύρας καθώς αυτή κινείται προς την κατεύθυνση του ρεύματος. Στην πραγματικότητα όλες οι περιοχές των ΗΠΑ και του Καναδά είναι ευπαθείς σε πλημμύρες. Μια και μόνο πλημμύρα μπορεί να προκαλέσει ζημιά εκατομμυρίων δολαρίων σε περιουσίες και πάνω από 200 θανάτους (Πίνακας 2.1). Σε λιγότερο από 5 χρόνια, μεγάλες περιοχές των ΗΠΑ επηρεάζονται από μείζονες πλημμύρες (Σχήμα 2.13). Εκατοντάδες μικρές λεκάνες απορροής οι οποίες βίωσαν πλημμύρες προς τα κατάντη αυτή τη χρονική περίοδο δε φαίνονται στο χάρτη. Για παράδειγμα, το κεντρικό Texas είχε έξι μεγάλα επεισόδια πλημμύρας-αστραπή κατά την πενταετή περίοδο με ολική ζημία που ξεπερνά τα 10εκ. δολάρια. Όταν συνειδητοποιήσουμε ότι και άλλες περιοχές κινδυνεύουν, μπορούμε να δούμε τη σοβαρότητα του κινδύνου της πλημμύρας.

2.3 Γεωγραφικές περιοχές με κίνδυνο για πλημμύρα

Η πλημμύρα είναι από τις περισσότερο παγκόσμια πολύπειρες φυσικές καταστροφές. Κάθε μέρος που λαμβάνει κατακρημνίσματα έχει την πιθανότητα να πλημμυρίσει. Στις ΗΠΑ, οι πλημμύρες ήταν η νούμερο ένα καταστροφή κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα και ένας μέσος όρος περίπου 100 ζώων χάνονταν κάθε χρόνο από ποτάμια πλημμύρες. Είναι τραγικό το ότι οι αναπτυσσόμενες χώρες υποφέρουν από μεγαλύτερες απώλειες εξαιτίας της έλλειψης εγκαταστάσεων επιτήρησης, συστημάτων προειδοποίησης, επαρκούς υποδομής και συστημάτων μεταφοράς και αποτελεσματικής ανακούφισης από την καταστροφή.

Επιπτώσεις της πλημμύρας και σύνδεση μεταξύ πλημμύρων και άλλων καταστροφών

Οι επιπτώσεις της πλημμύρας μπορεί να είναι πρωταρχικές, εάν προκαλούνται απευθείας από την πλημμύρα, ή δευτερεύουσες, εάν προκαλούνται από διατάραξη και δυσλειτουργία των υπηρεσιών και των δικτύων. Οι πρωταρχικές επιπτώσεις περιλαμβάνουν τραυματισμό, θάνατο, και ζημιά που προκαλείται από ορμητική ροή του ρεύματος, ερείπια, και μπάζα σε φάρμες, σπίτια, κτίρια, σιδηρόδρομους, γέφυρες, δρόμους και επικοινωνιακά δίκτυα. Η διάβρωση και η απόθεση φερτών υλών κατά την πλημμύρα μπορεί να επιφέρει σημαντική απώλεια βλάστησης και εδάφους. Οι δευτερεύουσες επιπτώσεις μπορεί να περιλαμβάνουν μικρής διάρκειας μόλυνση των ποταμών, λιμό και λοιμό, και μετακίνηση των ανθρώπων που έχουν χάσει τα σπίτια τους. Η ύπαρξη νερόλακκων υγρών αποβλήτων, οι υπόνομοι, σηπτικά συστήματα μολύνουν το νερό με παθογόνους μικροοργανισμούς. Για παράδειγμα, τον Ιούνιο του 1998 μια πρωτοφανής βροχόπτωση στη νότια New England προκάλεσε μερικώς μεταχειρισμένα αστικά λύματα να επιπλεύσουν στο λιμάνι Boston και πολλές περιοχές του νησιού Rhodes όπου κολυπούσαν και ψάρευαν όστρακα έκλεισαν εξαιτίας των μολυσμένων με βοθρολύματα νερών της πλημμύρας.

Αρκετοί παράγοντες επηρεάζουν τις καταστροφές που προκαλούνται από την πλημμύρα:

- Η χρήση της γης στην πλημμυρική κοιλάδα
- Το βάθος και η ταχύτητα των νερών της πλημμύρας
- Ο ρυθμός της ανύψωσης και η διάρκεια της πλημμύρας
- Η εποχή του χρόνου κατά την οποία λαμβάνει χώρα η πλημμύρα
- Η ποσότητα και το είδος των ιζημάτων από αποθέτονται από τα νερά της πλημμύρας
- Η αποτελεσματικότητα της πρόβλεψης, της προειδοποίησης και η εκκένωση

Γενικά, εμπορικές και οικιστικές περιουσίες μπορεί να υποστούν μεγαλύτερη ζημιά από ότι η γη η οποία καλλιεργείται, χρησιμοποιείται ως βοσκότοπος ή για αναψυχή. Από την άλλη, η πλημμύρα μεγάλης διάρκειας μπορεί να καταστρέψει εντελώς τις σοδειές, ενώ η ίδια πλημμύρα της γης αυτής κατά τους χειμερινούς μήνες μπορεί να είναι λιγότερο ζημιόγona. Για τις πλημμύρες που είναι στην κατεύθυνση του ρεύματος, ακριβείς προβλέψεις πλημμύρας από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία παρέχουν πολλές φορές τον απαιτούμενο χρόνο προειδοποίησης έτσι ώστε να χτιστούν προσωρινά αντιπλημμυρικά αναχώματα ή να απομακρυνθεί η περιουσία από την ριψοκίνδυνη περιοχή. Οι πλημμύρες μπορεί να είναι μια άμεση απόρροια των τυφώνων και μια δευτερεύουσα συνέπεια των σεισμών και των κατολισθήσεων. Αν και μπορεί να φαίνεται αντιφατικό, οι πλημμύρες μπορεί να προκαλέσουν και πυρκαγιές σε αστικές περιοχές. Τα νερά της πλημμύρας μπορεί να προκαλέσουν βραχυκυκλώματα σε ηλεκτρικά κυκλώματα όπως και διαβρώνουν και σπάνε δίκτυα φυσικού αερίου, που καταλήγουν σε επικίνδυνες πυρκαγιές. Για παράδειγμα, η πλημμύρα του 1997 στο Grand Forks στη βόρεια Dakota, προκάλεσε μια πυρκαγιά η οποία έκαψε ένα τμήμα του κέντρου της πόλης (Σχήμα 2.14). Οι πλημμύρες επίσης συνεισφέρουν στην παράκτια διάβρωση, ειδικά σε εκβολές και δέλτα όπου τα υψηλά επίπεδα νερού μπορεί να επιτρέψουν σε κύματα καταιγίδων να προεκταθούν ακόμα περισσότερο στην ενδοχώρα. Οι φυσικές μεταβολές των ποταμών μπορούν να οδηγήσουν σε κατολισθήσεις όπου οι όχθες του ρέματος είναι διαβρωμένες.

TABLE 4.1 Selected River Floods in the United States

Year	Month	Location	No. of Lives Lost	Property Damage (Millions of Dollars)
1937	Jan.–Feb.	Ohio and lower Mississippi River basins	137	418
1938	March	Southern California	79	25
1940	Aug.	Southern Virginia and Carolinas and eastern Tennessee	40	12
1947	May–July	Lower Missouri and middle Mississippi River basins	29	235
1951	June–July	Kansas and Missouri	28	923
1955	Dec.	West Coast	61	155
1963	March	Ohio River basin	26	98



ΣΧΗΜΑ 2.14 ΠΛΗΜΜΥΡΙΣΜΕΝΗ ΠΟΛΗ Καμένα κτίρια στη πόλη Grand Forks στη North Dakota, από πυρκαγιά η οποία προκλήθηκε από την πλημμύρα του ποταμού Red of the North το 1997. Η πλημμύρα προκάλεσε την απομάκρυνση 50,000 ανθρώπων και επέφερε ζημιά σχεδόν 4δς δολαρίων. (Eric Hylden/Grand Forks Herald)

2.4 Φυσικές Χρήσιμες Λειτουργίες

Αν και η πλημμύρα υποτίθεται πως είναι μια φυσική πηγή κινδύνου και κάποιες φορές καταστροφή, είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι η πλημμύρα δεν είναι τίποτα άλλο από τη φυσική διαδικασία της ροής που ξεχειλίζει από την όχθη. Γίνεται απειλή μόνο όταν οι άνθρωποι ζουν ή χτίζουν κτίσματα στην πλημμυρική κοιλάδα ή προσπαθούν να διασχίζουν ένα ποτάμι που έχει πλημμυρίσει. Εδώ που τα λέμε η περιοδική πλημμύρα έχει κάποια πλεονεκτήματα. Οι πλημμύρες παρέχουν γόνιμο ίζημα για καλλιέργεια, ευεργετεί τα υδάτινα οικοσυστήματα και σε κάποιες περιπτώσεις βοηθάει στο να παραμένει το έδαφος πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Γόνιμα Εδάφη

Οι πλημμυρικές πεδιάδες είναι κατασκευασμένες από τις πλημμύρες. Καθώς το ποτάμι υπερχειλίζει από τις όχθες του, η ταχύτητα της ροής μειώνεται και ψιλή άμμος, λάσπη, χώμα και οργανικά απόβλητα αποθέτονται στην κοιλάδα. Αυτές οι περιοδικές αποθέσεις εξηγούν γιατί οι πεδιάδες είναι κάποιες από τις περισσότερο γόνιμες και παραγωγικές περιοχές στον κόσμο. Αναγνωρίζοντας την αξία των πλημμύρων, οι αρχαίοι Αιγύπτιοι σχεδίασαν τις καλλιέργειες τους πάνω στην κανονική πλημμυρίδα του Νείλου. Έμαθαν ότι όσο υψηλότερη η πλημμύρα, τόσο καλύτερη θα ήταν η ετήσια σοδειά και ακόμα αναφέρονταν στην πλημμύρα ως <<Το Δώρο του Νείλου>>. Δυστυχώς, με την ολοκλήρωση του φράγματος Aswan το 1970, οι ετήσιες πλημμύρες του Νείλου στην Αίγυπτο έχουν αποτελεσματικά σταματήσει. Τώρα οι αγρότες πρέπει να χρησιμοποιήσουν λιπάσματα για να μεγαλώσουν με επιτυχία σοδειές πάνω σε αυτό που ήταν κάποτε φυσικά γόνιμη γη.

Υδάτινα Οικοσυστήματα

Οι πλημμύρες επίσης βοηθούν στο να ξεπλυθούν τα κανάλια των ρευμάτων και να απομακρυνθούν μπάζα που μπορεί να έχουν συσσωρευτεί, όπως ογκόλιθοι, κορμοί και κλαδιά δέντρων. Τέτοια γεγονότα έχουν συνήθως μια θετική επίδραση στα ψάρια και στα άλλα υδρόβια ζώα.

Αυτό το πλεονέκτημα μπορεί να ερμηνευτεί άμεσα ως ένα κοινωνικό όφελος σε περιοχές όπου το ψάρεμα είναι διαδεδομένο. Επίσης, οι πλημμύρες παρασύρουν θρεπτικές ουσίες και άλλες προμήθειες τροφής προς τα κατάντη, πιθανώς αυξάνοντας την επιβίωση των υδρόβιων οργανισμών σε αυτήν την περιοχή.

Παροχή Ιζήματος

Σε κάποιες περιπτώσεις, η πλημμύρα είναι απαραίτητη για να διατηρεί την υψομετρική διαφορά της γης και του επιπέδου της θάλασσας. Για παράδειγμα, το Δέλτα του Mississippi στη νοτιοανατολική Louisiana είναι κατασκευασμένο από την απόθεση ιζημάτων καθώς ο ποταμός Mississippi επαναλαμβάνόμενα ξεχειλίζει από τις όχθες του κατά το πέρασμα του χρόνου.

Η κατασκευή προστατευτικών αναχωμάτων κατά μήκος του ποταμού έχει σχεδόν εξαλείψει την ιζηματοποίηση από την πλημμύρα, με αποτέλεσμα πως το περισσότερο Δέλτα τώρα σιγά σιγά κατακάθεται. Κάποιες περιοχές είναι ήδη κάτω από το επίπεδο της θάλασσας και πολλές άλλες, συμπεριλαμβανόμενης και της Πόλης της New Orleans, μπορεί να είναι στο κοντινό μέλλον σε μια περιοχή η οποία συστηματικά απειλείται από τυφώνες. Αυτή η υποχώρηση της στάθμης μπορεί να είναι ένα πολύ μεγάλο πρόβλημα τελικά! Μια πειραματική πλημμύρα που υλοποιήθηκε κάτωθεν ενός φράγματος στον ποταμό Colorado στο Grand Canyon το 1996 δίνει ένα έξοχο παράδειγμα των πολλών φυσικών χρήσιμων λειτουργιών των πλημμυρών (Περίπτωση 2.4).

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2.4

Η ΠΛΗΜΜΥΡΑ ΤΟΥ GRAND CANYON ΤΟ 1996

Το Grand Canyon του ποταμού Colorado (Σχήμα 4.G) δίνει ένα καλό παράδειγμα των ωφέλιμων λειτουργιών που προκαλούνται από περιοδικές πλημμύρες. Το 1963 το φράγμα του Glen Canyon κατασκευάστηκε προς τα ανάντη από το Gran Canyon. Η κατασκευή του φράγματος μετέτρεψε δραστικά και το φυσικό χνάρι της ροής και τους μηχανισμούς του καναλιού προς τα κατάντη-από υδρολογική άποψη, ο ποταμός Colorado είχε τιθασευτεί.

Πριν το φράγμα του Glen Canyon, το ποτάμι έφτασε μια μέγιστη ροή κατά τον Μάη ή τον Ιούνιο, όταν λιώνουν τα χιόνια και η ροή υποχώρησε τον υπόλοιπο χρόνο εκτός από περιστασιακές πλημμύρες-αστραπή που προκλήθηκαν από

Καταιγίδες βροχής αντίθετες στη ροή του ποταμού. Κατά τις περιόδους υψηλής εκροής, ο ποταμός είχε μια τρομερή ικανότητα να μεταφέρει φερτά υλικά και ξέπλυνε δραστικά το κανάλι του. Αυτή η ικανότητα ήταν φανερή όταν ο ποταμός μετακινούσε ογκόλιθους από αυτά τα σημεία ορμητικής ροής. Οι ρηχές περιοχές στον ποταμό, που γίνονται περιοχές ορμητικής ροής, αναπτύσσουν εκεί που ο ποταμός υπερχειλίζει ένα προσχωματικό ριπίδιο ή καταθέτει πάνω από μπάζα ιζήματα προερχόμενα από παραποτάμια φαράγγια. Καθώς η θερινή ροή πλησίασε, ο ποταμός μετέφερε λιγότερα φερτά υλικά και απέθετε άμμο και χαλίκια κατά μήκος του καναλιού για να σχηματίσει μεγάλες πεζούλες, γνωστές σαν ακτή (προσάραξη) σε αυτούς που κάνουν rafting στον ποταμό.

Μετά που χτίστηκε το φράγμα, η μέση ετήσια πλημμύρα καθώς καθορίστηκε από το μέσο όρο της υψηλότερης ροής του κάθε έτους ελαττώθηκε κατά 66% και η δεκαετή πλημμύρα μειώθηκε κατά περίπου 75%. Το φράγμα έλεγχε τη ροή σε τέτοιο σημείο όπου η μέση, ή πιο συχνή εκροή κυριολεκτικά αυξήθηκε κατά 66%. Ωστόσο, η ροή είναι υψηλά ασταθής γιατί βασίζεται στις κυμαινόμενες ανάγκες για ηλεκτρικό δυναμικό. Αλλαγές στην ποσότητα του νερού που απελευθερώνεται από το φράγμα μπορεί να προκαλέσει το επίπεδο του νερού και να ποικίλλει έως και 5m (16ft) την ημέρα. Το φράγμα επίσης ελάττωσε το φορτίο των φερτών υλών κατά ένα παράγοντα που αποδίδεται σε σχεδόν άμεση κίνηση προς τα κατάντη από το φράγμα. Το φορτίο ιζήματος πέρα από την κίνηση προς τα κατάντη μειώνεται λιγότερο επειδή παραποτάμια κανάλια εξακολουθούν αν προσθέτουν ιζήματα στο κανάλι. Ο ποταμός Colorado έχει αλλάξει τις συνθήκες της ροής στο Grand Canyon και έχει σημαντικά μεταβάλλει και τα κανάλια και τις όχθες. Τα ορμητικά νερά μπορεί να γίνονται περισσότερο επικίνδυνα διότι οι μεγάλες πλημμύρες δεν μετακινούν πλέον βράχους από ρηχές περιοχές του καναλιού. Επιπρόσθετα, κάποιες από τις αμμώδεις ακτές (προσαράξεις) εξαφανίζονται γιατί ο ποταμός είναι ανεπαρκής σε ιζήματα κάτω από το φράγμα.

Ο ποταμός διαβρώνει αυτό το πολύτιμο φυσικό περιβάλλον. Οι αλλαγές στη ροή του ποταμού, κυρίως απώλεια των υψηλών ροών, έχουν επίσης μεταβάλλει τη βλάστηση. Πριν χτιστεί το φράγμα, τρεις σχεδόν παράλληλες ζώνες βλάστησης ήταν παρούσες στις πλαγιές πάνω από τον ποταμό. Δίπλα στον ποταμό και τις προσαράξεις, η ανάπτυξη των φυτών σταμάτησε από τις ετήσιες ανοιξιάτικες πλημμύρες. Πάνω από την υψηλή ίσαλο γραμμή των ετήσιων πλημμυρών ήταν σύδεντρα από αγκαθερά δέντρα, όπως το δέντρο *prosopsis fuliflora* και η ακακία, αναμιγμένα με κάκτους. Για τα πρώτα 20 χρόνια που ακολούθησαν την ολοκλήρωση του, το φράγμα ελάττωσε σημαντικά τις ανοιξιάτικες πλημμύρες. Η απουσία υψηλών και ορμητικών ροών επέτρεψε σε φυτά που κανονικά δεν απαντιόνταν στο φαράγγι, όπως ο θάμνος γένους *tamarisk* και η ντόπια ιτιά, να εγκατασταθούν σε μια νέα ζώνη κατά μήκος των όχθων του ποταμού. Τον Ιούνιο του 1983 ένα πρωτοφανές λιώσιμο των χιονιών στα Rocky Mountains εξανάγκασε την απελευθέρωση της τριπλάσιας ποσότητας νερού από το φράγμα. Ο όγκος αυτής της αποδέσμευσης ήταν σχεδόν η ίδια όπως η μέση ανοιξιάτικη πλημμύρα πριν την κατασκευή του φράγματος. Η τελική πλημμύρα παρέσυρε φερτή ύλη από την κοίτη του ποταμού και τις όχθες, τα οποία ξαναγέμισαν τις προσαράξεις από άμμο και έσπασε και ξερίζωσε κάποια δέντρα. Η μεγάλη αποδέσμευση του νερού ήταν συνεπώς ευεργετική για το ποτάμι και δίνει έμφαση στην σημασία των μεγάλων πλημμυρών στην διατήρηση του συστήματος σε μια πιο φυσική κατάσταση. Τρία χρόνια αργότερα, μια <<δοκιμαστική πλημμύρα>> απελευθερώθηκε από το φράγμα σαν πείραμα για να αναδιανείμουν επαρκή ποσότητα άμμου. Η πειραματική πλημμύρα σχημάτισε 55 νέες προσαράξεις και πρόσθεσε άμμο στο 75% των υπαρχόντων ακτών. Επίσης βοήθησε να ανανεωθούν έλη και στάσιμα νερά, τα οποία είναι σημαντική κατοικία για πολλά ντόπια ψάρια και κάποια απειλούμενα είδη.



ΣΧΗΜΑ 2.6 Ο ΠΟΤΑΜΟΣ COLORADO ΣΤΟ GRAND CANYON

Η αμμώδης προσάραξη κάτω αριστερά χρησιμοποιείται από τους rafters, ο αριθμός των οποίων έχει αυξηθεί αρκετά ώστε να επηρεάσει το φαράγγι. Ο αριθμός των ατόμων που επιτρέπεται να κάνει rafting στο φαράγγι είναι τώρα περιορισμένος. (Larry Minden/Minden Pictures)



ΣΧΗΜΑ 2.Η Η λεκάνη του ποταμού Colorado Το φράγμα του Glen Canyon, νότια της συνοριακής γραμμής Arizona-Utah, μοιράζει τη λεκάνη του Colorado (περιοχές με σκίαση) στη μέση για σκοπούς διαχείρισης. Η δεξαμενή του Flaming Gorge στο Wyoming και η λίμνη Powell στη Utah αποθηκεύουν απορροή στην άνω λεκάνη και η λίμνη Mead στη συνοριακή γραμμή Nevada-Arizona αποθηκεύει απορροή στην νοτιότερη λεκάνη. Το δέλτα, στην κορυφή του κόλπου της California, ήταν κάποτε ένας μεγάλος υδροβιότοπος στο Mexico. Σήμερα έχει υποβιβαστεί πολύ εξαιτίας της χρήσης του νερού του ποταμού Colorado για άλλους σκοπούς.

Η πειραματική πλημμύρα ήταν επιτυχής, αν και ένα σημαντικό τμήμα των νέων αποθέσεων άμμου διαδοχικά αποσαθρώνονταν. Αν και το πείραμα της πλημμύρας του 1996 διάνειμε άμμο από τον πάτο του καναλιού σε όχθες και προσαράξεις, τα παραποτάμια ρυάκια πρόσθεσαν λίγη καινούρια άμμο αφού δεν είχαν πλημμυρίσει. Η άμμος που παρασύρθηκε από τον ποταμό κάτω από το φράγμα είναι συμπερασματικά μια περιορισμένη, μη ανανεώσιμη πηγή που δεν μπορεί να προμηθεύσει προσαράξεις σε επαρκή βάση. Εξαιτίας αυτού, μια δημιουργική καινούρια ιδέα έχει προταθεί πρόσφατα. Το σχέδιο είναι να χρησιμοποιήσουμε την άμμο που έχει διανεμηθεί στο Grand Canyon από τον ποταμό Little Colorado, ένα σχετικά μεγάλο ποταμό με μια λεκάνη απορροής μεγέθους $67,340\text{km}^2$ $126,000\text{mi}^2$ (Σχήμα 4.Η) που ενώνει τον ποταμό Colorado προς τα κατάντη του φράγματος Glen Canyon. Το 1993 μια πλημμύρα στον ποταμό Little Colorado απελευθέρωσε μια μεγάλη ποσότητα άμμου στον ποταμό Colorado στο Grand Canyon και σημαντικές ακτές δημιουργήθηκαν. Δυστυχώς, στα χρόνια που ακολούθησαν οι ακτές σχεδόν αποσαθρώθηκαν από τον ποταμό Colorado. Το πρόβλημα ήταν ότι οι ακτές δεν είχαν αποτεθεί αρκετά ψηλά πάνω από την κοίτη του ποταμού και έτσι ήταν ευπρόσβλητος από τη διάβρωση που προκαλείται από τις κανονικές ροές που αποδεσμεύονται από το φράγμα. Μια νέα μελέτη υποστηρίζει ότι οι πλημμύρες από το φαράγγι Glen Canyon συμπίπτουν με τις πλούσιες σε άμμο ανοιξιάτικες πλημμύρες του ποταμού Little Colorado.

Ο τελικός συνδυασμός της πλημμύρας και από τους δύο καναλιού σε μια τοποθεσία όπου θα ήταν λιγότερο πιθανό να απομακρυνθεί από τις χαμηλότερες ροές του Little Colorado (Σχήμα 4.Ι). Η

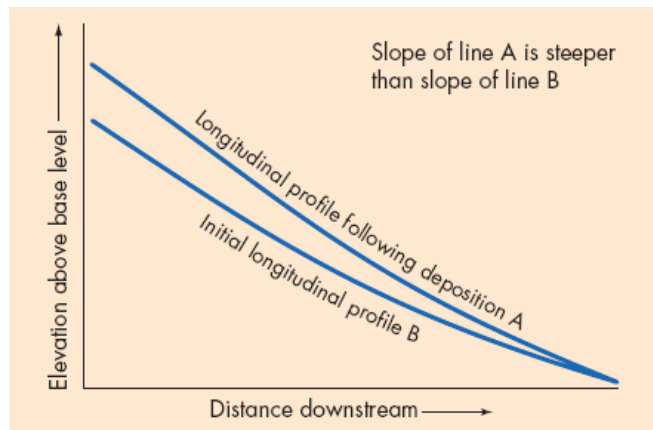
αποτίμηση της υδρολογίας του Little Colorado υποδηλώνει ότι η ευκαιρία να αναπληρώσει άμμο στις ακτές συμβαίνει κατά μέσο όρο μια φορά κάθε 8 χρόνια. Το προτεινόμενο σχέδιο θα επανέφερε ή θα ξαναδημιουργούσε τη ροή του ποταμού και τις συνθήκες της μεταφοράς ιζημάτων εξαιρετικά κοντά σε αυτές που υπήρχαν πριν την κατασκευή του φράγματος. Μια τελική απόρροια του φράγματος του Glen Canyon έχει γίνει η αύξηση του αριθμού των ανθρώπων που κάνουν rafting μέσα από το Grand Canyon. Αν και τώρα το rafting είναι περιορισμένο στους 15,000 ανθρώπους ετησίως, η βραχυπρόθεσμη επίπτωση στους φυσικούς πόρους του φαράγγιου είναι βέβαιο πως θα είναι εκτιμητή. Πριν το 1950, λιγότεροι από 100 εξερευνητές και rafters είχαν ταξιδέψει μέσα από το φαράγγι. Πρέπει να παραδεχτούμε πως ο Colorado είναι ένας αλλαγμένος ποταμός. Εκτός από την πλημμύρα του 1983 και του 1996 που απώθησαν κάποιες από τις αλλαγές, οι προσπάθειες για την αποκατάσταση του ποταμού δε γίνεται να επαναφέρει το ποτάμι σε αυτό που ήταν πριν την κατασκευή του φράγματος. Από την άλλη, η καλύτερη διαχείριση των ρών και της μεταφοράς ιζημάτων θα βελτιώσει και θα βοηθήσει το ποτάμι να διατηρήσει το οικοσύστημα του.

2.5 Η ανθρώπινη αλληλεπίδραση με την πλημμύρα

Σε αντίθεση με άλλες φυσικές καταστροφές, η ανθρώπινη δραστηριότητα μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τις διεργασίες του ποταμού, περιλαμβάνοντας το μέγεθος και τη συχνότητα της πλημμύρας. Η αλλαγή της χρήσης της γης και η κατασκευή φραγμάτων και αναχωμάτων μπορεί να επηρεάσει την παροχή των φερτών υλών σε ένα ρέμα, η οποία μπορεί διαδοχικά να μεταβάλλει την κλίση του και το σχήμα του καναλιού του. Η αστικοποίηση, με την προσθήκη των επιστρωμένων περιοχών, των κτιρίων και των υπονόμων, επηρεάζουν κατά πολύ την απειλή της πλημμύρας σε μια περιοχή .

Αλλαγές στη χρήση της γης

Τα ρέματα και τα ποτάμια είναι ανοιχτά συστήματα τα οποία γενικά διατηρούν μια άγρια *δυναμική ισορροπία* η οποία είναι μια συνολική ισορροπία μεταξύ της ιδιότητας του ποταμού να μεταφέρει φερτές ύλες και του φορτίου που λαμβάνει. Τα ιζήματα παρέχονται από παραποτάμους και από υλικά της γης τα οποία πέφτουν από λοφοπλαγιές μέσα στο ρεύμα. Ένα ρεύμα τείνει να έχει την κλίση και τη σταυροειδή παράταξη η οποία προσφέρει την απαιτούμενη ταχύτητα της ροής η οποία μετακινεί το φορτίο ιζημάτων. Μια αύξηση ή μια μείωση στην ποσότητα του νερού ή της φερτής ύλης που δέχτηκε ένα ρεύμα συνήθως επιφέρει αλλαγές στην κλίση του ή το σταυροειδές του σχήμα, αλλάζοντας αποτελεσματικά την ταχύτητα του νερού. Η αλλαγή στην ταχύτητα ενδέχεται να αυξήσει ή να μειώσει την ποσότητα του ιζημάτων που μεταφέρεται στο σύστημα. Επομένως αυτές οι αλλαγές που επηρεάζουν το ίζημα ή τον όγκο του νερού ενός ρεύματος μπορεί να θέσουν σε κίνηση μια σειρά γεγονότων που καταλήγουν σε μια νέα δυναμική ισορροπία. Αναλογιστείτε, για παράδειγμα, μια αλλαγή στη χρήση της γης, από δάσος σε μια αγροτική στοιχισμένη καλλιέργεια, όπως το καλαμπόκι. Επειδή τα εδάφη που καλλιεργούνται έχουν υψηλότερα ποσοστά διάβρωσης, παρέχουν περισσότερο ίζημα στο ρεύμα. Αρχικά το ρεύμα δε θα μπορεί να μεταφέρει όλο το φορτίο και θα αποθέσει ίζημα, αυξάνοντας την κλίση του καναλιού. Η νέα, πιο απότομη κλίση του καναλιού θα αυξήσει την ταχύτητα του νερού και θα επιτρέψει στο ρεύμα να κινήσει περισσότερο ίζημα. Αν υποθέσουμε πως το επίπεδο της βάσης παραμένει σταθερό, αυτή η διαδικασία θα συνεχιστεί μέχρι το ρεύμα ρεύσει αρκετά γρήγορα ώστε να μεταφέρει το καινούριο φορτίο. Εάν η αντίληψη ότι η απόθεση ιζημάτων αυξάνει την κλίση του καναλιού σας είναι αντιφατικό, παρατηρήστε την αλλαγή στην κλίση των προφίλ στο σχήμα 2.15. μια νέα δυναμική ισορροπία μπορεί να επιτευχθεί δεδομένου ότι το ποσοστό συσσώρευσης ιζημάτων οριζοντιώνει το κανάλι και το σχήμα και η κλίση του μπορούν να ρυθμιστούν πριν συμβεί ακόμα μία αλλαγή στη χρήση της γης. Υποθέστε τώρα πως συμβαίνει το αντίθετο και καλλιεργήσιμη γη μετατρέπεται σε δάσος. Η παροχή ιζημάτων στο κανάλι θα μειωθεί και λιγότερο ίζημα θα αποτίθεται στο κανάλι.



ΣΧΗΜΑ 2.15 ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΘΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΛΙΣΗ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ Το ιδεολογικό διάγραμμα που απεικονίζει ότι η απόθεση στο κανάλι ενός ρεύματος αυξάνει την κλίση του καναλιού. Σαν παράδειγμα, η κλίση του προφίλ Β είναι πιο απότομη από την κλίση του προφίλ Α.

Η διάβρωση του καναλιού θα χαμηλώσει τελικά την κλίση, η οποία με τη σειρά της θα ελαττώσει την ταχύτητα του νερού. Η επικράτηση της διάβρωσης επί της απόθεσης θα συνεχίσει μέχρι η ισορροπία ξανά επιτευχθεί μεταξύ παροχής ιζήματος και εκτελούμενου έργου. Η αλληλουχία των αλλαγών που περιγράφηκαν συνέβη σε τμήματα των νοτιοανατολικών ΗΠΑ κατά τη διάρκεια των προηγούμενων δύομισι αιώνων. Στο Piedmont, μια περιοχή κυματιστών λόφων μεταξύ των βουνών Appalachian Mountains και της παράκτιας κοιλάδας Atlantic, τα περισσότερα δάση εκκαθαρίστηκαν για να καλλιεργηθούν στα 1800. Η αλλαγή στη χρήση της γης από δασική σε καλλιεργήσιμη επιτάχυνε τη διάβρωση του εδάφους και την επακόλουθη απόθεση φερτών υλών σε τοπικά ρεύματα (Σχήμα 4.16). Αυτό προκάλεσε στο ρεύμα που υπήρχε πριν να αρχίζει να γεμίζει με ιζημα (Σχήμα 4.16). Μετά το 1930 η γη επανήλθε σε κωνοφόρα δάση και αυτή η αλλαγή, σε συνδυασμό με μέτρα της διατήρησης του εδάφους, ελάττωσε την ποσότητα του ιζήματος που αποδιδόταν σε ρεύματα. Έτσι, μέχρι το 1969, τα πρότερα λασπώδη ρεύματα στραγγαλισμένα από ιζημα είχαν καθαριστεί και διέβρωσαν τα κανάλια τους (Σχήμα 2.16).

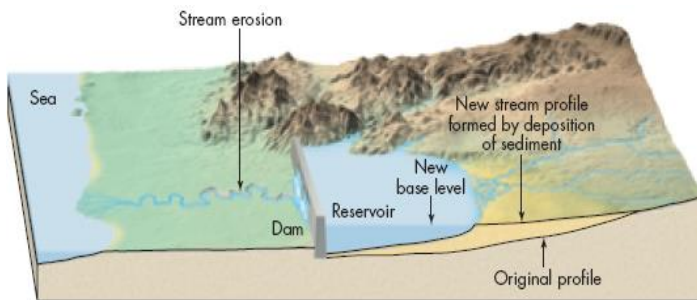
Κατασκευή Φραγμάτων

Αναλογιστείτε την επίδραση ενός φράγματος σε ένα ρεύμα. Σημαντικές αλλαγές θα συμβούν και προς τα ανάντη και προς τα κατόντη της δεξαμενής που δημιουργείται από το φράγμα. Προς τα ανάντη, καθώς το ρεύμα εισέρχεται στη δεξαμενή, το νερό θα επιβραδύνει, θα αποθέσει ιζημα και θα σχηματίσει ένα δέλτα. Προς τα κατόντη, το νερό που βγαίνει κάτω από το φράγμα θα έχει λίγο ιζημα, εφόσον το περισσότερο από αυτό θα έχει παγιδευτεί μέσα στη δεξαμενή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα εάν το ρεύμα έχει τη χωρητικότητα να μεταφέρει επιπλέον ιζημα η διάβρωση του καναλιού να υπερέχει από την απόθεση προς τα κατόντη του φράγματος. Τότε η κλίση του ρεύματος θα μειωθεί μέχρι να υπάρξει νέα ισορροπία (Σχήμα 2.17).

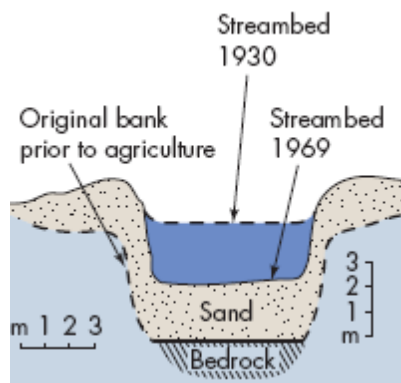
Αστικοποίηση και Πλημμύρα

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες αυξάνουν και την ένταση και τη συχνότητα των πλημμύρων σε μικρές αστικές λεκάνες απορροής μερικών τετραγωνικών χιλιομέτρων. Ο ρυθμός της αύξησης καθορίζεται από το ποσοστό της γης που είναι καλυμμένη με κατοικίες, πεζοδρόμια και τσιμέντο, το οποίο αναφέρεται ως *αδιαπέραστη κάλυψη* και το ποσοστό της περιοχής που εξυπηρετείται από οχετούς. Στις περισσότερες αστικές περιοχές, οι υπόνομοι ξεκινούν με λούκια στις άκρες των δρόμων και μεταφέρουν απορροή σε ρέματα πολύ πιο γρήγορα από ότι σε φυσικές συνθήκες. Γι αυτό, η επιστρωμένες περιοχές και οι υπόνομοι είναι συλλογικά ένα μέτρο του βαθμού της αστικοποίησης. Μια αστική περιοχή με 40% αδιαπέραστη κάλυψη και 40% αυτής της περιοχής εξυπηρετούμενο από υπονόμους μπορεί να έχει περίπου 3 φορές τόσες πλημμύρες δεδομένης έντασης όσες και πριν την αστικοποίηση (Σχήμα 2.19). Αυτή η αναλογία ισχύει για πλημμύρες μικρής και μεσαίας συχνότητας.

Ωστόσο, καθώς το μέγεθος της λεκάνης απορροής αυξάνεται, οι μεγάλες πλημμύρες με συχνότητες περίπου 50 ετών δεν επηρεάζονται από την αστικοποίηση.



ΣΧΗΜΑ 2.17 ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΕΣΗ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΕΝΑ ΦΡΑΓΜΑ Μετά την κατασκευή του φράγματος, συλλέγεται ίζημα και μέσα και προς τα ανάντη της δεξαμενής εξαιτίας της αλλαγής στο επίπεδο της βάσης. Η διάβρωση γίνεται στα κατάντη του φράγματος γιατί το νερό που βγαίνει από τη δεξαμενή μεταφέρει λιγότερο ίζημα από αυτό που μπορεί να μεταφέρει το ρεύμα. (Modified after Tasa D. in Tarbuck, E.J. and F. K. Earth: An Introduction to physical geology, 8th ed. Upper Saddle River, NJ Prentice Hall)



ΣΧΗΜΑ 2.16 ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΗΝ ΚΟΙΤΗ ΕΝΟΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΓΗΣ Τομή ενός ρεύματος στη Mauldin Millsite στη Georgia το 1969, που δείχνει αλλαγές στη θέση του καναλιού κατά το πέρασμα του χρόνου. Η χρήση της γης άλλαξε από φυσικό δάσος σε αγροκαλλιέργειες, η οποία αύξησε την απόθεση ιζήματος στο ρεύμα μέχρι το 1930 και όταν ξανάγινε δασότοπος αύξησε τη διάβρωση του ρεύματος. (After Trimble, S.W. 1969 Culturally accelerated sedimentation on the middle Georgia Piedmont, Master's thesis, Athens, Georgia: University of Georgia. Reproduced permission)

ΣΧΗΜΑ 2.18 Η ΑΣΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΥΞΑΝΕΙ ΤΗΝ ΑΔΙΑΠΕΡΑΣΤΗ ΚΑΛΥΨΗ Εναέρια άποψη της Santa Barbara της California, η οποία, όπως οι περισσότερες πόλεις των ΗΠΑ, έχει το μεγαλύτερο τμήμα της έκτασης της καλυμμένο με κτίρια και ασφαλτωμένους δρόμους, πεζοδρόμια και χώρους στάθμευσης. Αυτό το αδιαπέραστο κάλυμμα γης μπλοκάρει την διείσδυση του νερού και αυξάνει την επιφανειακή απορροή. (Edward A. Keller)



Οι πλημμύρες είναι μια λειτουργία της σχέσης μεταξύ της βροχόπτωσης και της απορροής, οι οποίες επηρεάζονται σημαντικά από την αστικοποίηση. Μια μελέτη έδειξε ότι η αστική απορροή από μεγαλύτερες καταιγίδες είναι 5 φορές περίπου μεγαλύτερη από εκείνη σε προ-αστικές συνθήκες. Ωστόσο, η έκταση της αστικής πλημμύρας σχετίζεται όχι μόνο με τη μέγιστη εκροή μιας πλημμύρας αλλά και με την κατάσταση του συστήματος αποχέτευσης. Για παράδειγμα, μεγάλες περιόδοι μέτριας βροχόπτωσης μπορεί επίσης να προκαλέσει πλημμύρα εάν οι σχετοί μπλοκάρουν με ίζημα και μπάζα από την καταιγίδα. Σε αυτήν την περίπτωση, το νερό αρχίζει να λιμνάζει πίσω από ένα φράγμα από μπάζα, δημιουργώντας πλημμύρα σε χαμηλές περιοχές. Το ίδιο συμβαίνει σε μια μπανιέρα όπου το νερό ανεβαίνει όταν ο σωλήνας φράζει μερικώς από σαπούνι. Πέρα από την αυξανόμενη απορροή και τη συχνότητα της πλημμύρας, η αστικοποίηση επηρεάζει το πόσο γρήγορα αναπτύσσεται η πλημμύρα. Εκτός από το να αυξάνει την απορροή και τη συχνότητα της πλημμύρας, η αστικοποίηση επηρεάζει το πόσο γρήγορα αναπτύσσεται η πλημμύρα. Πριν την αστικοποίηση, μια αξιοσημείωτη καθυστέρηση, ή **χρόνος καθυστέρησης**, υπάρχει μεταξύ της πλημμύρας και της χρονικής στιγμής που συμβαίνει η περισσότερη βροχόπτωση (Σχήμα 2.20a). Μια σύγκριση των υδρογραφημάτων δείχνει ότι υπάρχει μια σημαντική μείωση στο χρόνο καθυστέρησης μετά την αστικοποίηση (Σχήμα 4.20b). μικροί χρόνοι καθυστέρησης, αναφερόμενοι ως *ταχείας εκροής*, χαρακτηρίζονται από γρήγορη άνοδο και πτώση των νερών της πλημμύρας. Ένας άλλος τρόπος που η αστικοποίηση επηρεάζει την εκροή του ρεύματος είναι ότι η ροή του ρεύματος ελαττώνεται πολύ κατά την περίοδο ανομβρίας. Κανονικά, τα αστικά ρεύματα συνεχίζουν να ρέουν κατά τις περιόδους ανομβρίας γιατί το υπόγειο νερό διαρρέει μέσα στο κανάλι. Ωστόσο, επειδή η αστικοποίηση ελαττώνει σημαντικά την διείσδυση μέσα στη λεκάνη απορροής, λιγότερο υπόγειο νερό είναι διαθέσιμο να διαρρεύσει μέσα στα ρεύματα. Αυτή η ελαττωμένη ροή επηρεάζει και τη ποιότητα και την εμφάνιση ενός ρεύματος. Πολύ χαμηλή εκροή συγκεντρώνει αποτελεσματικά ρυπαντές στο νερό. Μερικοί από αυτούς τους ρυπαντές, όπως το άζωτο και ο φώσφορος από τα λιπάσματα, μπορεί να προκαλέσει την ανάπτυξη μεγάλων ποσοτήτων από άλγη και βλαβερή υδρόβια ζωή. Η αδιαπέραστη κάλυψη και οι υπόνομοι δεν είναι τα μόνα κατασκευαστικά πρότυπα που μπορούν να αυξήσουν την πλημμύρα. Κάποιες πλημμύρες αστραπή συμβαίνουν επειδή οι γέφυρες που είναι χτισμένες εγκάρσιως μικρών ρευμάτων μπλοκάρουν το πέρασμα από μπάζα που επιπλέουν τα οποία μετά σχηματίζουν ένα προσωρινό φράγμα. Όταν αυτό το εμπόδιο από μπάζα χαλαρώσει, ένα κύμα νερού κινείται στα κατάντη (Δες Περίπτωση 2.5).

ΣΧΗΜΑ 2.19 ΠΛΗΜΜΥΡΑ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΣΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ Η σχέση μεταξύ της αναλογίας των πλημμύρων με ροές που εκχειλίζουν άνω της όχθης (μετά την αστικοποίηση σε σύγκριση με πριν) και τα κύρια της αστικοποίησης. Αυτά τα μέτρα είναι το ποσοστό της περιοχής με αδιαπέραστη κάλυψη και υπονόμους. Για παράδειγμα μια αναλογία 3 προς 1, σημαίνει ότι μετά την αστικοποίηση συμβαίνουν 3 πλημμύρες για κάθε μια η οποία συνέβη πριν, ή ότι η πλημμύρα συμβαίνει 3 φορές περισσότερο μετά.

Αυτό το γράφημα δείχνει ότι καθώς ο βαθμός της αστικοποίησης αυξάνει, ο αριθμός των πλημμύρων ανά έτος αυξάνει κι αυτός. (After Leopold, L.B. 1968 U.S. Geological Survey Circular 559)

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2.5

ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ-ΑΣΤΡΑΠΗ ΣΤΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΟΗΟ

Την Παρασκευή 15 Ιουνίου του 1990, περισσότερα από 14cm (5.5 in.) κατακρημνισμάτων έπεσαν μέσα σε 3-1/2 ώρες σε τμήματα του ανατολικού Ohio. Δύο παραπόταμοι του ποταμού Ohio, Wegee και Pipe Creeks, δημιούργησαν πλημμύρες αστραπή κοντά στη μικρή πόλη Shadyside, σκοτώνοντας 21 άτομα και αφήνοντας 13 αγνοούμενος με την υπόθεση πως ήταν νεκροί. Οι πλημμύρες περιγράφηκαν σαν 5m (16ft) ψηλά τείχη νερού τα οποία χίμηξαν στην κοιλάδα. Συνολικά, σχεδόν 70 σπίτια καταστράφηκαν και άλλα 40 είχαν ζημιές. Τρέιλερ και σπίτια παρασύρθηκαν από τα ορμητικά νερά, και κουνιόνταν σαν φελλοί στο χείμαρρο. Η ορμή του νερού προφανώς προκλήθηκε από την λάθος κατασκευή των φραγμάτων από μπάζα τα οποία είχαν αναπτυχθεί κατά μήκος ρυακιών στα ανάντη των γεφυρών. Η επιφανειακή απορροή είχε παρασύρει κορμούς δέντρων και άλλα μπάζα μέσα στα ρέματα από γειτονικές λοφοπλαγιές. Τα μπάζα μαζεύτηκαν στις γέφυρες, δημιουργώντας φράγματα. Όταν οι γέφυρες δε μπορούσαν πλέον να αντέξουν το βάρος από τα μπάζα, τα φράγματα χαλάρωσαν, στέλνοντας αρνητικά κύματα νερού προς τα κάτω. Αυτή η σειρά των γεγονότων έχει επαναληφθεί σε πολλές πλημμύρες-αστραπή ανά τον κόσμο. Το ίδιο συχνά, τα στηρίγματα των γεφυρών είναι πολύ στενά όπως και οι σωλήνες των υπονόμων κάτω από τους δρόμους, οι γνωστοί αποχετευτικοί αγωγοί και είναι πολύ στενοί για να επιτρέψουν στα μπάζα να περάσουν. Αντιθέτως γίνονται προσωρινά φράγματα που προκαλούν πλημμύρα προς τα ανάντη ή πλημμύρες-αστραπή στα κατάντη.

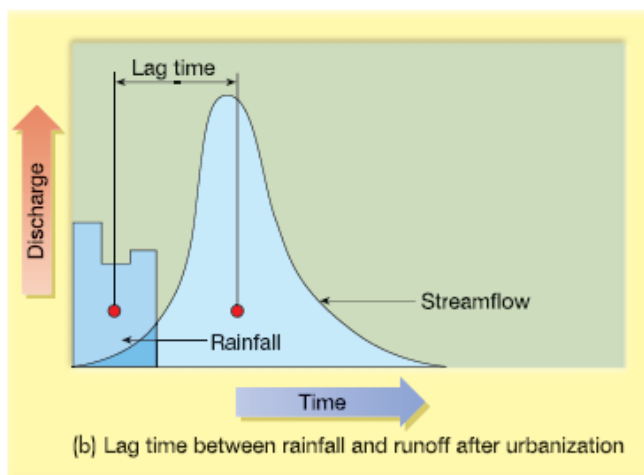
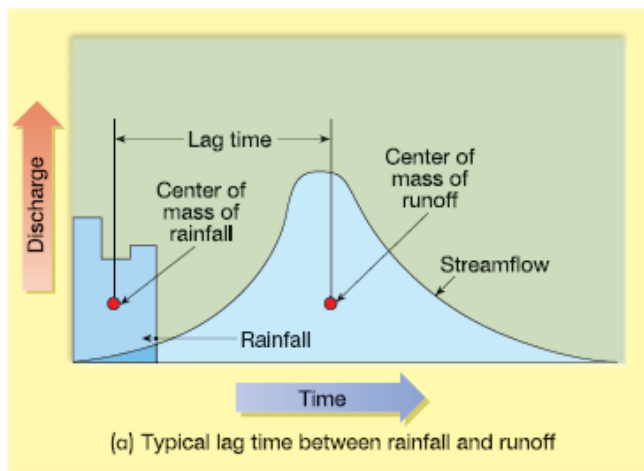
2.6 Ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο της πλημμύρας

Ιστορικά, ειδικότερα κατά τον δέκατο ένατο αιώνα, οι άνθρωποι έχουν ανταποκριθεί στις πλημμύρες προσπαθώντας να τις εμποδίσουν με το να προκαλούν βελτιωτικές μετατροπές σε ρεύματα και ποτάμια. Φυσικά εμπόδια όπως φράγματα και αναχώματα έχουν δημιουργηθεί, ή το σχήμα του ρεύματος έχει αλλάξει με το να φαρδαίνει, να βαθαίνει, ή να ισιώνεται το κανάλι. Το σχήμα του καναλιού μεταβάλλεται έτσι ώστε ένα ρεύμα να διοχετεύεται στη γη περισσότερο αποδοτικά. Κάθε νέο φιλόδοξο σχέδιο περί ελέγχου της πλημμύρας έχει ως αποτέλεσμα να παρασέρνει όλο και περισσότερους ανθρώπους σε πλημμυρικές πεδιάδες με τη λάθος ελπίδα ότι ο κίνδυνος της πλημμύρας δεν είναι πλέον σημαντικός. Μπορεί να έχουμε κατασκευάσει ένα φράγμα ή ένα κανάλι ικανό να ελέγχει και τη μεγαλύτερη απορροή και όταν το νερό τελικά ξεπεράσει τη χωρητικότητα της κατασκευής η πλημμύρα να είναι εκτεταμένη.

Η κατασκευαστική προσέγγιση

Φυσικά εμπόδια Τα μέτρα για να εμποδίσουμε την πλημμύρα περιλαμβάνουν την κατασκευή φυσικών εμποδίων, όπως χωμάτινα **αναχώματα** (Σχήμα 2.21) και τσιμεντένια (αντιπλημμυρικά) τοιχώματα, δεξαμενές που θα αποθηκεύουν το νερό και θα το αποδεσμεύουν αργότερα με ασφαλή ρυθμό και λεκάνες συγκράτησης των νερών της καταιγίδας (Σχήμα 2.22). Δυστυχώς, τα πιθανά οφέλη αυτών των φυσικών εμποδίων συχνά χάνονται εξαιτίας της αύξουσας ανάπτυξης σε πλημμυρικές πεδιάδες τις οποίες υποτίθεται θα προστατέψουν. Για παράδειγμα, οι χειμώνες του 1986 και 1997 έφεραν μεγάλες καταιγίδες και πλημμύρες στις δυτικές πολιτείες, ειδικά στην California, τη Nevada και τη Utah. Συνολικά οι ζημιές ξεπέρασαν πολλές εκατοντάδες εκατομμύρια δολάρια και πολλοί άνθρωποι πέθαναν. Σε μία από τις πλημμύρες του 1986, ένα φράγμα έσπασε στον ποταμό Yuba στην California και περισσότεροι από 20,000 άνθρωποι έχασαν τα σπίτια τους. Ένα σημαντικό μάθημα από αυτήν την πλημμύρα είναι πως τα φράγματα που κατασκευάστηκαν κατά μήκος των ποταμών πολλά χρόνια πριν είναι συχνά σε κακή κατάσταση και τείνουν να καταρρεύσουν

κατά τις πλημμύρες (Σχήμα 2.23). Οι πλημμύρες του 1997 κατέστρεψαν χώρους κάμπινγκ και άλλα κτίσματα στο Yosemite National Park. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα το πάρκο να αναθεωρήσει τη διαχείριση της πεδιάδας και να επιτρέψει στο ποτάμι να <<ρέει ελεύθερα>>. Αυτή η νέα στρατηγική απαιτούσε να εγκαταλειφθούν χώροι κατασκήνωσης και άλλες εγκαταστάσεις στην πεδιάδα.

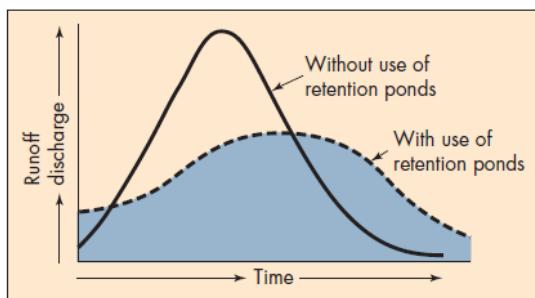
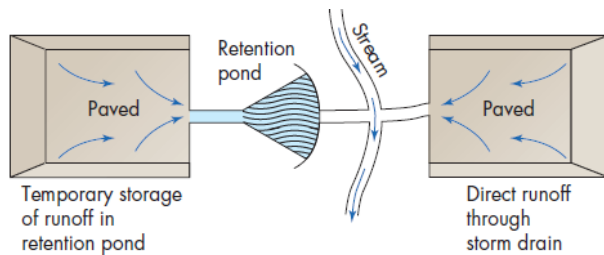


ΣΧΗΜΑ 2.20 Η ΑΣΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΜΙΚΡΑΙΝΕΙ ΤΟ ΧΡΟΝΟ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ Γενικευμένα υδρογραφήματα (a) Υδρογράφημα που δείχνει το χρόνο καθυστέρησης μεταξύ του χρόνου όπου πέφτει η περισσότερη βροχή και του χρόνου όπου το ρεύμα πλημμυρίζει. (b) Εδώ, το υδρογράφημα δείχνει τη μείωση στο χρόνο καθυστέρησης εξαιτίας της αστικοποίησης. (After Leopold, L.B. 1968, *U.S. Geological Survey Circular 559*) (Modified after Tarbuck, E.J. and F.K. Lutgens. *Earth: An introduction to physical geology*, 8th ed. Upper Saddle River, NJ; Prentice Hall)



ΣΧΗΜΑ 2.21 ΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ MISSISSIPPI Χωμάτινα ή τσιμεντένια αναχώματα παράλληλα στις χαμηλότερες όχθες του ποταμού Mississippi στη Louisiana. Ένας δρόμος στην κορυφή του φράγματος στην αριστερή όχθη του ποταμού φαίνεται σαν μια άσπρη κυματιστή γραμμή. Αυτό το φράγμα προστατεύει φάρμες, σπίτια και επιχειρήσεις κατά μήκος της Εθνικής οδού στα αριστερά. (Comstock Images)

Κάποιες μηχανολογικές κατασκευές σχεδιασμένες να αποτρέπουν την πλημμύρα έχουν στην πραγματικότητα αυξήσει την μακροπρόθεσμη απειλή της πλημμύρας. Για παράδειγμα, το 1993, κατά τη διάρκεια των πλημμύρων του ποταμού Mississippi, τα αντιπλημμυρικά τοιχεία στο St. Louis του Missouri δημιούργησαν εμπόδιο στο ποτάμι και αύξησαν την πλημμύρα προς την πόλη (Σχήμα 2.24). Καθώς τα νερά του Mississippi ανέρχονταν σε επίπεδα ρεκόρ, τα τοιχεία άρχισαν να έχουν διαρροές και χρειάστηκαν 24ωρες προσπάθειες για να μην καταρρεύσουν.



(a)



(b)

ΣΧΗΜΑ 2.22 ΟΙ ΛΙΜΝΕΣ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΜΕΙΩΝΟΥΝ ΤΗΝ ΕΚΡΟΗ ΤΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ (α) Σύγκριση της απορροής από μια πλακοστρωμένη περιοχή η οποία διοχετεύεται απευθείας από αγωγό με ένα ρεύμα με

απορροή που αποθηκεύεται προσωρινά σε λίμνη συγκράτησης πριν αποστραγγιστεί σε ρεύμα. Το γράφημα δείχνει ότι η χρήση μιας λίμνης κατακράτησης ελαττώνει τη μέγιστη εκροή και την πιθανότητα ότι η απορροή θα συνεισφέρει στο πλημμύρισμα του ρεύματος. (*Modified after U.S. Geological Survey Professional Paper 950*) (b) Μια σχεδόν αποξηραμένη λίμνη κατακράτησης κοντά στη Santa Barbara της California. Οι λίμνες συγκράτησης επίσης κατακρατούν ίζημα το οποίο ελαττώνει τα επίπεδα μόλυνσης και κατακάθισης στα ρεύματα. (*Edward A. Keller*)

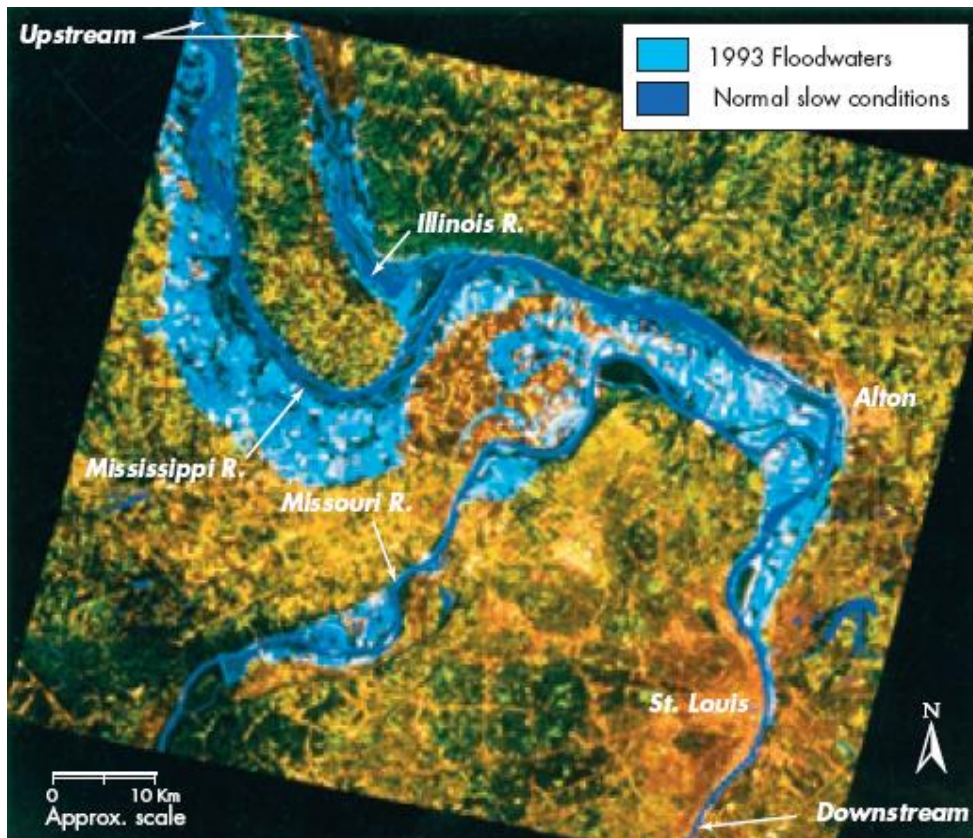
Μετά την παρατήρηση των αιτιών και των επιπτώσεων πολλών πλημμύρων, έχουμε μάθει ότι ο έλεγχος της πλημμύρας με κατασκευαστικούς τρόπους πάει μαζί με διευθέτηση της πλημμυρικής πεδιάδας έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος.



ΣΧΗΜΑ 2.23 ΡΗΞΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ Ρήξη σε αυτό το ανάχωμα στο Illinois κατά τις πλημμύρες του ποταμού Mississippi το 1993 προκάλεσαν πλημμύρα στην πόλη Valmeyer. Ορμητικά αφρόνερα εφορμούν μέσα από το ρήγμα στο κάτω μισό αυτού του καλυμμένου με χορτάρι χωμάτινο ανάχωμα. (*Comstock Images*)

Καναλιοποίηση Το να ισιώνουμε, να βαθαινόμαστε, να πλαταίνουμε, να αφαιρούμε, ή να ισιώνουμε υπάρχοντα ρεύματα είναι όλα μέθοδοι **καναλιοποίησης**. Οι αντικειμενικοί στόχοι αυτής της μηχανολογικής τεχνικής είναι περιλαμβάνουν τον έλεγχο πλημμύρων, αποστράγγιση περιοχών με πολύ νερό, έλεγχο της διάβρωσης, και βελτίωση της ναυσιπλοΐας. Χιλιάδες χιλιομέτρων από ρεύματα στην Αμερική έχουν τροποποιηθεί και χιλιάδες από πρόσθετα χιλιόμετρα σε έργα καναλιοποίησης είναι υπό κατασκευή ή υπό σχεδίαση. Παλιότερα ωστόσο, οι σχεδιαστές και οι μηχανικοί δεν έχουν δώσει επαρκή μελέτη στις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις της καναλιοποίησης. Οι πολέμιοι της μετατροπής των φυσικών ρευμάτων υποστηρίζουν ότι η πρακτική είναι αντίθετη στην παραγωγή ψαριών και υδρόβιας άγριας ζωής και παραπέρα το ρεύμα υποφέρει από εκτεταμένη αισθητική υποβάθμιση. Η διαφωνία τους είναι η εξής:

- Η αποστράγγιση υδροβιότοπων επηρεάζει αρνητικά τα φυτά και τα ζώα με το να εξαφανίζει κατοικίες απαραίτητες για την επιβίωση ορισμένων ειδών
- Το κόψιμο των δέντρων κατά μήκος του ρεύματος εξαλείφει τη σκίαση και την κάλυψη για τα ψάρια και εκθέτει το ρεύμα στον ήλιο, το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα την καταστροφή της θαλάσσιας ζωής και των ευαίσθητων στη θερμοκρασία υδάτινων οργανισμών.
- Κόβοντας την ξυλεία εξαλείφονται οι κατοικίες πολλών ζώων και πτηνών, ενώ διευκολύνεται η διάβρωση και η ιζηματοποίηση στο ρεύμα.

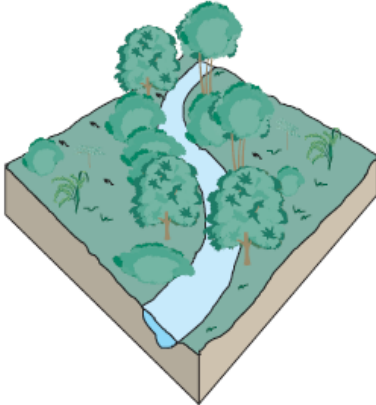
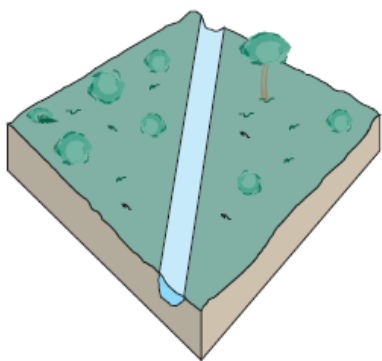
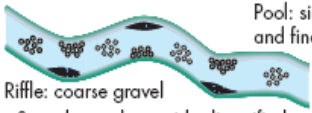
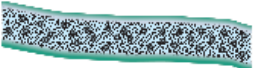
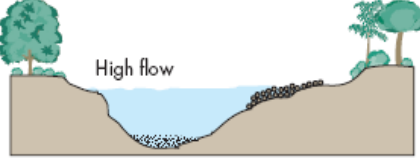

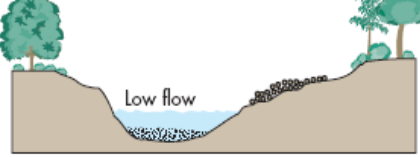
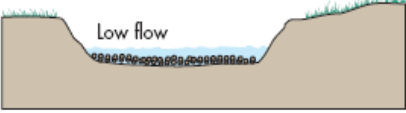


ΣΧΗΜΑ 4.24 Η ΠΛΗΜΜΥΡΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ MISSISSIPPI ΤΟ 1993 Δορυφορική όψη της έκτασης της πλημμύρας εκεί που οι ποταμοί Illinois και Missouri ενώνονται με τον Mississippi. Το γαλάζιο είναι τα νερά της πλημμύρας του 1993 και σκούρο μπλε η κανονική ροή του ρεύματος. Κάτω δεξιά, μια σειρά αντιπλημμυρικά τείχη, χτισμένα να προστατεύσουν το St. Louis περιορίζουν τον Mississippi. Αυτό το εμπόδιο στη ροή προκάλεσε πλημμύρα, συμπεριλαμβάνοντας και την πόλη Alton Illinois κοντά στην δεξιά και κεντρική άκρη.

- Με το να ισιώνεται και να τροποποιείται η κοίτη του ρεύματος καταστρέφονται και η ποικιλία των μορφών της ροής και η θρέψη και ανάπτυξη περιοχών υδροβίας ζωής, ενώ αλλάζει η μέγιστη ροή
- Η μετατροπή των υγροτόπων από ένα ελικοειδές ρεύμα σε ένα ευθύ, ανοιχτό χαντάκι υποβαθμίζει σοβαρά την αισθητική αξία μιας φυσικής περιοχής. Το Σχήμα 2.25 συνοψίζει κάποιες από τις διαφορές μεταξύ των φυσικών ρευμάτων και αυτών που έχουν τροποποιηθεί με καναλιοποίηση.

Δεν προκαλούν όλες οι διαδικασίες καναλιοποίησης σοβαρή περιβαλλοντική υποβάθμιση. Σε πολλές περιπτώσεις, τα ερευνητικά έργα αποστράγγισης είναι ευεργετικά. Τα οφέλη παρατηρούνται

καλύτερα σε αστικές περιοχές που υπόκεινται σε πλημμύρες και σε αγροτικές περιοχές όπου η πρότερη χρήση της γης προκάλεσε προβλήματα διοχέτευσης. Σε άλλες περιοχές, η τροποποίηση καναλιών έχει βελτιώσει τη ναυσιπλοΐα ή έχει μειώσει την πλημμύρα και δεν έχει προκαλέσει περιβαλλοντική αναστάτωση.

<p style="text-align: center;">Natural stream</p> 	<p style="text-align: center;">Channelized stream</p> 
<p>Channel conditions</p> <p>Suitable water temperatures; adequate shading; good cover for fish life; minimal temperature variation; abundant leaf material input.</p>	<p>Increased water temperatures; no shading; no cover for fish life; rapid daily and seasonal temperature fluctuations; reduced leaf material input.</p>
<p>Pool-riffle sequences</p>  <p>Pool: silt, sand, and fine gravel Riffle: coarse gravel Sorted gravels provide diversified habitats for many stream organisms.</p>	<p>Mostly riffle</p>  <p>Unsorted gravels; reduction in habitats; few organisms.</p>
<p>Pool environment</p>  <p>High flow</p> <p>Diverse water velocities: high in pools, lower in riffles. Resting areas abundant beneath banks, behind large rocks, etc.</p>	<p>High flow</p>  <p>May have stream velocity higher than some aquatic life can stand. Few or no resting places.</p>
<p>Riffle environment</p>  <p>Low flow</p> <p>Sufficient water depth to support fish and other aquatic life during dry season.</p>	<p>Low flow</p>  <p>Insufficient depth of flow during dry season to support fish and other aquatic life. Few if any pools (all riffle).</p>



ΣΧΗΜΑ 2.26 ΡΙΖΕΣ ΔΕΝΤΡΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΥΝ ΤΙΣ ΟΧΘΕΣ ΕΝΟΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ Η ανάπτυξη των δέντρων σε όχθες ρευμάτων γενικά επιβραδύνει την διάβρωση τους. (Edward A. Keller)

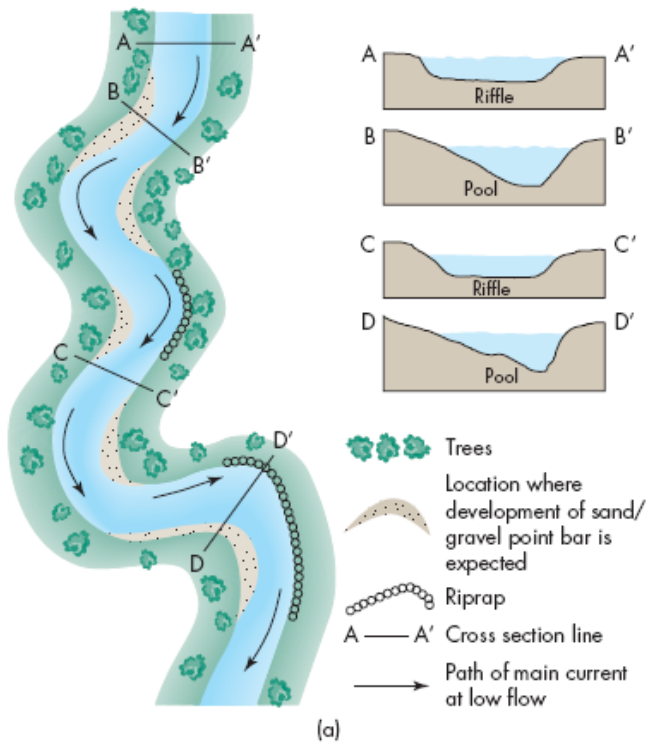
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΝΑΛΙΟΥ: ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΑΝΤΙ ΚΑΝΑΛΙΟΠΟΙΗΣΗΣ

Πολλά ρεύματα σε αστικές περιοχές μόλις και μετά βίας μοιάζουν με φυσικά κανάλια. Η διαδικασία της κατασκευής δρόμων, κοινωφελών υπηρεσιών και κτιρίων με την αντίστοιχη παραγωγή τους σε φερτές ύλες αρκεί για να διαλύσει μικρά ρεύματα. Η αποκατάσταση καναλιού χρησιμοποιεί τέτοιες τεχνικές όπως (1) καθαρίζοντας αστικά απόβλητα από το κανάλι, επιτρέπουμε στο ρεύμα να ρέει ελεύθερα, (2) προστατεύοντας τις υπάρχοντες όχθες του ρεύματος με το να μην απομακρύνουμε υπάρχοντα δέντρα και, όπου είναι απαραίτητο, (3) φυτεύοντας επιπλέον γηγενή δέντρα και άλλη βλάστηση. Τα δέντρα είναι σημαντικά γιατί παρέχουν σκιά για ένα ρεύμα και το σύστημα των ριζών τους προστατεύει τις όχθες από διάβρωση (Σχήμα 2.26). Ο σκοπός της αποκατάστασης ενός καναλιού είναι να δημιουργήσει ένα πιο φυσικό κανάλι με το να επιτρέψει στο ρεύμα να ρέυσει και, όπου γίνεται, να αναδομήσει ποικίλες συνθήκες ροής του νερού με γρήγορες και ρηχές κορυφές κυμάτων που εναλλάσσονται με αργές και βαθιές κοιλάδες (του κύματος). Εκεί που η πλευρική διάβρωση των όχθων πρέπει να είναι απόλυτα ελεγχόμενες, οι εξωτερικές στροφές πρέπει να είναι προστατευμένες με μεγάλες πέτρες γνωστές ως *κρηπίδωμα* ή με συρμάτινα καλάθια γεμάτα με πέτρες, γνωστά ως αμμόσακοι προστασίας (Σχήμα 2.27). Τα πρότυπα κριτήρια για την αποκατάσταση ενός καναλιού φαίνονται στο Σχήμα 2.28.

Αποκατάσταση του ποταμού Kissimmee στη Florida Η αποκατάσταση του ποταμού Kissimmee μπορεί να είναι το πιο φιλόδοξο σχέδιο αποκατάστασης που έχει ποτέ επιχειρηθεί στις ΗΠΑ. Η καναλιοποίηση του ποταμού ξεκίνησε το 1960 και χρειάστηκαν 10 χρόνια για να ολοκληρωθεί με ένα κόστος 32 εκατομμυρίων δολαρίων. Ο Kissimmee από ένα ελικοειδές ποτάμι 165 km (103mi.) άλλαξε σε μια ευθεία τάφρο μήκους 83 km (52mi). Σαν αποτέλεσμα αυτής της καναλιοποίησης, η ποιότητα του νερού υποβαθμίστηκε, τα υδρόβια πτηνά και τα ψάρια ελαττώθηκαν και η αισθητική της περιοχής αλλοιώθηκε κατά πολύ. Η καναλιοποίηση αποστράγγισε περισσότερα από 800 km² υδροβιότοπου της πεδιάδας. Είναι ειρωνικό το ότι η καναλιοποίηση αύξησε τον κίνδυνο της πλημμύρας επειδή οι υδροβιότοποι δεν αποθήκευαν πλέον απορροή. Μέσα σε ένα χρόνο αφού η καναλιοποίηση είχε ολοκληρωθεί, η πολιτεία της Florida αποφάσισε να αποκατασταθεί το ποτάμι. Το Κογκρέσο του 1991 έδωσε εντολή ότι οι υπεύθυνοι για την αρχική καναλιοποίηση, οι U.S. Army Corps of Engineers, θα ξεκινήσουν αποκατάσταση για περίπου το ένα τρίτο του ποταμού με κόστος σχεδόν 400 εκ. δολάρια. Αυτό το ποσό είναι περισσότερο από το δεκαπλάσιο κόστος ολόκληρου του πλάνου της καναλιοποίησης. Αν και η αποκατάσταση είναι αυτό που πρέπει να γίνει για τη βελτίωση του ποταμίου περιβάλλοντος, πιο προσεκτική περιβαλλοντική εκτίμηση πριν το αρχικό σχέδιο θα είχε αποκαλύψει τις πιθανές ζημιές οι οποίες απαίτησαν την αποκατάσταση. Στο Los Angeles της California, μια ομάδα που ονομάζεται <<Φίλοι του Ποταμού>> έχει προτείνει την αποκατάσταση του ποταμού Los Angeles. Αυτός ο στόχος θα είναι δύσκολος επειδή η περισσότερη όχθη και η κοίτη του ποταμού είναι σχηματισμένες με γραμμές από τσιμέντο (Σχήμα 2.29).



ΣΧΗΜΑ 2.27 ΣΑΚΟΙ ΜΕ ΠΕΤΡΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΟΥΝ ΤΗΝ ΟΧΘΗ ΕΝΟΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ Αυτοί οι σάκοι κατά μήκος της ξεραμένης κοίτης του ρεύματος Shoal Creek στο Austin του Texas, είναι στοιβαγμένα καλάθια από μεταλλικό δίκτυ γεμισμένο με πέτρες. Τοποθετήθηκαν για να προστατεύουν το ρεύμα από τη διάβρωση. Η πορώδη τους φύση επιτρέπει σε κάποιο από το νερό να διαρρέυσει, ελαττώνοντας την εξάπλωση της πλημμύρας. (Robert H. Blodgett)



ΣΧΗΜΑ 2.28 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΙΚΟΥ ΡΕΜΑΤΟΣ (α) κριτήρια αποκατάστασης καναλιού για αστικά ρεύματα, χρησιμοποιώντας αλλαγές στο σχήμα του καναλιού για να προκαλέσουν εκκαθάριση και απόθεση ιζήματος σε επιθυμούμενες τοποθεσίες. (β) Απορριμματοφόρο τοποθετεί μεγάλες πέτρες, ή κρηπίδωμα, εκεί που χρειάζεται να προστατέψει τις όχθες του ποταμού Briar Creek στη North Carolina. Αριστερά από τους άντρες φυτεύτηκε άχυρο για να βοηθήσει στη σταθεροποίηση της όχθης. (Edward A. Keller)

ΣΧΗΜΑ 2.29 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΚΑΝΑΛΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΝΟΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (α) Γραμμές από τσιμέντο στο σύστημα του ποταμού L.A. στην California σε σύγκριση με (β) Αποκατάσταση Καναλιού στην North Carolina. (Edward A. Keller)



(b) Riprap



2.7 Αντίληψη και προσαρμογή του κινδύνου της πλημμύρας

Αντίληψη της απειλής της πλημμύρας

Παρόλο που οι περισσότερες κυβερνητικές ενέργειες, οι σχεδιασμοί και οι δημιουργοί τακτικής έχουν μια επαρκή αντίληψη και κατανόηση της πλημμύρας, πολλοί είναι αυτοί που δεν έχουν (δες Επαγγελματικό Προφίλ 2.6). Η δημόσια επίγνωση της πλημμύρας, η πρόβλεψη για μελλοντική πλημμύρα και η θέληση να δεχτούμε ρυθμίσεις που προκαλούνται από τον κίνδυνο ποικίλλουν κατά πολύ. Η πρόοδος σε ακαδημαϊκό επίπεδο περιλαμβάνει την προετοιμασία χιλιάδων χαρτών των περιοχών με τάση για πλημμύρα. Οι χάρτες δεικνύουν περιοχές επιρρεπείς σε πλημμύρες κατά μήκος ρευμάτων, λιμνών και ακτογραμμών, περιοχές με μια πιθανότητα πλημμύρας αστραπής προς τα κατάντη των φραγμάτων τους και περιοχές όπου η αστικοποίηση πιθανόν να προκαλέσει προβλήματα στο κοντινό μέλλον. Επιπρόσθετα, η κυβέρνηση έχει ενθαρρύνει πολιτείες και τοπικές κοινότητες να υιοθετήσουν σχεδιασμό για τις πλημμυρικές πεδιάδες τους. Ωστόσο, η ιδέα της απαγόρευσης της ανάπτυξης σε περιοχές εκτός της πεδιάδας προκαλεί από μόνη της προβλήματα. Χρειάζεται παραπέρα κοινωνικό διάλογο πριν ο γενικός πληθυσμός αποφασίσει να το αποδεχτεί.

Προσαρμογές στον κίνδυνο της πλημμύρας

Στις πρόσφατες δεκαετίες, ξεκινήσαμε να αναγνωρίζουμε τα πλεονεκτήματα των κατασκευαστικών προσαρμογών όσον αφορά τον έλεγχο της πλημμύρας. Αυτές οι προσαρμογές περιλαμβάνουν πλημμυρική ασφάλιση και έλεγχο της χρήσης της γης στις πεδιάδες. Οι σχεδιαστές, οι δημιουργοί τακτικής και οι υδρολόγοι γενικά συμφωνούν ότι δεν είναι όλες οι τροποποιήσεις το καλύτερο σε όλες τις περιπτώσεις. Αντιθέτως μια ολοκληρωμένη προσέγγιση της ελαχιστοποίησης του κινδύνου της πλημμύρας είναι περισσότερο αποτελεσματική, ειδικά εάν περιλαμβάνει προσαρμογές κατάλληλες για μια συγκεκριμένη περίπτωση.

Ασφάλεια Πλημμύρας Το 1968 η κυβέρνηση ανέλαβε την επιχείρηση της ασφάλειας για πλημμύρα όταν οι ιδιωτικές εταιρίες ήταν απρόθυμες να συνεχίσουν να προσφέρουν ασφαλιστήρια συμβόλαια. Το Κογκρέσο καθιέρωσε το U.S. National Flood Insurance Program για να κάνει την ασφάλιση για πλημμύρες διαθέσιμη σε επιχορηγούμενα τέλη. Διαχειριζόμενο από την FEMA, αυτό το πρόγραμμα απαιτεί την χαρτογράφηση των περιοχών με ειδικό κίνδυνο πλημμύρας, ορισμένες σαν οι περιοχές οι οποίες θα πλημμυρίζαν από μια **100ετή πλημμύρα**. Μια 100ετής πλημμύρα έχει πιθανότητα 1% να συμβεί σε οποιοδήποτε δεδομένο έτος. Οι περιοχές με κίνδυνο πλημμύρας είναι ορισμένες κατά μήκος ρεμάτων, ποταμών, λιμνών, προσχωσιγενών ριτιδοειδών σχηματισμών, δέλτα και κατά μήκος παράκτιων περιοχών με χαμηλή κοίτη επιρρεπή σε πλημμύρα κατά τη διάρκεια καταιγίδων ή πολύ υψηλών παλιρροιών. Οι νέοι ιδιοκτήτες περιοσιίας σε περιοχές με κίνδυνο πλημμύρας πρέπει να αγοράσουν ασφάλιση με χρέωση καθορισμένη από το ρίσκο. Η βασική εκτίμηση του ρίσκου εξαρτάται από τον προσδιορισμό της περιοχής που θα πλημμυρίζε από μια 100ετή πλημμύρα. Το ασφαλιστικό πρόγραμμα αποσκοπεί στην παροχή βραχυπρόθεσμης οικονομικής βοήθειας σε θύματα της πλημμύρας και στο να καθιερώσει κανονισμούς για μακροπρόθεσμη χρήση της γης για τις πλημμυρικές πεδιάδες του κράτους. Σαν μέρος αυτού του προγράμματος, οι κανονισμοί των κτιρίων που χτίζονται έχουν αναθεωρηθεί και έχουν περιορίσει τις κατασκευές σε περιοχές με κίνδυνο πλημμύρας μόνο σε αντιπλημμυρικά κτίρια (Σχήμα 3.31) και απαγορεύουν όλες τις νέες κατασκευές σε μια περιοχή που θα μπορούσε να πλημμυρίσει από μια 20ετή πλημμύρα. Για να προσχωρήσει μια κοινότητα στο Εθνικό Αντιπλημμυρικό Πρόγραμμα θα πρέπει να έχει προετοιμάσει FEMA χάρτες των πεδιάδων με 100ετείς πλημμύρες και πρέπει να ενστερνιστεί τους νέους κανονισμούς περί χρήσης της γης στις περιοχές με κίνδυνο πλημμύρας. Σχεδόν όλες οι Πολιτείες των ΗΠΑ με ένα σημαντικό κίνδυνο πλημμύρας έχουν τέτοιους χάρτες και έχουν ξεκινήσει κάποια μορφή θεσμοθέτησης για τις πλημμυρικές πεδιάδες. Πολλά εκατομμύρια ιδιοκτητών έχουν τώρα ασφαλίσει τις περιουσίες τους για πλημμύρα. Στις αρχές της δεκαετίας του '90 οι ασφαλιστές και οι ειδικοί στον έλεγχο της πλημμύρας χρειάζονταν ανασυγκρότηση. Αυτό παρακίνησε το Κογκρέσο να περάσει την Εθνική Μεταρρυθμιστική Πράξη για Ασφάλειες Πλημμύρας το 1994. Τα άρθρα της Πράξης ενθαρρύνουν επιπλέον ευκαιρίες που θα μετριάσουν την απειλή της πλημμύρας όπως μετεγκαταστάσεις, αντιπλημμυρικά έργα και εξαγορά περιουσιών που έχουν την πιθανότητα να πλημμυρίζουν συχνά.

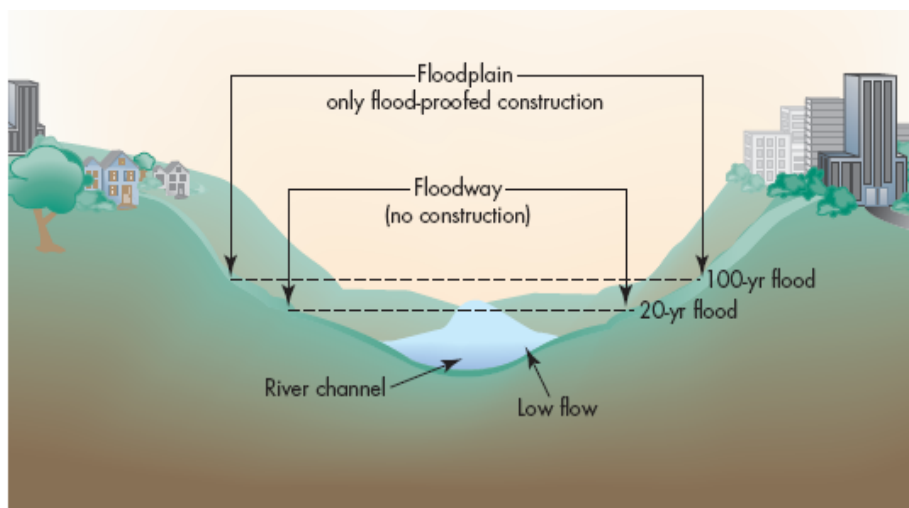
Αντιπλημμυρικές Μέθοδοι Πολλές μέθοδοι είναι πλέον διαθέσιμες:

- Αυξάνοντας τα θεμέλια ενός κτιρίου χρησιμοποιώντας κολόνες ή πασσάλους ή επεκτείνοντας τους τείχους ή την επίχωση.
- Χτίζοντας αντιπλημμυρικούς τοίχους ή (χωμάτινο) ανάχωμα γύρω από κτίρια για να τα απομονώσουν από τα νερά της πλημμύρας.
- Χρησιμοποιώντας αδιάβροχα υλικά για τις κατασκευές, όπως αδιάβροχες πόρτες, τοίχους υπογείων και παράθυρα.
- Εγκαθιστώντας βελτιωμένους αγωγούς με αντλίες για να απομακρύνουν τα εισερχόμενα νερά της πλημμύρας.

Άλλες τροποποιήσεις σε κτίρια είναι σχεδιασμένες να ελαχιστοποιούν τη ζημιά της πλημμύρας ενώ επιτρέπουν στα νερά της πλημμύρας να εισέλθουν σε ένα κτίριο. Για παράδειγμα, σε περιουσίες κατά μήκος ακριβών παραποτάμιων περιοχών της Γερμανίας, τα πατώματα έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να μην καταστρέφονται από τα νερά της πλημμύρας και μπορεί εύκολα να καθαριστεί μετά από μια πλημμύρα.

Διευθέτηση (Πλημμυρικών) Πεδιάδων Από περιβαλλοντικής άποψης, η καλύτερη ρύθμιση σε αστικές περιοχές όσον αφορά την πλημμύρα είναι η διευθέτηση της πεδιάδας. Έχει στόχο την πιο αποδοτική χρήση των πεδιάδων ενώ ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο της πλημμύρας και το κόστος της

προστασίας από την πλημμύρα. Αυτή η προσέγγιση είναι ένας συμβιβασμός μεταξύ της ανεμπόδιστης χρήσης των πλημμυρικών πεδιάδων, που καταλήγει σε απώλειες ζωών και μεγάλες ζημιές περιουσιών και της πλήρους εγκατάλειψης των πεδιάδων, που εγκαταλείπει πολύτιμους φυσικούς πόρους. Υπάρχουν συνθήκες ωστόσο, όπου τα φυσικά εμπόδια, οι δεξαμενές και οι εργασίες καναλιοποίησης είναι απαραίτητα. Οι κατασκευαστικές μέθοδοι ελέγχου μπορεί να είναι απαραίτητοι για να προστατέψουν ζωές και περιουσίες σε περιοχές που υπάρχει εκτεταμένη ανάπτυξη. Πρέπει όμως να αναγνωρίσουμε ότι η πλημμυρική πεδιάδα ανήκει στο σύστημα του ποταμού και κάθε καταπάτηση αυξάνει την πλημμύρα (Σχήμα 2.32). Μια ιδανική λύση θα ήταν η διακοπή της ανάπτυξης στην πεδιάδα που επιβάλλει καινούρια φυσικά εμπόδια.



ΣΧΗΜΑ 2.31 ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΗ Ιδεολογικό διάγραμμα περιοχών που πλημμύρισαν από 20ετείς και 100ετείς πλημμύρες, τα δύο διαστήματα επανεμφάνισης χρησιμοποιήθηκαν για ρυθμίσεις στο U.S. National Flood Insurance Program

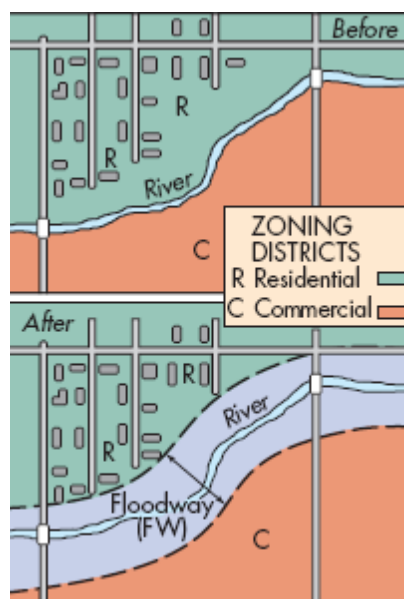
Με άλλα λόγια, το ιδανικό είναι να <<σχεδιάζουμε μαζί με τη φύση>>. Ρεαλιστικά, η πιο αποτελεσματική και πρακτική λύση είναι ο συνδυασμός διευθέτησης και φυσικών εμποδίων που έχουν ως αποτέλεσμα σε λιγότερη φυσική μεταβολή του ποτάμιου συστήματος. Για παράδειγμα, η λογική χωροταξική μελέτη της πεδιάδας πλημμύρας σε συνδυασμό με ένα κανάλι εκτροπής των νερών ή μια δεξαμενή μπορεί να καταλήξει σε ένα μικρότερο κανάλι ή δεξαμενή από αυτό που θα ήταν απαραίτητο χωρίς τη χωροταξική ρύθμιση. Ένα προκαταρκτικό βήμα στη διευθέτηση είναι η χαρτογράφηση, που είναι ένα μέσο παροχής πληροφοριών για την πεδιάδα πλημμύρας και για το σχεδιασμό της χρήσης της γης. Οι χάρτες κινδύνου πλημμύρας μπορεί να απεικονίζουν παλαιότερες πλημμύρες ή πλημμύρες μιας συγκεκριμένης συχνότητας- για παράδειγμα η 100ετής πλημμύρα. Είναι χρήσιμοι στον συντονισμό της ιδιωτικής ανάπτυξης, αγοράζοντας γη για δημόσιες χρήσεις όπως πάρκα και ψυχαγωγικές εγκαταστάσεις και δημιουργώντας κατευθυντήριες γραμμές για τη μελλοντική χρήση της γης. Η αποτίμηση του κινδύνου της πλημμύρας μπορεί να πραγματοποιηθεί με απευθείας παρατήρηση και μέτρηση των φυσικών παραμέτρων. Για παράδειγμα, η εκτεταμένη πλημμύρα της κοιλάδας του ποταμού Mississippi το καλοκαίρι του 1993 χαρτογραφήθηκε από το σύνολο εικόνων δορυφόρων και αεροσκαφών (Σχήμα 2.24). Η πλημμύρα μπορεί να εκτιμηθεί από τις μετρήσεις πεδίου των ίσαλων γραμμών, των δεξαμενών πλημμύρας, σημάδια ορμητικών νερών, και τη διανομή παγιδευμένων μπαζών μετά την υποχώρηση του νερού. Μόλις οι περιοχές που είναι επικίνδυνες για πλημμύρα στοιχειοθετηθούν, οι σχεδιαστές μπορούν να τροποποιήσουν χωροταξικούς χάρτες, κανονισμούς και κατασκευαστικές οδηγίες (Σχήμα 2.33).

Η μετεγκατάσταση ανθρώπων από πεδιάδες πλημμύρας : παραδείγματα από τη North Carolina και τη North Dakota

Για να μειώσουν μελλοντικές απώλειες, οι τοπικές και μη Κυβερνήσεις για πολλά χρόνια έχουν επιλεκτικά επιλέξει και απομακρύνει σπίτια κατεστραμμένα από τα νερά των πλημμύρων για να ελαττώσουν τις μελλοντικές απώλειες. Το Σεπτέμβριο του 1999, σχεδόν 50 cm (20 in.) βροχής του τυφώνα Floyd κατέστρεψε περίπου 700 σπίτια στο Rocky Mount στη North Carolina με πληθυσμό 60,000 κατοίκων. Οι τοπικές και οι ομοσπονδιακές κυβερνήσεις αποφάσισαν διαδοχικά να 50 εκ. δολάρια για να απομακρύνουν 430 από αυτά τα σπίτια, η μεγαλύτερη εξαγορά μονοκατοικιών που έχει ποτέ εγκριθεί. Μετά την αγορά, τα σπίτια κατεδαφίστηκαν και η γη διατηρήθηκε σαν ένας ανοιχτός χώρος. Στο Church Ferry στη North Dakota, ένας κύκλος βροχοπτώσεων από το 1993 προκάλεσε τις κοντινές λίμνες Devil να ανέλθουν περίπου 8 m (26 ft). Χωρίς φυσική διέξοδο και με επίπεδη γη να περιτριγυρίζει τις όχθες τους, η λίμνες διπλασιάστηκαν σε μέγεθος. Οι φουσκωμένες λίμνες πλημμύρισαν την γη τριγύρω και μέχρι τα τέλη του Ιουνίου του 2000, η πόλη είχε ερημωθεί και ο πληθυσμός συρρικνώθηκε από τα 100 άτομα σε 7. Οι περισσότεροι κάτοικοι εκμεταλλεύθηκαν ένα εθελοντικό κρατικό πρόγραμμα εξαγοράς και μετακινήθηκαν σε υψηλότερα εδάφη, όπως την πόλη Leeds περίπου 24 km (15 mi.) μακριά. Τα άδεια σπίτια που έμειναν πίσω θα κατεδαφιστούν ή θα μεταφερθούν σε ασφαλέστερο έδαφος. Αυτό το επικερδές σχέδιο των 3.5 εκατομμυρίων δολαρίων έμοιαζε να είναι εγγυημένο. Οι άνθρωποι που συμμετείχαν πήραν την εκτιμώμενη αξία των σπιτιών τους συν ένα κίνητρο και οι περισσότεροι θεώρησαν την προσφορά πολύ καλή για να την αρνηθούν. Υπήρχε επίσης η αποδοχή ότι η πόλη θα έπρεπε να ερημώσει εξαιτίας των πλημμύρων. Παρόλα αυτά υπήρχε μια πικρία στους κατοίκους της πόλης και δεν συμμετείχαν όλοι. Ο δήμαρχος και ο αρχηγός της πυροσβεστικής ήταν ανάμεσα σε αυτούς που αποφάσισαν να μείνουν. Το πρόγραμμα εξαγοράς για το Churchs Ferry απέδειξε πως η διαδικασία είναι περισσότερο συναισθηματική και πως είναι δύσκολο για ορισμένους ανθρώπους να αφήσουν τα σπίτια τους ακόμα και όταν ξέρουν πως τα σπίτια τους είναι πιθανό να καταστραφούν από πλημμύρες στο σχετικά κοντινό μέλλον.

Προσωπική προσαρμογή: Τι να κάνουμε και τι να μην κάνουμε

Η πλημμύρα είναι η πιο συνηθισμένη φυσική καταστροφή που πολλοί έχουν βιώσει. Παρόλο που δεν μπορούμε να εμποδίσουμε τις πλημμύρες, καθένας μπορεί να είναι καλύτερα προετοιμασμένος με το να ξέρει τι πρέπει και τι δεν πρέπει να κάνει πριν, κατά και μετά μια πλημμύρα (Πίνακας 2.2).



ΣΧΗΜΑ 2.33 ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΕΔΙΑΔΑΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ Τυπικός χωροταξικός χάρτης πριν και μετά την εφαρμογή των ρυθμίσεων για την πλημμύρα. (From Water Resources Council. 1971. Regulation of flood hazard areas, vol. 1)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 ΤΙ ΝΑ ΚΑΝΟΥΜΕ ΚΑΙ ΤΙ ΝΑ ΜΗΝ ΚΑΝΟΥΜΕ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΜΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΑ

ΤΙ ΝΑ ΚΑΝΕΤΕ

Η ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΓΙΑ ΜΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΑ

- Δείτε στην τοπική σας υπηρεσία ελέγχων της πλημμύρας εάν η περιουσία σας κινδυνεύει από πλημμύρα.
- Εάν η περιουσία σας κινδυνεύει, αποκτήστε μια ασφάλεια πλημμύρας εάν μπορείτε και σιγουρευτείτε πως ξέρετε να υποβάλλετε σωστά την αίτηση.
- Αγοράστε σάκους με άμμο ή σανίδες για να μπλοκάρετε τις πόρτες.
- Φτιάξτε ένα κιβώτιο με αναγκαία πράγματα, όπως φακοί, κουβέρτες, αδιάβροχα ρούχα, ραδιόφωνο μπαταρίας, κουτί πρώτων βοηθειών, λαστιχένια γάντια, και τα πιο σπουδαία προσωπικά σας έγγραφα. Φυλάξτε τα κάπου ψηλά.
- Μάθετε από πού κλείνει η παροχή ρεύματος και γκαζιού. Εάν δεν είστε σίγουροι, ρωτήστε αυτούς που τσεκάρουν τους μετρητές σας την επόμενη φορά που θα περάσουν.
- Συζητήστε για την πιθανότητα πλημμύρας με την οικογένεια σας ή τους συγκατοίκους σας. Μπορείτε να γράψετε ένα σχεδιάγραμμα πλημμύρας, που θα αποθηκεύσετε με τα υπόλοιπα πράγματα στο κιβώτιο.

ΤΙ ΝΑ ΜΗΝ ΚΑΝΕΤΕ

Μην υποτιμήσετε την καταστροφή που μπορεί να επιφέρει μια πλημμύρα σε σας ή την περιουσία σας.

ΤΙ ΝΑ ΚΑΝΕΤΕ

ΟΤΑΝ ΜΑΘΕΤΕ ΠΩΣ ΥΠΑΡΧΕΙ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ ΓΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΑ

- Να είστε προετοιμασμένοι να εκκενώσετε το χώρο που βρίσκεστε.
- Να παρατηρείτε τα επίπεδα του νερού και να είστε συντονισμένοι με ειδήσεις της τηλεόρασης ή του ραδιοφώνου και σε μετεωρολογικά δελτία.
- Μετακινήστε κάπου ψηλότερα το αυτοκίνητο σας. Χρειάζεται μόνο 0,6 m (2 ft.) νερού για να παρασυρθεί το όχημα σας από αυτά.
- Ελέγξτε τους γείτονες σας. Είναι καλά; Χρειάζονται βοήθεια; Μπορεί να μην μπορούν να καταφύγουν κάπου ψηλότερα ή να χρειάζονται βοήθεια για να μετακινήσουν έπιπλα.
- Κάντε όσα περισσότερα μπορείτε κατά τη διάρκεια της ημέρας. Εάν δεν υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα, λίγα μπορούν να γίνουν τη νύχτα.
- Παραμείνετε στεγνοί και ζεστοί. Μια πλημμύρα μπορεί να διαρκέσει πολύ, και μπορεί να κάνει κρύο. Πάρτε ζεστά ρούχα, κουβέρτες, θερμό και φαγητό.

ΤΙ ΝΑ ΚΑΝΕΤΕ

ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΜΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΑ

- Ελέγξτε το σπίτι σας για ζημιές και φωτογραφίστε τις.
- Εάν έχετε ασφάλεια, κάντε μια αίτηση για αποζημίωση.
- Ζητήστε επαγγελματική βοήθεια για να στεγνώσετε χαλιά και να απομακρύνετε έπιπλα και να πλύνετε τοίχους και πατώματα.
- Επικοινωνήστε με τις εταιρίες ύδρευσης, ηλεκτρισμού και αερίου. Πρέπει να ελέγξετε τις εγκαταστάσεις πριν λειτουργήσουν ξανά.
- Ανοίξτε πόρτες και παράθυρα για να αεριστεί και να στεγνώσει το σπίτι σας.
- Πλύνετε τις βρύσες σας και αφήστε το νερό να τρέξει πριν το χρησιμοποιήσετε γιατί μπορεί να είναι βρώμικο ή να έχει μολυνθεί. Εάν ανησυχείτε επικοινωνήστε με το φορέα παροχής νερού.

ΤΙ ΝΑ ΜΗΝ ΚΑΝΕΤΕ

- Μην αγγίζετε αντικείμενα τα οποία έχουν έρθει σε επαφή με το νερό. Το νερό της πλημμύρας μπορεί να είναι μολυσμένο και να περιέχει βοθρολύματα. Απολυμάνετε και καθαρίστε μεθοδικά οτιδήποτε έχει βραχεί.

Source: Modified after Environment Agency, United Kingdom. 2004. Floodline; Prepare for flooding. Accessed 1/15/04 at www.environment-agency.gov.uk/subjects/flood/826674/830330/

2.8 ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΦΙΛ

Walter G. Green, III, Emergency Operations Director

<<Εάν βλέπεις το νερό, αυτό μπορεί να έρθει και να σε επισκεφθεί>>, λέει ο Dr. Walter G. Green, III. Αυτή είναι η προειδοποίηση του για όσους έψαχναν να αγοράσουν περιουσία ή να χτίσουν σπίτι κοντά σε μια πηγή νερού. <<Το νερό είναι πολύ όμορφο, άλλα από κάποιο σημείο και μετά, μπορεί να ξεχειλίσει>>, λέει. Ως ο τώως διευθυντής των επειγόντων περιστατικών για το Γραφείο των Επειγόντων Ιατρικών Υπηρεσιών της Virginia, ο Dr. Green έχει δει αρκετές πλημμύρες-αστραπή, μεταξύ άλλων φυσικών καταστροφών και μπορεί να αναδείξει τα σημάδια που υποδεικνύουν ότι μια περιοχή μπορεί τελικά να υποφέρει από πλημμύρες. Πολλές φυσικές ιδιότητες του περιβάλλοντος, όπως φαράγγια και ρεματιές είναι μια κόκκινη σημαία πως μια περιοχή μπορεί να έχει τάσεις για πλημμύρα. <<Αυτά τα χαρακτηριστικά υπάρχουν επειδή το νερό τα έχει δημιουργήσει>>, λέει. Ο Dr. Green, που είναι τώρα καθηγητής στο πανεπιστήμιο του Richmond, λέει ότι η προηγούμενη του θέση απαιτούσε το συντονισμό όλων των απαιτούμενων ενεργειών μετά από μια φυσική καταστροφή. Οι σπουδές του εμπεριέχουν, για παράδειγμα, μια εξέταση για το πόσο καλά οι κρατικές και τοπικές υπηρεσίες άμεσης επέμβασης συνεργάζονται κατά την προετοιμασία τους απέναντι σε μία φυσική καταστροφή. Ο Dr. Green λέει ότι η πλημμύρα τείνει να γίνει ένα αυξανόμενο μεγάλο πρόβλημα σε αστικές περιοχές, καθώς η συνεχιζόμενη ανάπτυξη της γης μειώνει την ικανότητα του εδάφους να απορροφά το νερό. Οι τυφώνες είναι άλλη μια μεγάλη πηγή ανησυχίας για τους ειδικούς που ψάχνουν τα σημάδια μιας πιθανής πλημμύρας, υποστηρίζει ο καθηγητής. <<Άρχισα να ανησυχώ για τους τυφώνες όταν αυτοί εγκατέλειψαν τις ακτές της Αφρικής>>, λέει, αλλά συμπληρώνει ότι << οι περισσότεροι κάτοικοι αρχίζουν να ανησυχούν γι' αυτό όταν ο κίνδυνος είναι πλέον άμεσος>>. Ανάμεσα στις πιο δραματικές πλημμύρες που έχει ζήσει τα τελευταία χρόνια ήταν μια πλημμύρα-αστραπή στο Franklin County κατά το ξύπνημα του τυφώνα Fran το 1996, κατά τον οποίο το νερό του ποταμού Blackwater πλημμύρισε το κέντρο της πόλης και προκάλεσε πολύ μεγάλες ζημιές. <<Το νερό ανέβηκε ασυνήθιστα γρήγορα και κυριολεκτικά έβγαине κατευθείαν από τις όχθες του ποταμού>> λέει. Αλλά από την σκοπιά της επείγουσας αντίδρασης, ο Dr. Green λέει ότι αυτή η συγκεκριμένη πλημμύρα δεν ήταν τελείως αναπάντεχη. <<Υπήρξαν κάποια πρόδρομα σημάδια, αλλά εκείνη τη στιγμή δεν αναγνωρίστηκαν>>, λέει. Ο ποταμός Blackwater είχε ήδη πλημμυρίσει σε μικρό βαθμό, κάτι το οποίο θα έπρεπε να υποδείκνυε τον κίνδυνο. Όσο για το να χτίσει κανείς ένα σπίτι ή να αγοράσει περιουσία, ο Dr. Green λέει ότι το καλύτερο πράγμα που μπορεί να κάνει κάποιος είναι να επικοινωνήσει με το τοπικό γραφείο επειγόντων περιστατικών. Η πιθανότητα μιας πλημμύρας-αστραπή, λέει, δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται με ελαφρότητα. <<Αυτές είναι έκτακτες ισχυρές δυνάμεις,>> λέει.

-Chris Wilson

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΚΑΙ ΚΑΚΟΚΑΙΡΙΑ

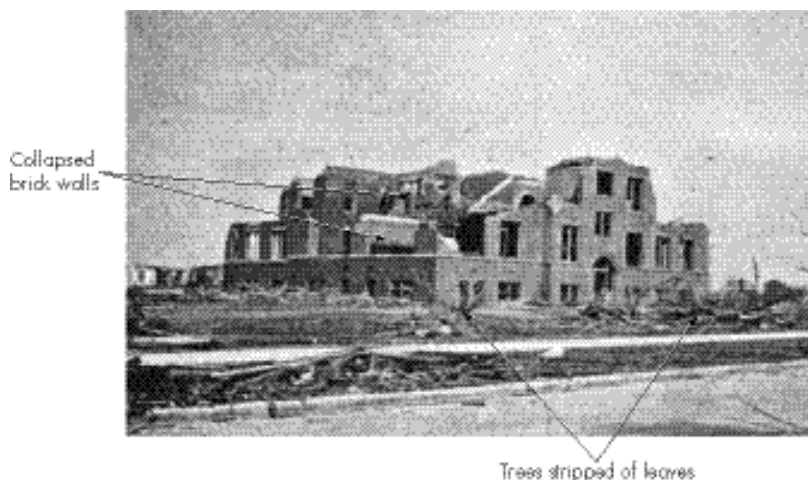
Οι ατμοσφαιρικές διεργασίες και οι ενεργειακές ανταλλαγές διευθύνονται από την ενεργειακή ισορροπία της γης και συνδέεται με το κλίμα και τον καιρό. Οι τυφώνες, οι καταιγίδες, οι κυκλώνες, οι χιονοθύελλες, οι αμμοθύελλες, τα κύματα καύσωνα καθώς και οι πλημμύρες-αστραπή που προέρχεται από την έντονη βροχόπτωση, είναι όλες φυσικές διεργασίες ζημιογόνες και επικίνδυνες για τον άνθρωπο. Αυτές οι σφοδρές απειλές επηρεάζουν μεγάλα τμήματα της Βόρειας Αμερικής και είναι υπεύθυνες για την πρόκληση σημαντικού αριθμού καταστροφών και θυμάτων. Οι στόχοι σας διαβάζοντας αυτό το κεφάλαιο θα έπρεπε να είναι

- Η κατανόηση της ενεργειακής ισορροπίας της γης και ενεργειακές ανταλλαγές που παράγουν κλίμα και καιρό.
- Να ξέρετε τους διαφορετικούς τύπους των σοβαρών καιρικών γεγονότων.
- Να ξέρετε τις κύριες επιπτώσεις των σφοδρών καιρικών γεγονότων, όπως και τις συνδέσεις τους με άλλες φυσικές καταστροφές.
- Να αναγνωρίζετε κάποιες φυσικές και χρήσιμες λειτουργίες της κακοκαιρίας.

Η κατανόηση πώς τα ανθρωπινά όντα αλληλεπιδρούν με τις καταστροφές της κακοκαιρίας και πως μπορούμε να ελαχιστοποιήσουμε τις επιπτώσεις αυτών των καταστροφών.

Ο τυφώνας Tri-State στις 18 Μαρτίου 1925

Αν και οι πλειοψηφία των θανάτων που σχετίζονται με τον καιρό προκαλούνται από θύελλες και καύσωνες, ο κυκλώνας είναι αυτός που προκαλεί τρόμο σε πολλούς ανθρώπους που ζουν στην κεντρική ηπειρωτική περιοχή της Αμερικής. Αυτός ο φόβος είναι θεμελιωμένος καλά- ένας **τυφώνας**, απλά ορίζεται ως μια βίαια περιστρεφόμενη στήλη αέρα που συνοδεύεται από ακραίους οριζόντιους ανέμους και μπορεί να προκαλέσει τεράστιες ζημιές σε περιουσίες όπως και θύματα. Στις 18 Μαρτίου του 1925, ο τυφώνας Tri-State σκότωσε πολλούς ανθρώπους και κατέστρεψε πολλές περιουσίες περισσότερο από κάθε άλλη ανεμοθύελλα στην ιστορία. Ο τυφώνας ήταν μοναδικός από πολλές απόψεις. Πρώτον, ήταν σε επαφή με το έδαφος για 249 km (217 mi.), μια απόσταση μεγαλύτερη κατά 183 km (114 mi.) από κάθε άλλη θύελλα στην ιστορία. Δεύτερον, το μέσο πλάτος του τυφώνα ήταν τα 3/4 ενός μιλίου και κάποιες φορές έφτανε και το ένα μίλι σε πλάτος. Μόνο 73 από τους 35,000 δηλωμένους κυκλώνες έχουν υπάρξει τόσο πλατιοί όσο ο τυφώνας Tri-State. Αυτό το εύρος δημιούργησε μεγάλες ζημιές σε πάνω από 425 km² (Σχήμα 2.2.1). Τρίτον, το ίχνος του τυφώνα ήταν μια ίσια γραμμή στο μεγαλύτερο τμήμα της πορείας του διαμέσου του Missouri, του Illinois και της Indiana. Αυτό το ίχνος από το πέρασμα του κυκλώνα αντιτίθεται με το καμπυλωτό πέρασμα πολλών τυφώνων. Τελικά, η μέση εμπρόσθια κίνηση του τυφώνα ήταν 100 km (62 mi.) και ήταν η γρηγορότερη που έχει ποτέ αναφερθεί. Οι περισσότεροι τυφώνες ταξιδεύουν σε μια μέση ταχύτητα των 50 km (30 mi.) την ώρα. Οι άνθρωποι που είδαν την καταιγίδα να πλησιάζει υπέθεσαν πως ήταν καταιγίδα αστραπών επειδή ήταν πολύ πλατιά και όντως υπάρχουν σχετικές καταιγίδες. Οι βίαιοι άνεμοι του τυφώνα προκάλεσαν πρωτοφανή ζημιά που περιελάμβανε το θάνατο τουλάχιστον 695 ανθρώπων και 200 τραυματισμών. Οι ολικές ζημιές, σε δολάρια το 2000, ήταν περίπου 170 εκατομμυρίων δολαρίων. Καθώς ο τυφώνας Tri-State κινιόταν κατά μήκος του τοπίου, διέσχισε λόφους τόσο ψηλούς όσο 425 m (1400 ft.), κοιλάδες και κάμπους. Η τοπογραφία δεν είχε καμία επίδραση στον τυφώνα. Αν και οι περισσότεροι θάνατοι και ζημιές προκλήθηκαν από την κατάρρευση κτιρίων, (ιπτάμενα) θραύσματα και μπάζα ήταν επίσης υπεύθυνα για σημαντική καταστροφή (Σχήμα 2.2.2). καθώς η καταιγίδα κινιόταν βορειοανατολικά, οι καταστροφικοί περιστροφικοί άνεμοι είχαν ταχύτητες μέχρι 290 km (180 mi.) ανά ώρα. Οι εκτεταμένοι θάνατοι και ζημιές από τον τυφώνα Tri-state προκλήθηκαν από πολλούς παράγοντες: (1) Δεν υπήρχε δελτίο και προειδοποίηση για τους τυφώνες γιατί η τεχνολογία γι' αυτό δεν υπήρχε το 1925, (2) η καταιγίδα κατέστρεψε τις τηλεφωνικές γραμμές που θα μπορούσαν να προειδοποιήσουν τους ανθρώπους στο σχεδιασμένο μονοπάτι του τυφώνα, (3) ο τυφώνας ήταν εξαιρετικά μεγάλος και δυνατός, (4) τεράστια ποσότητα θραυσμάτων και μπαζών κατάφερε να καμουφλάρει το κωνικό σχήμα και ήταν δύσκολο να αναγνωριστεί η καταιγίδα σαν τυφώνας, (5) πολλά από τα σπίτια και τις φάρμες ήταν κακές κατασκευές και ήταν ανίκανα να αντέξουν τους ισχυρούς άνεμους. Εάν ένας τέτοιος τυφώνας είχε συμβεί στο μέλλον, η επιτυχής πρόβλεψη και προειδοποίηση, μαζί με καλύτερες τεχνικές κατασκευής, θα είχαν πιθανόν σώσει αναρίθμητες ζωές.



ΣΧΗΜΑ 2.2.2 Ο ΠΙΟ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΣ ΚΑΤΑΓΕΓΡΑΜΜΕΝΟΣ ΤΥΦΩΝΑΣ Τα ερείπια του σχολείου Longfellow στο Murphysboro του Illinois, όπου 17 παιδιά σκοτώθηκαν από τον τυφώνα Tri-State. (Courtesy of the National Oceanic and Atmospheric Administration)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ατμοσφαιρικές διεργασίες και οι ενεργειακές ανταλλαγές διευθύνονται από την ενεργειακή ισορροπία της γης και συνδέεται με το κλίμα και τον καιρό. Οι τυφώνες, οι καταιγίδες, οι κυκλώνες, οι χιονοθύελλες, οι αμμοθύελλες, τα κύματα καύσωνα καθώς και οι πλημμύρες-αστραπή που προέρχονται από την έντονη βροχόπτωση, είναι όλες φυσικές διεργασίες ζημιογόνες και επικίνδυνες για τον άνθρωπο. Αυτές οι σφοδρές απειλές επηρεάζουν μεγάλα τμήματα της Βόρειας Αμερικής και είναι υπεύθυνες για την πρόκληση σημαντικού αριθμού καταστροφών και θυμάτων.

Έτσι, είναι πάντα απαραίτητο να ερευνούνται και να υπάρχουν:

- Η κατανόηση της ενεργειακής ισορροπίας της γης και ενεργειακές ανταλλαγές που παράγουν κλίμα και καιρό.
- Η γνώση των διαφορετικών τύπων των σοβαρών καιρικών γεγονότων.
- Η γνώση των κύριων επιπτώσεων των σφοδρών καιρικών γεγονότων, όπως και οι συνδέσεις τους με άλλες φυσικές καταστροφές.
- Η αναγνωσιμότητα κάποιων φυσικών και χρήσιμων λειτουργιών της κακοκαιρίας.
- Η κατανόηση του γεγονότος πως τα ανθρωπινά όντα αλληλεπιδρούν με τις καταστροφές της κακοκαιρίας και πως υπάρχει τρόπος να ελαχιστοποιήσουμε τις επιπτώσεις αυτών των καταστροφών.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΠΗΓΕΣ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ

USGS: Floods:

www.usgs.gov/themes/flood.html—flood information from the U.S. Geological Survey

Flood Hazard Management:

wlapwww.gov.bc.ca/wat/flood—from the government of British Columbia, Canada

NOVA Online: Flood!:

www.pbs.org/wgbh/nova/flood/ —flood information from the Public Broadcasting System program NOVA

FEMA: Flood Insurance and Mitigation:

www.fema.gov/fima/ —information about flood insurance and mitigation from FEMA

Coping with Floods:

www.ag.ndsu.nodak.edu/flood/ —from North Dakota State University

Dartmouth Flood Observatory:

www.dartmouth.edu/artsci/geog/floods/—information about detection, mapping, measurement, and analysis of extreme flood events

Flash Floods and Flood Safety:

www.floodsafety.com/—Texas Environmental Center project to promote flood safety; emphasis on flash floods.