ΛΥΣΕΙΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΕΣ ΣΤΗ ΦΥΣΗ

για την αντιμετώπιση του πλημμυρικού κινδύνου

Μάιος 2025

Το WWF είναι ένα παγκόσμιο δίκτυο ανθρώπων, επιστημόνων, εθελοντών και πολιτών, που δραστηριοποιείται σε περισσότερες από 100 χώρες. Η διεθνής παρουσία μας και οι 5.000.000 υποστηρικτές, μας καθιστούν μία από τις μεγαλύτερες διεθνείς μη κυβερνητικές οργανώσεις για την προστασία του περιβάλλοντος.

Το WWF Ελλάς είναι το εθνικό γραφείο του WWF στην Ελλάδα. Ευθυγραμμιζόμαστε με τους βασικούς στόχους και τις αξίες που διέπουν τη λειτουργία του παγκόσμιου δικτύου του WWF, αλλά είμαστε οικονομικά ανεξάρτητοι από αυτό. Επίσης, ορίζουμε τις προτεραιότητες της στρατηγικής μας με βάση τις ανάγκες προστασίας της φύσης που υπάρχουν στην Ελλάδα. Με άλλα λόγια, είμαστε μια ανεξάρτητη ελληνική μη κυβερνητική οργάνωση και ταυτόχρονα ενεργό κομμάτι ενός διεθνούς δικτύου.

Αποστολή μας είναι να σταματήσουμε την υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος, να προστατέψουμε τη βιοποικιλότητα, να διασφαλίσουμε τη βιώσιμη χρήση των ανανεώσιμων φυσικών πόρων και να προωθήσουμε τη μείωση της ρύπανσης και της σπάταλης κατανάλωσης. Χτίζουμε και προωθούμε λύσεις για τον άνθρωπο, το περιβάλλον και το κλίμα με απώτερο στόχο την αρμονική μας συνύπαρξη με τη φύση και την ευημερία μας.

Η αναφορά αυτή εκδόθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος "Building competent authorities' capacity on NbS and creating a paradigm shift for stakeholders engagement in the decision of NbS" με πόρους που διατέθηκαν από το Innovation Fund του WWF.

Κείμενα:
Θάνος Γιαννακάκης (WWF Ελλάς)

Επιμέλεια κειμένων, πρόσθετα κείμενα:
Παναγιώτα Μαραγκού, Νίκος Γεωργιάδης, Αμαλία Αλμπερίνι, Νικόλ Γκόντσιλ, Βαγγέλης Παράβας (WWF Ελλάς), Νικηφόρος Στειακάκης (SFDO)

Ευχαριστίες:
Νικόλαος Νικολαΐδης (Καθηγητής Σχολής Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης), Καλούστ Παραγκαμιάν (Διευθυντής Ινστιτούτου Σπηλαιολογικών Ερευνών Ελλάδας), Αφροδίτη Καρδαμάκη (Εργαστήριο Οικολογίας & Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης), Γιάννης Αλεξίου, Σοφία Κουκουλάκη, Γιώργος Μελισσουργός (WWF Ελλάς)

Φωτογραφίες:
Andrea Bonetti, Θάνος Γιαννακάκης, Γιώργος Κατσαδωράκης, Σάββας Παραγκαμιάν (WWF Ελλάς), Γιάννης Ίσσαρης (ΕΛΚΕΘΕ), Ανδρέας Παναγόπουλος (ΙΕΥΠ), Iason Athanasiadis

Φωτογραφίες εξώφυλλου και οπισθόφυλλου:
© Iason Athanasiadis

Σχεδιασμός & γραφιστική επιμέλεια:
Σωτήρης Τσιαμάντας, Θάνος Γιαννακάκης

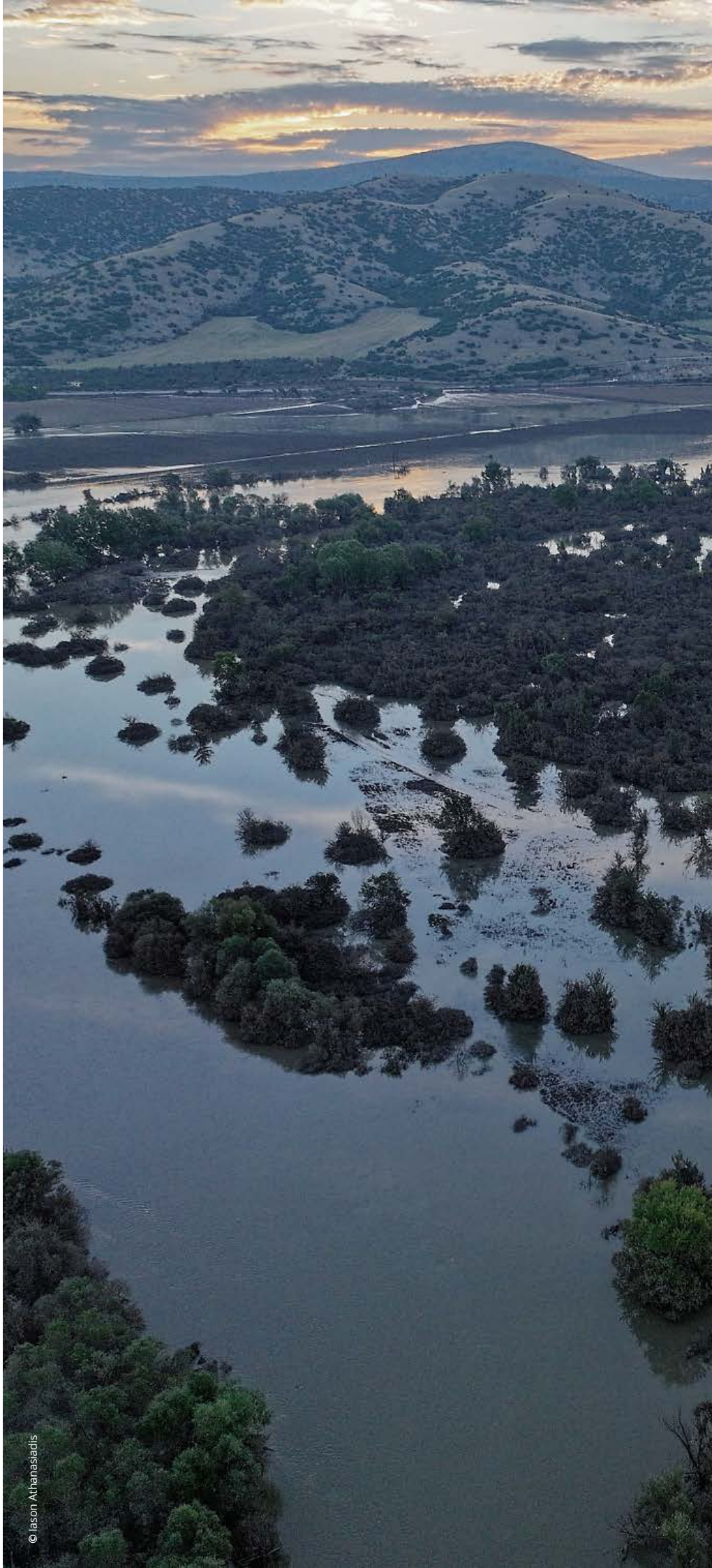
Εκδότης:
WWF Ελλάς

Βιβλιογραφική αναφορά:
Γιαννακάκης Θ. (2025). Λύσεις βασισμένες στη φύση για την αντιμετώπιση του πλημμυρικού κινδύνου. WWF Ελλάς, Αθήνα, σσ 28.

Για περισσότερες πληροφορίες, επισκεφτείτε την ιστοσελίδα του WWF, στο www.wwf.gr

WWF Ελλάς, Χαριλάου Τρικούπη 119-121, 11473, Αθήνα.
Τηλ. +30 2103314893

WWF® and ©1986 Panda Symbol are owned by WWF. All rights reserved.


© Iason Athanasiadis

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΟΙ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ 3

Αύξηση της συχνότητας των πλημμυρικών φαινομένων 3

Που οφείλεται η αύξηση των καταστροφικών συμβάντων 4

Η αδυναμία να αντιμετωπιστούμε τις πλημμύρες με τις συνήθεις πρακτικές 7

ΦΥΣΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ 11

Εισαγωγή 11

Φυσικές λύσεις για τη μείωση των κινδύνων από ποτάμιες πλημμύρες 13

Δράσεις αποκατάστασης σε ποτάμια 15

Δράσεις αποκατάστασης και διαχείρισης σε δασικά οικοσυστήματα 19

Έργα ορεινής υδρονομίας 19

Αλλαγές καλλιεργητικών πρακτικών 20

Φυσικές λύσεις για τη μείωση των πλημμυρών στον παράκτιο χώρο 23

Προστασία και αποκατάσταση θαλάσσιων λιβαδιών 24

Προστασία και αποκατάσταση παράκτιων υγροτοπικών συστημάτων 25

Προστασία και αποκατάσταση αμμοθινικών συστημάτων 25

Διαχείριση των θημώνων Ποσειδωνίας στις παραλίες 26

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 27

ΠΡΟΟΙΜΙΟ

Τα πλημμυρικά φαινόμενα αποτελούν μια από τις σημαντικότερες κλιματικές προκλήσεις όπου η έντασή και η συχνότητά τους έχει αυξηθεί σε παγκόσμιο επίπεδο αλλά και στη Μεσόγειο, ενώ οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον και τα ανθρώπινα συστήματα είναι ολοένα και πιο καταστροφικές. Οι λόγοι για όλα τα παραπάνω είναι πολλοί και εν συντομία μπορεί να αποδοθούν στις ανθρώπινες δραστηριότητες και την υποβάθμιση των οικοσυστημάτων, στην μεταβολή του κλίματος αλλά και σε κακές διαχειριστικές πρακτικές.

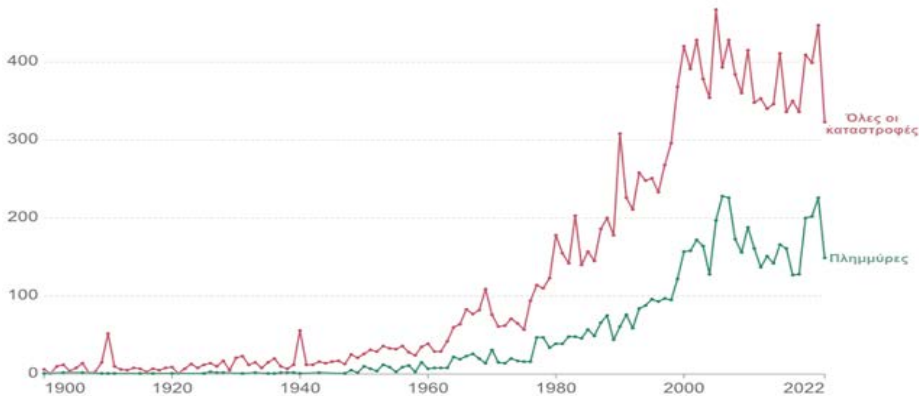
Και ενώ οι πολίτες και οι φορείς λήψεις αποφάσεων στην πλειονότητά τους επιμένουν να υποστηρίζουν επεμβάσεις που ευθύνονται για την αύξηση των καταστροφικών επιπτώσεων των πλημμυρικών φαινομένων, οι "Λύσεις που βασίζονται στη Φύση" (Nature-based Solutions) προβάλλονται ολοένα και περισσότερο από διάφορες κοινωνικές ομάδες (επιστημονική κοινότητα, μη κυβερνητικές οργανώσεις, τοπικές ομάδες πολιτών, Ευρωπαϊκή Ένωση, κ.α.) ως μια πρόταση που θα μπορούσε να περιορίσει δραστικά αυτές τις καταστροφές.

Το τεύχος αυτό αποτελεί τη δεύτερη ενότητα στη σειρά των κειμένων που περιγράφουν τις λύσεις που βασίζονται στη φύση και περιλαμβάνουν τις ακόλουθες αναφορές:

- Ενότητα 1: Εισαγωγή στις λύσεις βασισμένες στη φύση
- Ενότητα 2: Λύσεις βασισμένες στη φύση για την αντιμετώπιση του πλημμυρικού κινδύνου
- Ενότητα 3: Λύσεις βασισμένες στη φύση για τη μείωση των κινδύνων από δασικές πυρκαγιές
- Ενότητα 4: Το θεσμικό πλαίσιο σε Ελλάδα και Ευρώπη για τις λύσεις που βασίζονται στη φύση.
- Ενότητα 5: Λύσεις βασισμένες στη φύση. Παραδείγματα εφαρμογής

Η αναφορά εστιάζει στην αξιοποίηση λύσεων που βασίζονται στις φυσικές διεργασίες για τη μείωση των κινδύνων από τα πλημμυρικά φαινόμενα και φιλοδοξεί να συνδράμει στο διάλογο για την αποκατάσταση των υποβαθμισμένων οικοσυστημάτων ως έναν βασικό τρόπο να προσαρμοστούμε στις σύγχρονές περιβαλλοντικές και κλιματικές προκλήσεις.

ΟΙ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ



Οι φυσικές καταστροφές από το 1900 μέχρι το 2019
Πηγή: EM-DAT. Προσαρμογή από Ritchie and Max Roser (2022)

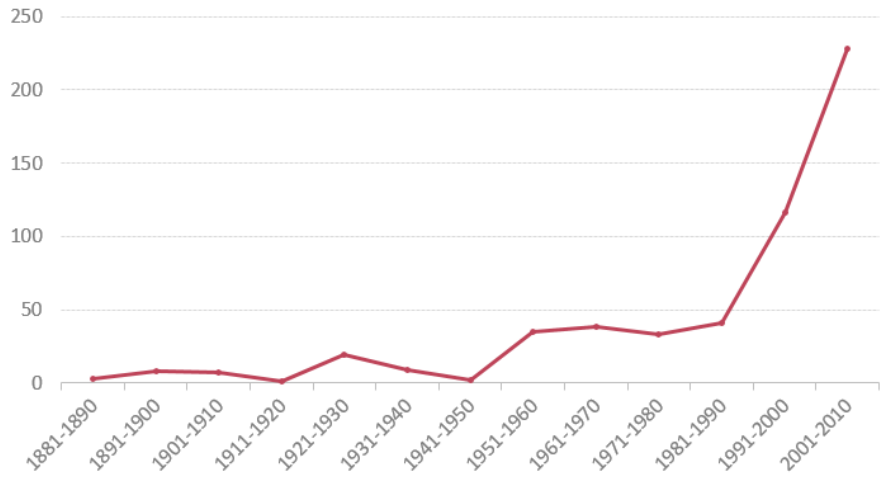
Αύξηση της συχνότητας των πλημμυρικών φαινομένων

Τα φυσικά φαινόμενα που οδηγούν σε φυσικές καταστροφές έχουν δεκαπλασιαστεί από την δεκαετία του 1960, σύμφωνα με στοιχεία που παρέχει η παγκόσμια βάση δεδομένων EM-DAT (Emergency Events Database). Ειδικά την περίοδο 2000-2019 καταγράφηκαν σχεδόν διπλάσιες φυσικές καταστροφές (7.348 συμβάντα) σε σχέση με την προηγούμενη δεκαετία (4.212 συμβάντα), με τις πλημμύρες να είναι ο πλέον κοινός τύπος με 3.254 γεγονότα, σχεδόν 2,5 φορές πάνω από την περίοδο 1980-1999. Λόγω των καταστροφών από πλημμύρες, πάνω από 1,65 δις άνθρωποι έχουν υποστεί τις συνέπειες, με την συντριπτι-

Συνολικές φυσικές καταστροφές ανά κατηγορία: Σύγκριση των δεκαετιών 1980-1999 και 2000-2019.
Προσαρμογή από Centre for Research on the Epidemiology of Disasters & United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2020)

κή πλειονότητα να είναι στην Ασία (1,5 δις) ενώ οι οικονομικές απώλειες σε παγκόσμιο επίπεδο για αυτή τη δεκαετία ανέρχονται στα 651 δις δολάρια. Σύμφωνα με άλλες πηγές, οι απώλειες του παγκόσμιου ΑΕΠ από πλημμύρες ποταμών (δεν συμπεριλαμβάνονται τα παράκτια συστήματα) ανέρχονται σε περίπου 96 δις δολάρια ετησίως, με τις φτωχότερες χώρες να είναι περισσότερο εκτεθειμένες ενώ οι οικονομικές ζημιές τις τελευταίες δύο δεκαετίες σε σχέση με την δεκαετία 1980-1990 έχουν τετραπλασιαστεί. Το 2021, σύμφωνα με την ασφαλιστική εταιρεία MunichRe, οι παγκόσμιες οικονομικές απώλειες λόγω των πλημμυρικών φαινομένων ανέρχονταν σε 90 δις δολάρια ενώ σε ένα από τα πλέον καταστροφικά πλημμυρικά συμβάντα για την Ευρώπη, τον Ιούλιο του 2021, οι ανθρώπινες απώλειες ανήλθαν σε 228 άτομα και οι ζημιές έφτασαν τα 54 δις δολάρια, εκ των οποίων μόνο το ένα τέταρτο (13 δις) ήταν ασφαλισμένα.

Στην Ελλάδα, η συχνότητα εμφάνισης των πλημμυρικών συμβάντων παρουσιάζει την ίδια αυξητική τάση από το 1881 μέχρι το 2010. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, οι ζημιές από τις πλημμύρες για την τελευταία δεκαετία ανέρχονται σε 300 εκατομμύρια ευρώ/έτος, ωστόσο δεν υπάρχει μια ενιαία βάση δεδομένων για το κόστος των πλημμυρών στη χώρα μας. Ενδεικτικά οι πλημμύρες της Αθήνας και της Πελοποννήσου το 2003 επέφεραν οικονομικές ζημιές 650 εκ. ευρώ, οι πλημμύρες του 2006 στον Έβρο 410 εκ. ευρώ, ενώ ο Ιανός στη Δ. Θεσσαλία κόστισε πάνω από 700 εκ. ευρώ.



Οι πλημμύρες στην Ελλάδα το διάστημα 1881-2010
Προσαρμογή από Diakakis, Deligiannakis & Mavroulis (2012)

Που οφείλεται η αύξηση των καταστροφικών συμβάντων

Και ενώ η πιο συστηματική καταγραφή των συμβάντων μπορεί να εξηγήσει εν μέρει την αύξηση τους τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο όσο και στην Ελλάδα, οι σημαντικότεροι λόγοι για την αύξηση των καταστροφών από πλημμύρες θα πρέπει να αποδοθούν κυρίως στην αλλαγή των χρήσεων γης (αστικοποίηση, υποβάθμιση και καταστροφή φυσικών οικοσυστημάτων), στη μεταβολή του κλίματος και σε άλλους παράγοντες που αφορούν θέματα οργάνωσης και σχεδιασμού.

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος αναφέρει ότι το 70-90% των πλημμυρικών πεδίων (floodplains) της Ευρώπης έχουν υποβαθμιστεί τις τελευταίες δύο δεκαετίες ως αποτέλεσμα της κατασκευής γκρίζων υποδομών για αντιπλημμυρικά έργα (π.χ. αναχώματα, φράγματα, συρματοκιβώτια κ.α.), της ευθυγράμμισης των ποταμών, της απώλειας σύνδεσής τους με τα ποτάμια συστήματα, της μετατροπής τους σε αγροτικές εκτάσεις και της αστικοποίησης. Τα πλημμυρικά πεδία είναι απολύτως κρίσιμα για την απόσβεση των πλημμυρικών φαινομένων, όπως κρίσιμες είναι και οι υγροτοπικές εκτάσεις οι οποίες, σύμφωνα με τη Σύμβαση Ραμσάρ, εξαφανίζονται σε ρυθμούς τρεις φορές γρηγορότερα από τα δάση: την περίοδο 1970-2015 έχουμε απωλέσει περίπου 35% των υγροτοπικών εκτάσεων, ενώ εκτιμήσεις δείχνουν απώλειες 64% σε σχέση με το 1900 και 87% σε σχέση με το 1700. Την ίδια στιγμή, από τα μέσα του 1950 μέχρι το 2006 η συνολική

Πόσο κόστισε στη Δυτική Θεσσαλία ο Μεσογειακός Κυκλώνας «Ιανός» (2020);

Είναι πολύ δύσκολο να βρεθούν συγκεντρωτικά στοιχεία για το κόστος των πλημμυρών στην Ελλάδα και αυτό είναι μια σημαντική έλλειψη που αποτρέπει τον συνολικό σχεδιασμό λύσεων.

Η ***Ένωση των Ασφαλιστικών Εταιριών Ευρώπης***, αναφέρει ότι η Ελληνική Κυβέρνηση έδωσε πάνω από 180 εκατομμύρια ευρώ σε αποζημιώσεις και επισκευές των υποδομών, ωστόσο αυτό μάλλον απέχει σημαντικά από το συνολικό κόστος του Κυκλώνα «Ιανού». Από την ιστοσελίδα του ταμείου ***Κρατικής Αρωγής***, για την στήριξη νοικοκυριών, επιχειρήσεων και αγροτών και για αποκαταστάσεις ζημιών σε υποδομές δόθηκαν σχεδόν 700 εκ. ευρώ ενώ έγιναν αναστολές και διευκολύνσεις πληρωμών, και άλλες ρυθμίσεις οικονομικών ελαφρύνσεων. Αντίστοιχο νούμερο επιβεβαιώνεται και από συνεντεύξεις με τοπικούς αιρετούς και άλλους φορείς, αλλά και αποσπασματικά στοιχεία από υπηρεσίες, χωρίς ωστόσο να μπορούμε να διακρίνουμε αν τα ποσά προέρχονται από την ίδια πηγή ή κάποια από αυτά είναι από άλλα ταμεία. Έτσι, ενημερωθήκαμε ότι 500 εκ. ευρώ δόθηκαν στην Π.Ε. Καρδίτσας για αποζημιώσεις σε πολίτες και επιχειρήσεις, 143 εκ. ευρώ σε μεγάλη κατασκευαστική εταιρεία για την ***αποκατάσταση ζημιών*** (που πιθανόν να είναι περισσότερα) και περίπου 50 εκ. από την Περιφέρεια Καρδίτσας για τις άμεσες παρεμβάσεις από τις επιπτώσεις του Ιανού και του Διομήδη (επισκευή του οδικού δικτύου, καθαρισμοί ποταμών, κ.α.). Τέλος ο ΕΛΓΑ αποζημίωσε τις ζημιές στη ζωική και φυτική παραγωγή με σχεδόν 7 εκ. ευρώ (επίσημα στοιχεία από τον ΕΛΓΑ).

Συνυπολογίζοντας τα ανωτέρω ποσά και τις διευκολύνσεις πληρωμής, το κόστος του Ιανού πρέπει να ξεπέρασε το 1 δις ευρώ.

έκταση των πόλεων (άρα και των δομημένων επιφανειών) στην Ε.Ε. αυξήθηκε κατά 78% ενώ το διάστημα από το 1990 μέχρι το 2015 υπήρχε μια αύξηση σχεδόν 20.000 km^2 (13%).

Στην Ελλάδα την ίδια περίοδο (1990-2015) η αύξηση της έκτασης των αστικών περιοχών ήταν στο 16% σύμφωνα με στοιχεία που παρέχει η Παγκόσμια Τράπεζα ενώ τα στοιχεία που παρέχει το Μεσογειακό Παρατηρητήριο Υγρότοπων για την απώλεια των υγροτοπικών εκτάσεων στην Μεσόγειο από το 1970 και μετά (απώλεια 48%) δεν απέχει πολύ από τα δεδομένα για την Ελλάδα. Αναλυτικά στοιχεία για τον ρόλο της υποβάθμισης των ποτάμιων συστημάτων και της απώλειας των πλημμυρικών πεδίων στην αύξηση των πλημμυρικών φαινομένων στην Ελλάδα δεν υπάρχουν, ωστόσο από συγκεκριμένες περιπτώσεις (π.χ. Μάνδρα, Κρήτη, κ.α.), ιστορικά δεδομένα αλλά και τις προφορικές καταγραφές μπορούμε να είμαστε σίγουροι ότι σημαντικό μέρος των φυσικών οικοσυστημάτων (υγιή ποτάμια, πλημμυρικά πεδία, κ.α.) που συντελούσαν στην απόσβεση των πλημμυρικών φαινομένων έχουν πλέον χαθεί.

Η αύξηση της έκθεσης στα πλημμυρικά φαινόμενα οφείλεται κατά πρώτο λόγο στην υποβάθμιση των φυσικών οικοσυστημάτων και στην αύξηση των τεχνητών επιφανειών. Πόσο όμως συμβάλει η κλιματική αλλαγή στην αύξηση της συχνότητας των ακραίων μετεωρολογικών φαινομένων (βροχοπτώσεις) και την αύξηση των πλημμυρικών φαινομένων;

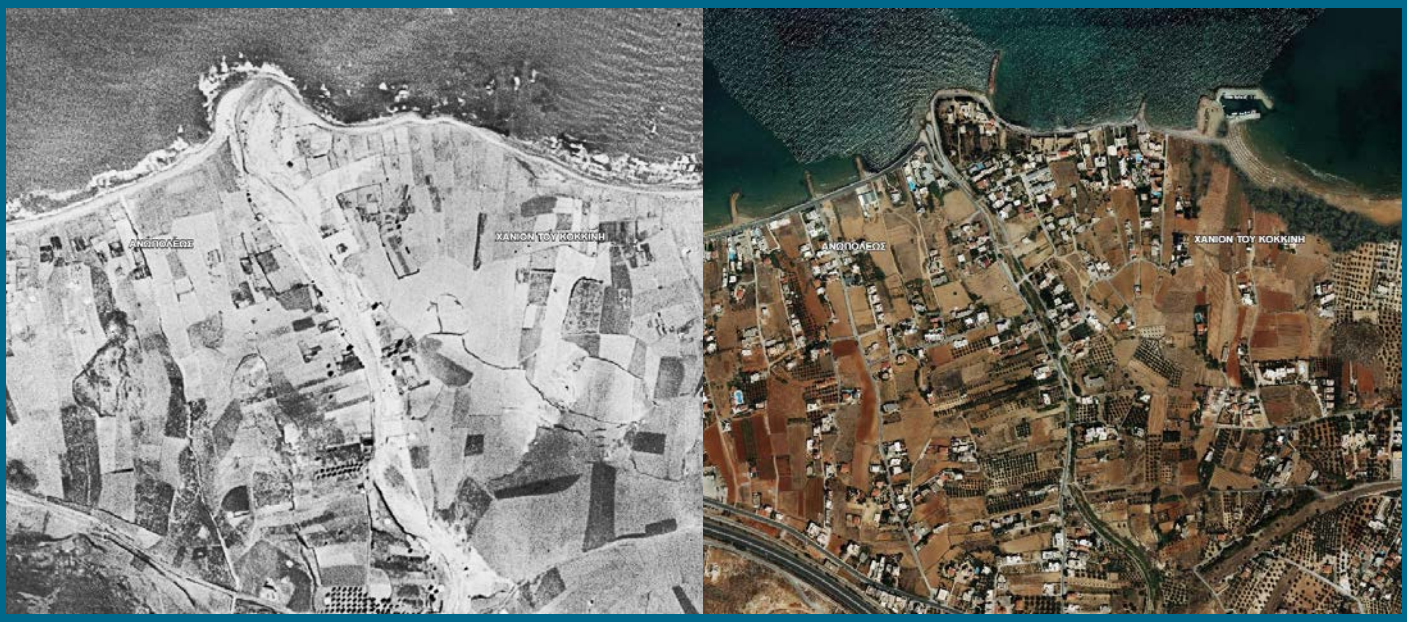
Σύμφωνα με την τελευταία έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change -IPCC), οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής που σχετίζονται με τις ακραίες βροχοπτώσεις δεν είναι οι ίδιες σε όλες τις περιοχές της Γης. Και ενώ σε παγκόσμια κλίμακα, η ένταση και η συχνότητα των βροχοπτώσεων παρατηρείται ότι έχει αυξηθεί, αναφέρονται αβεβαιότητες σε τοπικό επίπεδο λόγω των σύνθετων υδρολογικών διαδικασιών, συμπεριλαμβανομένων των επιδράσεων του ανθρώπου στο τοπίο και της διαχείρισης των νερών. Επιπλέον, η αύξηση της έντασης και της συχνότητας των ακραίων βροχοπτώσεων σε κάποιες περιοχές συνοδεύεται με την αύξηση των φαινομένων ξηρασίας σε κάποιες άλλες, χωρίς να αποκλείεται να συμβαίνουν τα φαινόμενα αυτά στην ίδια περιοχή.

Μια τέτοια περίπτωση είναι η Μεσόγειος όπου όλες οι σχετικές εκθέσεις συμφωνούν σε μείωση της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης και αύξηση της ξηρασίας αλλά την ίδια στιγμή αναφέρουν αύξηση των έντονων καιρικών φαινομένων με τις ακραίες βροχοπτώσεις να έχουν αυξηθεί σημαντικά την περίοδο 1991-2010 σε σύγκριση με το 1960-1979. Όταν μάλιστα γίνεται αναφορά σε μελλοντικά σενάρια τότε τα πράγματα είναι εξίσου σαφή: μια αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2°C θα οδηγήσει σε μείωση της βροχόπτωσης τους θερινούς μήνες κατά 10-15% και μια ταυτόχρονη αύξηση της έντασης των βροχοπτώσεων κατά 10 με 20%.

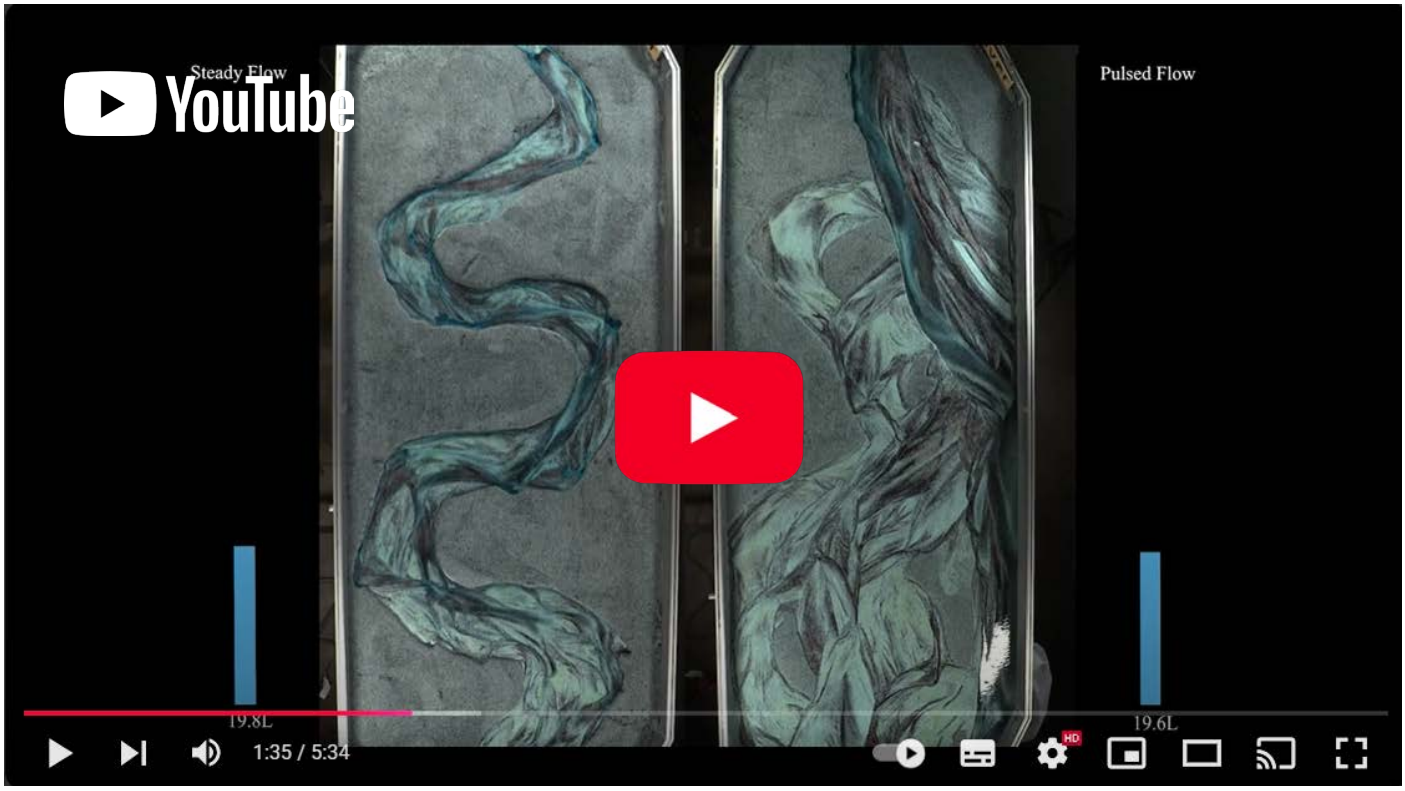
Οι πλημμύρες του 2020

Η περίοδος από τον Αύγουστο μέχρι και το Νοέμβριο του 2020 ήταν ιδιαίτερη όσο αφορά την εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων. Τον Αύγουστο η κακοκαιρία «***Θάλεια***» είχε ως αποτέλεσμα εκτεταμένες καταστροφές στους δήμους Διρφύων-Μεσσαπίων και Χαλκιδέων, τον Σεπτέμβριο ήταν η σειρά της Θεσσαλίας με τον μεσογειακό κυκλώνα «***Ιανό***» ενώ τον Νοέμβριο ***ένα κύμα κακοκαιρίας*** επισκέπτεται την Κρήτη και προκαλεί τεράστιες καταστροφές, ιδιαίτερα σε περιοχές στο βόρειο τμήμα του νησιού. Το κοινό χαρακτηριστικό και των τριών περιπτώσεων ήταν αφενός τα πολύ έντονα καιρικά φαινόμενα, αφετέρου οι διαχρονικές ανθρώπινες παρεμβάσεις στο τοπίο όπου έχουν αλλάξει ανεπιστρεπτί τις υδρομορφολογικές συνθήκες της κάθε περιοχής, αυξάνοντας τον πλημμυρικό κίνδυνο. Ένα από τα πολλά χαρακτηριστικά παραδείγματα που μπορούν να αναφερθούν είναι στην περιοχή «Γούρνες» της Κρήτης όπου η οικιστική ανάπτυξη στην περιοχή είχε ως αποτέλεσμα την μείωση της κοίτης του ρέματος από τα 50-70 μέτρα πλάτος (αριστερή φωτογραφία, 1945-1960) στα 10-15 μέτρα (δεξιά φωτογραφία, 2015-2016).

Τέτοιες μεταβολές στο τοπίο εμφανίζονται πιο τακτικά στα εφήμερα ρέματα των νησιών μας και στον παράκτιο χώρο μιας και η εποχικότητά τους δίνει την ψευδαίσθηση ότι το μεγάλο πλάτος της κοίτης δεν έχει κάποια χρησιμότητα και συνεπώς μπορεί να περιοριστεί προς όφελος της οικιστικής χρήσης.



Η μείωση του πλάτους του εποχικού ρέματος στις Γούρνες, ν. Ηρακλείου, Κρήτη
(Αεροφωτογραφίες περιόδων 2015-2016 & 1945-1960, Ελληνικό Κτηματολόγιο)



Πειράματα στο εργαστήριο προσομοιώνουν το σενάριο όπου οι κλιματικές συνθήκες γίνονται πιο ακραίες με έντονα φαινόμενα πλημμυρών και ξηρασίας. Στο αριστερό τραπέζι φαίνεται ένα ποτάμι που έχει μια σταθερή ροή σε όλη τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου ενώ στο δεξί η ίδια ποσότητα νερού διέρχεται σε μικρά χρονικά διαστήματα όπως γίνεται με τις έντονες κακοκαιρίες και τους μεσογειακούς κυκλώνες. Όπως δείχνουν τα πειράματα αυτά, τα δύο ποτάμια συμπεριφέρονται τελείως διαφορετικά και στη δεύτερη περίπτωση οι «πλημμυρισμένες» περιοχές είναι πολύ μεγαλύτερες.

Τα ακραία φαινόμενα βροχόπτωσης, ένας από τους παράγοντες ελέγχου των στατιστικών για τις πλημμύρες, διαπιστωμένα έχουν αυξηθεί, αλλά φτάνει αυτό για να συσχετίσει τις πλημμύρες με την κλιματική αλλαγή; Μέχρι πριν από μερικά χρόνια, η έλλειψη επαρκών δεδομένων απέτρεπε την ισχυρή συσχέτισή τους (IPCC Fifth Assessment Report 2014, U.S. Fourth National Climate Assessment 2017) αλλά αυτό φαίνεται να αλλάζει σταδιακά όσο νέα δεδομένα έρχονται στο φως (IPCC Sixth Synthesis Report 2023).

Συνοψίζοντας, **η αύξηση της έκθεσης των ανθρώπων και των υποδομών στα καταστροφικά φαινόμενα μπορούν να αποδοθούν στην υποβάθμιση των φυσικών οικοσυστημάτων και στην αύξηση των τεχνητών επιφανειών ενώ η αύξηση της συχνότητας και της έντασης των ακραίων μετεωρολογικών φαινομένων (βροχοπτώσεις) θα πρέπει να αποδοθεί στην κλιματική αλλαγή που με τη σειρά τους έχουν σημαντική συνεισφορά στις καταστροφές.** Πρέπει δε να τονιστεί ότι σύμφωνα με αναφορά του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος οι επιπτώσεις των πλημμυρών αναμένεται να πενταπλασιαστούν ως το 2050 και να 17πλασιαστούν μέχρι το 2080. Το μεγαλύτερο μέρος αυτή της αύξησης (70-90%) αποδίδεται στην κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη και το υπόλοιπο (10-30%) στην κλιματική αλλαγή.

Ωστόσο, **η απόδοση της αύξησης των καταστροφικών επιπτώσεων των πλημμυρών δεν θα πρέπει να περιοριστεί μόνο στα παραπάνω, αλλά σχετίζεται με δυσλειτουργίες της δημόσιας διοίκησης αλλά και την ανεπάρκεια των υποδομών.** Πιο ειδικά, επιπλέον επιβαρυντικές πρακτικές που δημιουργούν ή εντείνουν τα καταστροφικά φαινόμενα, θα πρέπει να θεωρούνται:

- Ο σχεδιασμός των υποδομών όπως οι γέφυρες και οι δρόμοι. Οι υποδομές αυτές είχαν σχεδιαστεί με προδιαγραφές που δεν ισχύουν πλέον στη νέα κλιματική πραγματικότητα. Ακόμα και οι σύγχρονές υποδομές σχεδιάζονται με λάθος τρόπο, με αποτέλεσμα να σχηματίζουν εμπόδια και να δημιουργούν τοπικά πλημμυρικά φαινόμενα.

- Η χρόνια απαξίωση των αρμοδίων υπηρεσιών και η υποστελέχωσή τους. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι δασικές υπηρεσίες όπου τις τελευταίες δεκαετίες αδυνατούν λόγω έλλειψης πόρων και ανθρώπινου δυναμικού, να υλοποιήσουν έργα ορεινής υδρονομίας, όπως προβόλους και μικρά φράγματα ανάσχεσης των πλημμυρικών παροχών. Τέτοια έργα ήταν συνηθισμένα στο παρελθόν και αναφέρεται ότι έχουν επιδράσει θετικά στην μείωση των πλημμυρών και της διάβρωσης.

- Η έλλειψη ορθού συντονισμού και η σύγχυση αρμοδιοτήτων μεταξύ των υπηρεσιών της δημόσιας διοίκησης και τους οργανισμούς διαχείρισης νερού. Παρά το γεγονός ότι κάποιος μπορεί να αναρωτηθεί πως αυτό μπορεί να επιφέρει πλημμυρικά φαινόμενα, υπάρχουν περιπτώσεις που το καταδεικνύουν. Είναι χαρακτηριστικό, για παράδειγμα, ότι τα θυροφράγματα παραμένουν κλειστά σε τμήματα των ποταμών της Θεσσαλίας, παρά τις αντίθετες κατευθύνσεις που δίνονται και τις προβλέψεις επιδείνωσης του καιρού.

- Η έλλειψη ορθού αντιπλημμυρικού σχεδιασμού, τόσο σε κεντρικό, όσο και σε περιφερειακό/τοπικό επίπεδο. Σε κεντρικό επίπεδο διοίκησης γιατί τα πρώτα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας έχουν κριθεί ελλιπή κατά την ενδιάμεση αξιολόγηση από την Ε.Ε. ενώ σε περιφερειακό επίπεδο δεν φαίνεται να υπάρχει κανένας σχεδιασμός για την αντιμετώπιση τέτοιων κρίσεων.

Η αδυναμία να αντιμετωπιστούμε τις πλημμύρες με τις συνήθεις πρακτικές

Η κυρίαρχη πρακτική για την μείωση του πλημμυρικού κινδύνου στην Ελλάδα περιλαμβάνει συμβατικά τεχνικά έργα, που πολλές φορές αναφέρονται ως γκρίζες υποδομές. Παραδείγματα τέτοιων προσεγγίσεων είναι η δημιουργία αποστραγγιστικών καναλιών, η κατασκευή αναχωμάτων, η οριοθέτηση της κοίτης με σκυρόδεμα ή συρματοκιβώτια και τα μεγάλα φράγματα ενώ ως «αντιπλημμυρικά έργα» θεωρούνται και άλλα διαχειριστικά έργα, όπως ο καθολικός καθαρισμός της κοίτης των ποταμών.

Αν και η προσεκτική και περιορισμένη χρήση των παραπάνω μέτρων μπορεί να επιφέρει λύσεις, η εκτεταμένη εφαρμογή τους δημιουργεί περισσότερα προβλήματα από αυτά που καλούνται να λύσουν. Τέτοια μέτρα συνήθως εξυπηρετούν ένα μόνο σκοπό και λύνουν το πρόβλημα μόνο τοπικά και βραχυπρόθεσμα· είναι διαπιστωμένο ότι σε μεγαλύτερη χωρική και χρονική κλίμακα επιτείνουν το πρόβλημα ή δημιουργούν άλλα μεγαλύτερα. Παρακάτω δίνονται μερικά παραδείγματα.

Μετά τα μέσα της προηγούμενης δεκαετίας και με αφορμή πλημμύρες που έγιναν σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας, σημαντικά κονδύλια άρχισαν να κατευθύνονται προς τις Περιφέρειες για τον καθαρισμό της κοίτης των ποταμών και την απομάκρυνση των φερτών υλικών. Τα έργα αυτά γίνονται με το πρόσχημα του κατεπείγοντος λόγω πολιτικής προστασίας και με απαλλαγή της υποχρέωσης για οποιαδήποτε περιβαλλοντική αδειοδότηση. Η πρακτική αυτή έχει γίνει πλέον καθεστώς σε όλες τις Περιφέρειες, ωστόσο ο τρόπος και η ένταση των έργων που υλοποιούνται είναι λανθασμένος μιας και υπάρχει η αντίληψη ότι η βλάστηση μειώνει την παροχετευτική ικανότητα των ποταμών και αυξάνει την στάθμη του νερού και άρα τον πλημμυρισμό των παρακείμενων εκτάσεων. Τελικά οι καθαρισμοί γίνονται μη επιλεκτικά, με μεγάλα εκσκαπτικά μηχανήματα, που καταλήγουν σε ολική απογύμνωση της κοίτης από τη βλάστηση και απόξεση του εδάφους. Το αποτέλεσμα είναι αντίθετο από το επιδιωκόμενο, καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του νερού και η διάβρωση. Έτσι εμφανίζονται πλημμυρικά φαινόμενα μετά τις παρεμβάσεις ενώ απαιτούνται διαρκώς πόροι για την συντήρηση τους. Παράλληλα, οι πρακτικές αυτές συντελούν στην απώλεια βιοποικιλότητας και στη σοβαρή διατάραξη των οικολογικών λειτουργιών. Τελικά, λόγω της διαρκούς αποψίλωσης, η ποιότητα των οικοσυστημάτων υποβαθμίζεται και η βλάστηση σταδιακά αντικαθίσταται με ξενικά ή επεκτατικά είδη (π.χ. καλάμια) όπου η διαχείρισή τους είναι πολύ δυσκολότερη.

Μια άλλη άστοχη πρακτική είναι ο εγκιβωτισμός των ποταμών με σκληρά υλικά, όπως τσιμέντο και συρματοκιβώτια, καθώς και η ευθυγράμμισή τους ή και η υπογειοποίησή τους. Όσο και αν με αυτό τον τρόπο δημιουργούν την εντύπωση στους πολίτες ότι αποδίδεται έργο, οι παρεμβάσεις αυτές στην πλειονότητά τους, είναι εντελώς λανθασμένες και το πρόβλημα μετατίθεται χωρικά σε άλλο σημείο του ποταμού και χρονικά λίγο αργότερα στο μέλλον μιας και αυξάνεται η ταχύτητα του νερού.

Τα αναχώματα επίσης συγκαταλέγονται μεταξύ των κακών πρακτικών στην πλειονότητα των περιπτώσεων που εφαρμόζονται.

© Θάνος Γιαννακάκης / WWF Ελλάς

Σύγκριση κοίτης ποταμού Πάμισου. Με κίτρινη γραμμή είναι η κοίτη της περιόδου 1945-1960 και με μπλε της περιόδου 2015-2016

Συρματοκιβώτια στον ποταμό Πάμισο

Το Σεπτέμβριο του 2020, ο Μεσογειακός Κυκλώνας «Ιανός» χτύπησε άγρια την περιοχή της Θεσσαλίας. Στο Μουζάκι, το ποτάμι φούσκωσε και είχε ως αποτέλεσμα, μεταξύ άλλων, την κατάρρευση του Ιατρικού Κέντρου. Εξετάζοντας τα αίτια μετά την καταστροφή, φάνηκε ότι το ποτάμι είχε υποστεί διαχρονικές επιχωματώσεις της κοίτης του, το πλάτος της οποίας είχε μειωθεί ως και τρεις φορές.

Μετά την καταστροφή, αντί να γίνει αποκατάσταση του αρχικού πλάτους της κοίτης, αποφασίστηκε η ενίσχυση της με συρματοκιβώτια σε μήκος 600 μέτρων (εικόνα 8). Έτσι, όταν ήρθε η κακοκαιρία "Daniel", το Σεπτέμβριο του 2023, το ποτάμι «εκτονώθηκε» λίγο πριν τα συρματοκιβώτια, η κοίτη μεγάλωσε στο αρχικό της πλάτος με αποτέλεσμα την κατάρρευση μιας οικίας και μιας αποθήκης.

«Αντιπλημμυρικά έργα» στον π. Πάμισο, στο Μουζάκι, μετά τον Μεσογειακό Κυκλώνα Ιανό.

Τα αναχώματα στον ποταμό Καλέντζη έχουν περιορίσει την κοίτη του σε ένα πλάτος μικρότερο των 50 μέτρων ενώ επιπλέον το ποτάμι έχει υποστεί εκβάθυνση και διάβρωση (incision) λόγω της απουσίας βλάστησης, της υψηλής ροής του νερού και των συνεχών μηχανικών καθαρισμών. Μερικά χιλιόμετρα ανάντη το ίδιο ποτάμι έχει πλάτος πάνω από 200 μέτρα.

Η ευθυγράμμιση της κοίτης των ποταμών και η καταστροφή των φυσικών μαιάνδρων, σε συνδυασμό με την κατασκευή αναχωμάτων μεταβάλλουν τα ποτάμια σε αποτελεσματικούς αγωγούς αποστράγγισης, ωστόσο περιορίζουν σημαντικά τη διαθέσιμη περιοχή για να εκτονωθεί μια πλημμύρα αυξάνοντας το ρίσκο τόσο στις περιοχές που έχουν κατασκευαστεί τα αναχώματα όσο και σε περιοχές ανάντη/κατάντη αυτών. Οι κατασκευές αυτές είναι εκτεθειμένες στις υψηλές ταχύτητες του νερού (και οι ίδιες προκαλούν υψηλότερες ταχύτητες νερού). Συνέπεια αυτού είναι να εμφανίζονται φαινόμενα διάβρωσης και τελικά τα αναχώματα είναι πιο πιθανό να αποτύχουν κατά τη διάρκεια μιας πλημμύρας. Τα αναχώματα επίσης αποκόπτουν το ποτάμι από τα πλημμυρικά πεδία και το αποτρέπουν από το να ελίσσεται και να σχηματίζει μαιάνδρους. Λόγω της ευπάθειας στη διάβρωση, τα αναχώματα έχουν υψηλό κόστος συντήρησης ενώ συχνά απαιτούν επιπλέον θωράκιση με πιο σκληρά υλικά όπως συρματοκιβώτια και τσιμέντο, μειώνοντας περαιτέρω την αξία των ποτάμιων συστημάτων δημιουργώντας τελικά ένα φαύλο κύκλο επιπλέον κατασκευαστικών έργων που επιτείνουν τα φαινόμενα διάβρωσης. Τέλος, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι τα αναχώματα λειτουργούν ως «φράγματα» νερού και προς τις δύο κατευθύνσεις: αποτρέπουν το νερό του ποταμού να υπερχειλίσει την κοίτη και να πλημμυρίσει την περιοχή, αποτρέπουν όμως και το νερό από μια πλημμυρισμένη περιοχή να αποστραγγίσει γρήγορα προς το ποτάμι.

Τέλος, η συζήτηση αφορά και στην κατασκευή φραγμάτων ως αντιπλημμυρικά έργα. Αντίθετα με τα όσα υποστηρίζουν οι διάφορες φωνές για τις αντιπλημμυρικές υπηρεσίες που παρέχουν, τα φράγματα συνήθως κατασκευάζονται για αρδευτικούς σκοπούς και για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ωστόσο τα φράγματα είναι πολύ μεγάλα έργα τα οποία εκτός των σχεδιαζόμενων ωφελειών, ανατρέπουν της περιβαλλοντικές και γεωμορφολογικές ισορροπίες με τρόπο που δεν είναι δυνατόν να προβλεφθούν από τις περιβαλλοντικές μελέτες. Προκύπτει λοιπόν μια σειρά ερωτημάτων/προβληματισμών που σχετίζονται με τις επιπτώσεις αυτών των έργων:

- Κατά πόσο λαμβάνεται υπόψη η πλήρωση των φραγμάτων με φερτά υλικά; Μελέτη για την αποτίμηση του όγκου ιζημάτων στη Λίμνη Πλαστήρα καταλήγει ότι σημαντικό ποσοστό από τα 4 εκατομμύρια κυβικά μέτρα ιζήματος που έχουν αποτεθεί στον πυθμένα της Λίμνης τα τελευταία 14 χρόνια προέρχονται από τον Μεσογειακό κυκλώνα «Ιανό». Ποιος θα αναλαμβάνει το κόστος της απομάκρυνσης αυτών των φερτών όταν αυτό θα αποτιμάται σε μερικά εκατομμύρια ευρώ κάθε λίγα χρόνια;

- Ποιος μπορεί να εγγυηθεί ότι ένα φράγμα δεν θα αστοχήσει σε ένα μελλοντικό ακραίο καιρικό συμβάν; Οι περιπτώσεις αστοχίας φραγμάτων, όπως αποτυπώνονται σε επιστημονικές αναφορές, είναι μεν σχετικά λίγες αλλά η πιθανότητα αστοχίας σίγουρα δεν είναι αμελητέα, ειδικά με τα νέα κλιματικά δεδομένα.

- Ποιος πραγματικά μπορεί να εγγυηθεί για την αντιπλημμυρική προστασία των φραγμάτων; Αν ένα φράγμα είναι γεμάτο την στιγμή που λαμβάνει χώρα το ακραίο καιρικό φαινόμενο, τότε αντιπλημμυρική του χρησιμότητα περιορίζεται σημαντικά.

- Ποιος μπορεί να προβλέψει τι θα συμβεί στις εκβολές των ποταμών που έχουν κατασκευαστεί φράγματα; Υπάρχουν πολλά παραδείγματα που δείχνουν ότι η ακτογραμμή έχει υποχωρήσει κατά δεκάδες μέτρα λόγω της δραματικής μείωσης των φερτών υλικών από τα φράγματα που έχουν κατασκευαστεί, όπως στο δέλτα του Νέστου όπου έχει χαθεί σχεδόν 1 τετραγωνικό χιλιόμετρο γης τα τελευταία 15 χρόνια. Ποιος θα σηκώσει το βάρος της ευθύνης όταν τα εκβολικά συστήματα θα αρχίσουν να βυθίζονται και να καταστρέφονται οι οικονομίες και οι περιουσίες των ανθρώπων λόγω των φραγμάτων στα ανάντη;

Γιατί οι μηχανικοί δεν μπορούν να ελέγξουν τα ποτάμια (για ελληνικούς υπότιτλους επιλέξτε Settings-->Subtitles-->Greek)

Μη επιλεκτική αραίωση της βλάστησης, στην κοίτη του ποταμού Γιόφυρου, στο Ηράκλειο Κρήτης

Παρέμβαση	Μεταβολές στο σύστημα	Βασικές επιπτώσεις				
		Αύξηση ταχύτητας νερού	Αύξηση διάβρωσης	Μείωση βιοποικιλότητας	Μείωση εμπλουτισμού υπόγειων νερών	Υποχώρηση ακτογραμμής
		Αύξηση πλημμυρικών φαινομένων				
Αναχώματα	Ευθυγράμμιση ποταμών, αποκοπή από τα πλημμυρικά πεδία, καταστροφή μαιάνδρων, καταστροφή φυσικής βλάστησης/ανάπτυξη ξενικών ειδών	✓	✓	✓	✓	
Συρματοκιβώτια ή τσιμεντένιες κοίτες	Ευθυγράμμιση ποταμών, αποκοπή από τα πλημμυρικά πεδία, περιορισμός της ροής του νερού σε συγκεκριμένο χώρο, καταστροφή μαιάνδρων, καταστροφή φυσικής βλάστησης	✓	✓	✓	✓	
Μεγάλα φράγματα	Ταμίευση νερού		✓	✓	✓	✓
Καθολικός καθαρισμός κοίτης ποταμών	Καταστροφή φυσικής βλάστησης/ανάπτυξη ξενικών ειδών	✓	✓	✓		

Οι επιπτώσεις των γκρίζων υποδομών στις υδρολογικές και φυσικές διεργασίες και τα οικοσυστήματα

ΦΥΣΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ

Εισαγωγή

Οι «λύσεις που βασίζονται στη φύση» αναδεικνύονται ως μια εξαιρετική εναλλακτική των γκρίζων προσεγγίσεων. Οι λύσεις αυτές χρησιμοποιούν τις φυσικές διεργασίες και τις υπηρεσίες των οικοσυστημάτων για να αντιμετωπίσουν συγκεκριμένες κοινωνικές προκλήσεις, ωστόσο σχεδόν πάντα τα οφέλη δεν περιορίζονται μόνο σε αυτό που προορίζονται. Έτσι στην προκειμένη περίπτωση, εκτός από την συμβολή στη μείωση του πλημμυρικού ρίσκου, δημιουργούν πολλαπλά οφέλη για το περιβάλλον και τις τοπικές κοινότητες. Αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν την βελτίωση της ποιότητας ζωής για τους κατοίκους, την αύξηση των επισκεπτών και του εισοδήματος αλλά και τον εμπλουτισμό των υπόγειων νερών και τον μετριασμό της ξηρασίας ή της διάβρωσης και την δημιουργία μικροκλίματος για την αντιμετώπιση των αστικών νησίδων θερμότητας.

Οι παρεμβάσεις αυτές μπορεί να είναι τελείως «πράσινες» (δηλαδή στηρίζονται αποκλειστικά στη φύση και τα οικοσυστήματα) ή «υβριδικές», οπότε θα περιλαμβάνουν ένα συνδυασμό φυσικών παρεμβάσεων και ήπιων κατασκευαστικών έργων όπου απαιτείται.

Οι λύσεις που βασίζονται στη φύση μπορούν να εφαρμοστούν σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμών για την αντιμετώπιση των φαινομένων που οφείλονται σε ποτάμιες πλημμύρες, σε παράκτιες περιοχές για πλημμύρες που προκαλούνται από τη θάλασσα, είτε εντός των πόλεων για την αντιμετώπιση των αστικών πλημμυρών.

Στη συνέχεια εξετάζονται διάφορες λύσεις βασισμένες στη φύση εστιάζοντας στις ποτάμιες και τις παράκτιες πλημμύρες, ενώ δεν γίνεται καμία αναφορά σε λύσεις που αφορούν τα αστικά περιβάλλοντα, ελπίζοντας το θέμα αυτό να καλυφθεί σε κάποια επόμενη δουλειά.

Είναι προφανές ότι η κατηγοριοποίηση των πλημμυρών και των λύσεων γίνεται για λόγους κατανόησης από τον αναγνώστη. Η φύση και τα φυσικά φαινόμενα δεν λειτουργούν με αυστηρούς κανόνες, οπότε σε μια περιοχή τα αίτια των πλημμυρών αλλά και οι λύσεις που θα εφαρμοστούν μπορούν να είναι ένας συνδυασμός των παρακάτω.

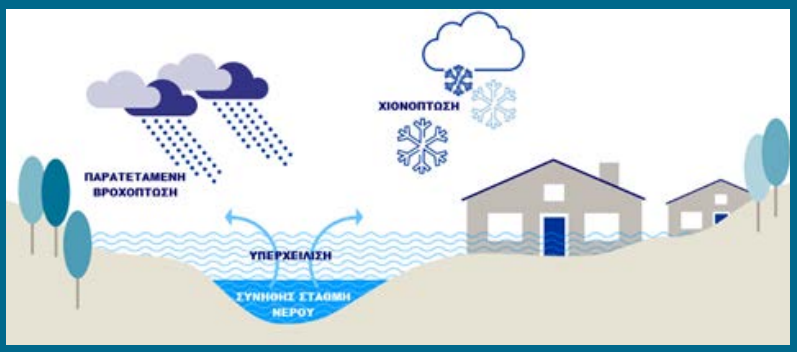
Γκρίζες υποδομές	Λύσεις βασισμένες στη φύση	
	Υβριδικές παρεμβάσεις	**Αμιγώς πράσινες παρεμβάσεις**
Κατασκευαστικά έργα από σκυρόδεμα ή άλλα υλικά	Συνδυασμός παρεμβάσεων που στηρίζονται στα οικοσυστήματα και ήπιων κατασκευαστικών έργων	Προστασία, διατήρηση, αποκατάσταση, και βιώσιμη χρήση των οικοσυστημάτων

Γενικές κατευθύνσεις αντιμετώπισης του πλημμυρικού ρίσκου. Συμπεριλαμβάνονται οι αμιγώς γκρίζες υποδομές καθώς και οι λύσεις που βασίζονται στη φύση – τόσο οι υβριδικές όσο και οι αμιγώς πράσινες παρεμβάσεις

Βασικές κατηγορίες πλημμυρών*

Ποτάμιες πλημμύρες (river/fluvial floods)

Προκαλούνται όταν η στάθμη του νερού σε ένα ποτάμι, μια λίμνη ή ένα χείμαρρο υπερβαίνει τη χωρητικότητά του και υπερχειλίζει, κατακλύζοντας τις γύρω περιοχές. Στην Ελλάδα, τέτοιες πλημμύρες μπορούν να συμβούν είτε μετά από έντονες και παρατεταμένες βροχοπτώσεις και συνήθως υπάρχει χρόνος αντίδρασης, είτε να είναι ταχύτατες, από ισχυρές βροχοπτώσεις που διαρκούν σύντομο χρονικό διάστημα. Η συχνότητα εκδήλωσης ιδιαίτερα των δεύτερων έχει αυξηθεί λόγω της κλιματικής αλλαγής και στην Ελλάδα απαντώνται πολύ, ιδιαίτερα σε ρέματα περιοδικής ροής όπου έχουν και τις περισσότερες παρεμβάσεις στις κοίτες τους.



Πλημμύρες από επιφανειακά ύδατα (pluvial floods)

Οι πλημμύρες αυτές έπονται ενός ακραίου καιρικού φαινόμενου, χωρίς ωστόσο να υπερχειλίζει ένα σώμα νερού. Μάλιστα τέτοιες πλημμύρες μπορεί να συμβούν ενώ δεν υπάρχουν ποτάμια κοντά στην περιοχή. Απαντώνται τόσο σε αγροτικές αλλά κυρίως σε αστικές περιοχές. Ιδιαίτερα στο αστικό περιβάλλον, μπορεί να οφείλονται σε αστοχία του αποχετευτικού δικτύου, στην έντονη αστικοποίηση της περιοχής και την έλλειψη ελεύθερων χώρων που μπορούν να απορροφήσουν το νερό ενώ αυτές οι πλημμύρες συμβαίνουν σχετικά αργά δίνοντας χρόνο στους πολίτες να κινηθούν σε πιο ασφαλείς τοποθεσίες. Ενώ δεν αυξάνουν τον κίνδυνο για τους ανθρώπους αυτές οι πλημμύρες μπορεί να έχουν μεγάλο οικονομικό αντίκτυπο. Οι έντονες και σύντομες βροχοπτώσεις μπορεί να δημιουργήσουν αιφνίδιες πλημμύρες (flash floods) που μπορεί να είναι πολύ επικίνδυνες όχι μόνο λόγω της δύναμης του νερού αλλά και λόγω των στερεών που συμπαρασύρονται στη ροή. Αιφνίδιες πλημμύρες μπορεί να δημιουργηθούν από την αστοχία ενός αναχώματος ή ενός φράγματος (π.χ. σπάσιμο φραγμάτων στη Λιβύη μετά την κακοκαιρία Daniel.

Παράκτιες πλημμύρες (coastal floods)

Αυτός ο τύπος πλημμύρας συμβαίνει όταν το νερό από τη θάλασσα πλημμυρίζει παράκτιες περιοχές λόγω υψηλών παλιρροιών, ορμητικών κυμάτων καταιγίδων ή τσουνάμι. Οι παράκτιες πλημμύρες μπορούν να προκαλέσουν εκτεταμένες ζημιές σε σπίτια, επιχειρήσεις και υποδομές που βρίσκονται κοντά στην ακτή. Στη χώρα μας δεν είναι ιδιαίτερα συχνές αυτές οι πλημμύρες, ωστόσο λόγω της κλιματικής έκθεσης (ισχυρότεροι και συχνότεροι μεσογειακοί κυκλώνες) αλλά και της υποβάθμισης του παράκτιου χώρου από τις ανθρώπινες παρεμβάσεις, αναμένεται να αυξηθούν τα περιστατικά.

*Εικόνες, προσαρμογή από Zurich.com

Φυσικές λύσεις για τη μείωση των κινδύνων από ποτάμιες πλημμύρες

Η κυρίαρχη λογική των φορέων λήψης αποφάσεων και των προκρινόμενων προσεγγίσεων για την αντιμετώπιση των πλημμυρών, αφορά έργα τα οποία συντελούν είτε στη μετατροπή των ποτάμιων συστημάτων σε αγωγούς μεταφοράς νερού, είτε στην αποθήκευσή του μέσω ταμιευτήρων. Ο στόχος των έργων αυτών είναι α) η απομάκρυνση του πλεονάζοντος νερού με τον ταχύτερο τρόπο από τα αστικά κέντρα και τις άλλες παραγωγικές δραστηριότητες μέσω ευθυγραμμισμένων και «στραγγαλισμένων» από τις παρεμβάσεις ποταμών ώστε να μην προκαλούνται πλημμυρικά φαινόμενα στο ενδιάμεσο και β) η συλλογή του νερού σε ταμιευτήρες ώστε να αποδίδεται πιο αργά σε περίπτωση έντονων βροχοπτώσεων και να χρησιμοποιείται τους ξηρούς μήνες για άρδευση. Η συγκεκριμένη λογική ωστόσο έχει σημαντικά προβλήματα και επιδεινώνουν τα πλημμυρικά φαινόμενα όπως άλλωστε δείχνουν τα δεκάδες πλημμυρικά φαινόμενα που έχουν συμβεί στη χώρα.

Ο σκοπός των λύσεων που βασίζονται στη φύση είναι η συγκράτηση των νερών, η καθυστέρησή τους δηλαδή σε περιοχές που θα οριστούν πριν από τις κρίσιμες υποδομές και τα αστικά κέντρα και τελικά η απόδοσή τους στο σύστημα με πιο αργούς ρυθμούς. Επίσης οι παρεμβάσεις στοχεύουν στην μείωση της διάβρωσης μιας και τα φερτά υλικά είναι σημαντικό μέρος του προβλήματος ενός πλημμυρικού φαινομένου, πολλές φορές μάλιστα είναι αυτά που δημιουργούν τις πλημμύρες. Τέτοιες παρεμβάσεις περιλαμβάνουν δράσεις αποκατάστασης, διαχειριστικές δράσεις και αλλαγές πρακτικών καθώς και υβριδικές παρεμβάσεις με την προώθηση ήπιων κατασκευαστικών έργων.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην πρώτη αναφορά «Εισαγωγή στις λύσεις βασισμένες στη φύση», απαιτείται μεγαλύτερη χωρική κλίμακα για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση τέτοιων παρεμβάσεων. Οι τοπικές παρεμβάσεις συνήθως δεν μπορούν να μειώσουν το πρόβλημα στο σύνολο του και οι λύσεις που βασίζονται στη φύση θα πρέπει να σχεδιάζονται σε επίπεδο λεκάνης απορροής, με εφαρμογές που εστιάζουν τόσο στα ορεινά όσο και στα πεδινά τμήματα της περιοχής μελέτης.

Είδη παρεμβάσεων	Περιοχές εφαρμογής	Δράσεις
Δράσεις αποκατάστασης	Ποτάμια	Σύνδεση με πλημμυρικά πεδία/ αποκατάσταση πλάτους κοίτης Δημιουργία μαιάνδρων Δημιουργία/αποκατάσταση παρόχθιων δασών Δημιουργία/αποκατάσταση εσωτερικών υγρότοπων
	Δάση	Αναδασώσεις σε καμένες/αποψιλωμένες εκτάσεις
Διαχειριστικές δράσεις	Δάση	Προστασία δασών Δασική διαχείριση
Υβριδικά έργα	Έργα ορεινής υδρονομίας	Φράγματα ανάσχεσης και πρόβολοι
Καλλιεργητικές πρακτικές	Καλλιέργειες	Φυσικοί φράκτες Ελαχιστοποίηση της διατάραξης του εδάφους Καλλιέργειες κάλυψης Συντήρηση ή/και δημιουργία αναβαθμών Κάλυψη του εδάφους με φυτικά υλικά

Λύσεις βασισμένες στη φύση για την αντιμετώπιση του κινδύνου από ποτάμιες πλημμύρες

Οι λειτουργίες που επιτελούν οι λύσεις βασισμένες στη φύση και παραδείγματα τέτοιων προσεγγίσεων για την αντιμετώπιση των ποτάμιων πλημμυρικών φαινομένων. Προσαρμογή από International Office for Water (OiWau), Ευρωπαϊκό πρόγραμμα Horizon «Spongescapes»

Δράσεις αποκατάστασης σε ποτάμια

Η IUCN ορίζει ως αποκατάσταση των ποταμών την **«επαναφορά των φυσικών διεργασιών (π.χ. μεταβολή της ροής και της κίνησης των ιζημάτων), των χαρακτηριστικών (π.χ. μεγέθη ιζημάτων και σχήμα ποταμού) και των φυσικών ενδιαιτημάτων ενός ποτάμιου συστήματος (συμπεριλαμβανομένων των βυθισμένων, παραποτάμιων και πλημμυρικών περιοχών)».**

Ο κύριος στόχος της αποκατάστασης είναι ο σχεδιασμός των ποτάμιων συστημάτων προς μια πιο φυσική κατάσταση ώστε να εκπληρώνονται οι βασικές λειτουργίες μεταξύ των οποίων είναι και η προστασία από τις πλημμύρες. Πιο συγκεκριμένα, μέσω της αποκατάστασης επιδιώκεται:

- η μείωση, συγκράτηση και ανάσχεση των πλημμυρικών ροών, και
- η βελτίωση της ροής του νερού και ο περιορισμός των καταστροφών στις υδάτινες οδούς.

Τα μέτρα αποκατάστασης ποικίλλουν και μπορούν να εφαρμοστούν σε διάφορα μέρη του ποταμού, όπως την κοίτη, την όχθη ή τα πλημμυρικά πεδία. Περιλαμβάνουν παρεμβάσεις μικρής κλίμακας καθώς και παρεμβάσεις μεγαλύτερης έκτασης, όπως είναι η αποκατάσταση του πλάτους της κοίτης του ποταμού, η απομάκρυνση ή μετακίνηση των αναχωμάτων και η σύνδεση του ποταμού με τα γειτονικά πλημμυρικά πεδία, η δημιουργία μαιάνδρων, η αποκατάσταση των παρόχθιων δασών και η δημιουργία/αποκατάσταση υγροτοπικών εκτάσεων. Αυτές οι δράσεις πολλές φορές είναι άμεσα συνδεδεμένες μεταξύ τους και η υλοποίηση της μιας αυτόματα σημαίνει εφαρμογή μιας άλλης (π.χ. αυξάνοντας το πλάτος της κοίτης και παρέχοντας χώρο στο ποτάμι, δίνεται η ευκαιρία στο ποτάμι να μαιανδρίσει μέσω των φυσικών διεργασιών).

Για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση τέτοιων δράσεων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη μια σειρά από χαρακτηριστικά της περιοχής: οι υδρομορφολογικές συνθήκες, η τοπογραφία και τα υψόμετρα, οι χρήσεις γης και η παρουσία υποδομών και κυρίως θα πρέπει να μελετώνται ιστορικά στοιχεία της περιοχής (κουτί 5). Ειδικότερα μέσω των ιστορικών στοιχείων (ιστορικοί χάρτες, αεροφωτογραφίες, βιβλιογραφία) μπορούν να εντοπιστούν οι παλιές κοίτες των ποταμών, τα πλημμυρικά πεδία και οι αποξηραμένοι υγρότοποι και να δοθεί προτεραιότητα σε αυτές τις περιοχές μιας και η εμπειρία έχει δείξει ότι αυτές είναι οι πρώτες που πλήττονται σε περίπτωση πλημμυρικών φαινομένων.

Η μεγαλύτερη πρόκληση με τον σχεδιασμό των δράσεων αποκατάστασης ποτάμιων συστημάτων είναι η διαθεσιμότητα γης. Σε περιοχές με αυξημένη αγροτική δραστηριότητα και μεγάλη διαθεσιμότητα γης, οι λύσεις είναι τεχνικά ευκολότερες ωστόσο σε πολλές περιοχές όπου η δόμηση είναι κυρίαρχη και υπάρχει περιορισμός ελεύθερου χώρου (π.χ. στο νησιωτικό χώρο) οι προκλήσεις είναι σημαντικά μεγαλύτερες.

Επιπλέον της διαθεσιμότητας της γης, σημαντική πρόκληση είναι η άγνοια των τοπικών φορέων και τελικά η αποδοχή των λύσεων που βασίζονται στη φύση από τις τοπικές κοινωνίες. Απάντηση για αυτές τις προκλήσεις μπορεί να είναι η ενημέρωση των τοπικών φορέων για τα οφέλη αυτών των λύσεων, αλλά κυρίως η ανάπτυξη κατάλληλων χρηματοδοτικών εργαλείων ώστε να υπάρχουν αντισταθμιστικά οφέλη για την αλλαγή των χρήσεων γης.

Τέλος, όπως έχει ήδη αναφερθεί ήδη, οι δράσεις που προτείνονται πιθανόν να πρέπει να συνδυαστούν με άλλα κατασκευαστικά έργα, είτε με άλλες πρακτικές όπως η απομάκρυνση φραγμών και εμποδίων, ο επανασχεδιασμός γεφυρών και οδικού δικτύου, η ορθή διαχείριση θυροφρακτών, κ.α.

Ακολούθως συνοψίζονται κάποιες από τις σημαντικότερες λύσεις που βασίζονται στη φύση και σχετίζονται με την αποκατάσταση των ποτάμιων συστημάτων.

Λύσεις που βασίζονται στη φύση για την αντιμετώπιση των ποτάμιων πλημμυρών

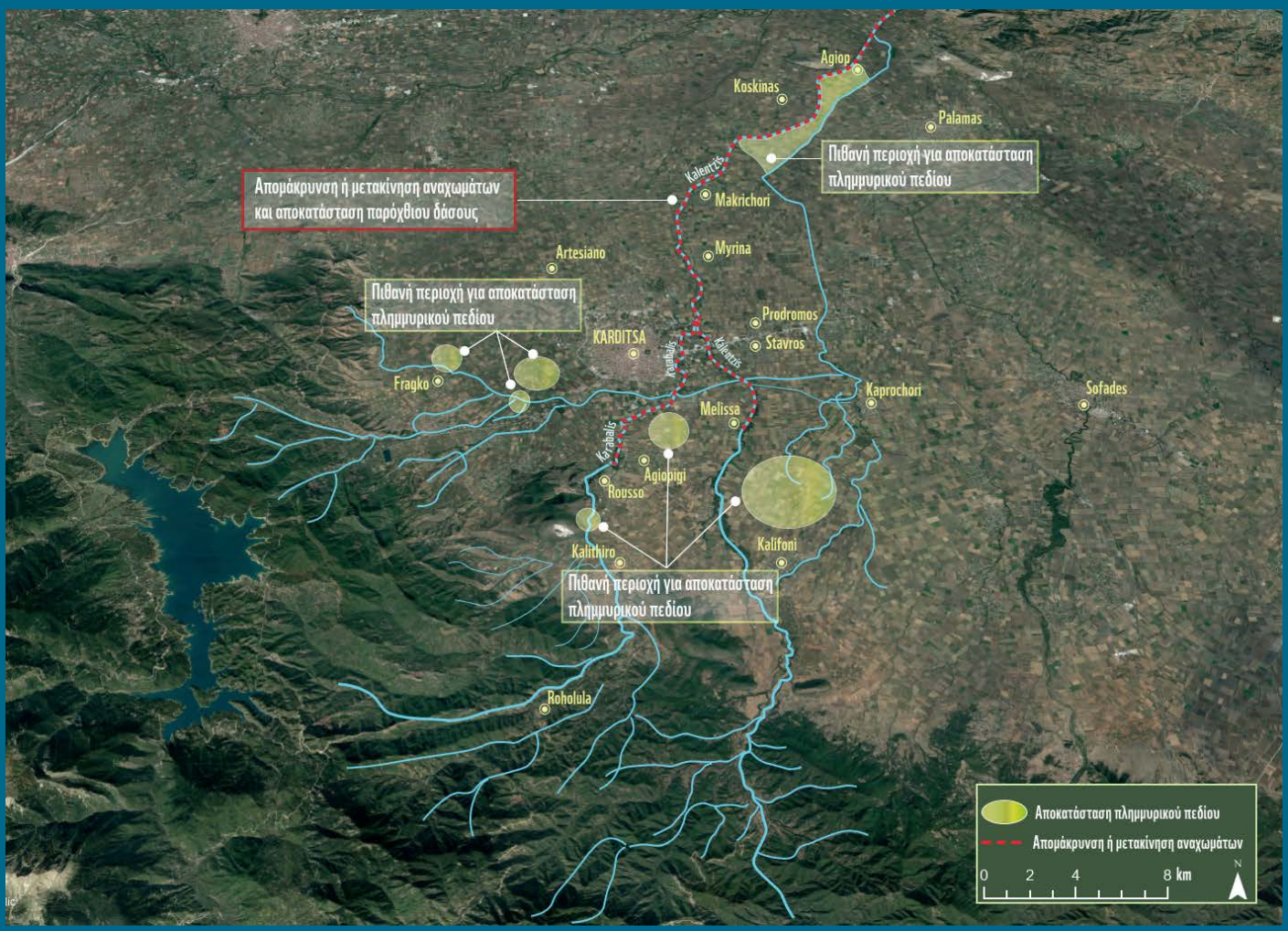
Οι αλλαγές στο τοπίο του Θεσσαλικού κάμπου

Σαρωτικές αλλαγές στο τοπίο και τη χρήση της γης έγιναν στον Θεσσαλικό κάμπο από τις αρχές του 20ού αιώνα, με στόχο την αύξηση της καλλιεργήσιμης γης και του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων.

Το 1933 συντάχθηκε μια μελέτη από την εταιρεία Boot για υδραυλικά έργα στη Θεσσαλία. Για την περιοχή της Καρδίτσας, η μελέτη κάνει λόγο για αποξήρανση 65.000 στρεμμάτων μόνιμων ελών και 535.000 στρεμμάτων κατακλυζόμενων εδαφών, καθώς και για εκτροπές πολλών ποταμών της περιοχής. Μέρος αυτού του σχεδιασμού υλοποιήθηκε πριν τον πόλεμο, ωστόσο οι τεράστιες αλλαγές σημειώθηκαν στις δεκαετίες 1960-1970, με τον «αναδασμό», την προσπάθεια δηλαδή του ελληνικού κράτους να αναδιανείμει τη γη, να εκσυγχρονίσει τις καλλιεργητικές και αρδευτικές πρακτικές και να αυξήσει την παραγωγή. Το τίμημα όμως για την αδιαμφισβήτητη αύξηση του βιοτικού επιπέδου των ανθρώπων του κάμπου ήταν, μεταξύ άλλων, η ολοκληρωτική μετατροπή του τοπίου και η μεταβολή των υδρολογικών συνθηκών. Όπως πολύ εύγλωττα περιγράφεται «την αναδιανομή της γης ακολούθησαν ολοκληρωτικές εργασίες αναμόρφωσης του τοπίου: υγρότοποι αποξηράθηκαν, οι κοίτες των ποταμών επανασχεδιάστηκαν και διευθετήθηκαν και τα μικρότερα ρέματα επιχώθηκαν και εξαφανίστηκαν. Παράλληλα, κατασκευάστηκαν αρδευτικά κανάλια, επανασχεδιάστηκαν οι δρόμοι και ρέματα ώστε να εξυπηρετούν τη νέα αρχιτεκτονική του χώρου, ενώ όπου η γη παρουσίασε λόφους, έντονες κλίσεις και έντονο ανάγλυφο, έγιναν εκτεταμένες και σαρωτικές χωματουργικές εργασίες, καταστρέφοντας για πάντα εκτός των άλλων και αρχαιολογικούς χώρους όπως οι μαγούλες. Ένας μόνο υγρότοπος απέμεινε, το "Μάτι", κοντά στους Αγίους Θεοδώρους, μιας και θεωρούσαν ότι είχε μαγικές και ιαματικές ιδιότητες».

Προτάσεις αντιπλημμυρικής προστασίας στη λεκάνη απορροής του Καλέντζη, Καρδίτσα

Μετά τον Ιανό (2020), ***ολοκληρώθηκε μια σειρά μελετών*** για την Δ. Θεσσαλία που διερευνούσαν την εφαρμογή συγκεκριμένων λύσεων βασισμένων στη φύση για την μείωση των πλημμυρικών φαινομένων. Οι λύσεις που προκρίθηκαν αφορούσαν την αποκατάσταση της κοίτης τμημάτων των ποταμών σε 7 υπολεκάνες του Πηνειού και διαπλάτυνση από τα ~50 μέτρα στα 150-200 μέτρα με παράλληλη μετακίνηση των αναχωμάτων, τη δημιουργία παρόχθιων δασών και σύνδεση των ποταμών με συγκεκριμένες περιοχές – πλημμυρικά πεδία ώστε να εκτονώνονται τα πλημμυρικά φαινόμενα. Οι προτάσεις αυτές αποτυπώνονται με ευκρίνεια και σε ***έκδοση*** του ευρωπαϊκού γραφείου WWF για την αποκατάσταση των ποταμών της Ευρώπης.



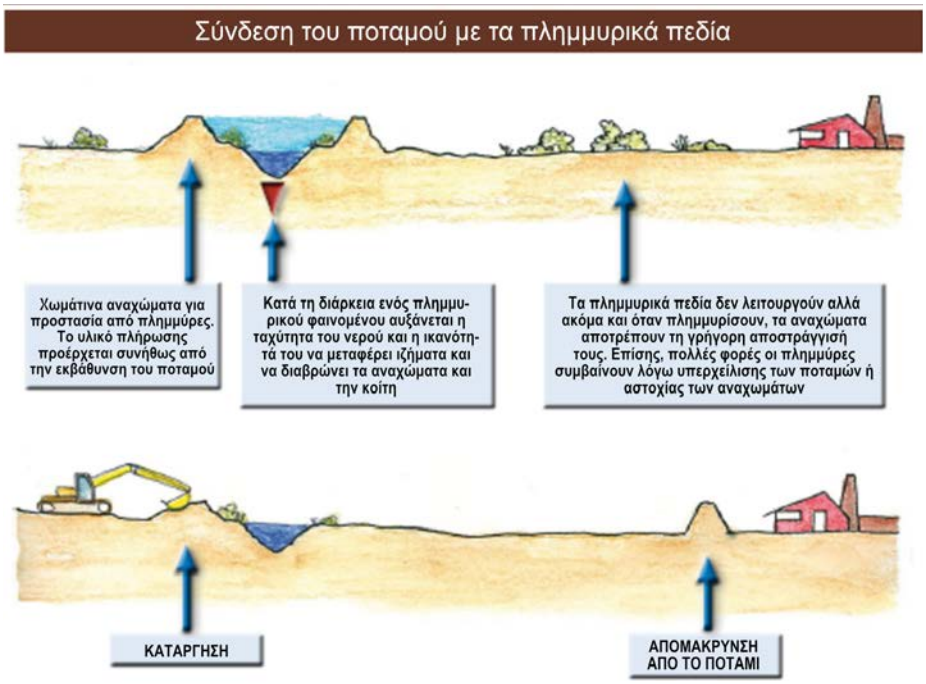
Λύσεις βασισμένες στη φύση στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη, στην Καρδίτσα
(Πηγή: Rivers2Restore, έκθεση WWF)

Σύνδεση με πλημμυρικά πεδία / αύξηση του πλάτους της κοίτης των ποταμών

Τα πλημμυρικά πεδία είναι επίπεδες περιοχές δίπλα σε ποτάμια και ρέματα που πλημμυρίζουν όταν το νερό υπερχειλίζει. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος, το 79-90% των πλημμυρικών πεδίων της Ευρώπης έχουν υποβαθμιστεί τις τελευταίες δύο δεκαετίες ως αποτέλεσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Η κύρια αιτία αποσύνδεσης των πλημμυρικών πεδίων είναι η κατασκευή αναχωμάτων στις κοίτες και η ευθυγράμμιση των ποταμών με στόχο την αποτελεσματική και γρήγορη αποστράγγιση των νερών και την αύξηση της διαθέσιμης γης για άλλες δραστηριότητες (π.χ. καλλιέργειες).

Η σύνδεση των πλημμυρικών πεδίων απαιτεί την μετακίνηση των αναχωμάτων σε μεγαλύτερη απόσταση ή την επιλεκτική απομάκρυνσή τους, με στόχο να δοθεί χώρος στο ποτάμι για να εκτονώνονται τα πλημμυρικά φαινόμενα σε επιλεγμένες περιοχές, συνήθως αγροτικές. Αυτή η απομάκρυνση έχει ως αποτέλεσμα τη διεύρυνση της κοίτης των ποταμών που πλέον έχουν χώρο να ελίσσονται και να μαιανδρίζουν και τελικά αποτρέπονται φαινόμενα «συμφόρησης» που δημιουργούν πλημμύρες.

Ο στραγγαλισμός της κοίτης των ποταμών από αναχώματα δημιουργεί ακόμα ένα πρόβλημα. Κατά τις έντονες βροχοπτώσεις, οι βαθιές και στενές κοίτες που δημιουργούνται από τα ψηλά αναχώματα έχουν ως συνέπεια τις μεγάλες ταχύτητες ροής του νερού στα ποτάμια. Τελικά ο κίνδυνος διάβρωσης των αναχωμάτων, άρα και ο κίνδυνος αστοχίας τους λόγω της ταχύτητας του νερού είναι μεγάλος. Η απομάκρυνση τους σε μεγαλύτερη απόσταση και η σύνδεση των ποταμών με τα πλημμυρικά πεδία, επιτρέπει τις μικρότερες ταχύτητες ροής μειώνοντας τα φαινόμενα διάβρωσης και τελικά τα απομακρυσμένα αναχώματα δεν χρειάζεται να έχουν μεγάλο ύψος (άρα μειώνονται και οι απαιτήσεις συντήρησής τους.



Η σύνδεση του ποταμού με τα πλημμυρικά πεδία μέσω της απομάκρυνσης ή μετακίνησης των αναχωμάτων
Πηγή: Πρόγραμμα LIFE-IP Duero

Δημιουργία μαιάνδρων

Τα φυσικά ποτάμια συνήθως σχηματίζουν μαιάνδρους, δηλαδή κινούνται ελεύθερα στο τοπίο σχηματίζοντας καμπύλες σχήματος S ή U. Στο παρελθόν τα ποτάμια ευθυγραμμίζονταν για να αποκτηθεί περισσότερη γη και να αποστραγγίζουν τα νερά γρηγορότερα, ωστόσο αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται η ταχύτητα του νερού (μιας και αυξάνεται η κλίση του καναλιού) και να προκαλούνται πλημμυρικά φαινόμενα. Η αποκατάσταση των ποταμών συνίσταται στην επανασύσταση

Αεροφωτογραφίες των περιόδων 1945-1960 & 2015-2016 για ένα τμήμα του π. Καλέντζη (Θεσσαλία). Φαίνεται καθαρά η ευθυγράμμιση του ποταμού και οι παλαιοί μαίανδροι, ενώ κατάλοιπα των μαιάνδρων υπάρχουν ακόμα και σήμερα.

της ελικοειδούς πορείας τους και την επανασύνδεση των αποκομμένων μαιάνδρων, ώστε να μειωθεί η ταχύτητα του νερού και τα φαινόμενα διάβρωσης και κατά συνέπεια η μείωση των πλημμυρικών φαινομένων.

Δημιουργία/αποκατάσταση παρόχθιων δασών

Τα παρόχθια (ή παραποτάμια) δάση είναι ένας τύπος δασικού οικοσυστήματος που αναπτύσσεται κατά μήκος των ποταμών ή ρεμάτων, επηρεάζεται από τα παρακείμενα ύδατα ενώ και αυτός με τη σειρά του παίζει καθοριστικό ρόλο στα υδάτινα συστήματα και την άγρια ζωή. Τα παρόχθια δάση παρέχουν διάφορες λειτουργίες όπως σκίαση, παροχή ενδιαιτημάτων και σταθεροποίηση των οχθών των ποταμών.

Ιδιαίτερα, η χρησιμότητα των παρόχθιων δασών στον περιορισμό του πλημμυρικού κινδύνου είναι μη αμφισβητήσιμη. Η βλάστηση με το εκτεταμένο ριζικό σύστημα σταθεροποιεί τις όχθες των ποταμών αποτρέποντας την εκτεταμένη διάβρωση, μειώνοντας έτσι τα φερτά υλικά και τα ιζήματα που μεταφέρονται στο ποτάμι. Επιπλέον κατά την διάρκεια έντονων παροχών η παρόχθια βλάστηση μειώνει την ταχύτητα του νερού βοηθώντας να περιοριστούν τα πλημμυρικά φαινόμενα στα κατάντη ενώ παράλληλα το πλεονάζων νερό μπορεί να εκτονωθεί στην περιοχή που καταλαμβάνει το παρόχθιο δάσος.

Παρόχθιο δάσος στον ποταμό Καράμπαλη

Δημιουργία / αποκατάσταση εσωτερικών υγρότοπων

Η ρυθμιστική ικανότητα των υγροτοπικών συστημάτων να αποθηκεύουν μεγάλες ποσότητες νερού και να τις αποδίδουν αργά, παίζει σημαντικό ρόλο στο έλεγχο τόσο των πλημμυρών όσο και των φαινομένων ξηρασίας. Οι υγρότοποι μπορούν να «επιβραδύνουν» τα πλημμυρικά νερά και να αυξήσουν την ανθεκτικότητα στις καταιγίδες, αποφεύγοντας έτσι καταστροφές σε γκρίζες υποδομές και μειώνοντας τον κίνδυνο για τους ανθρώπους. Σε περιόδους ξηρασίας, μπορούν να λειτουργήσουν ως λεκάνες ταμίευσης νερού, εμπλουτίζοντας παράλληλα τον υπόγειο υδροφορέα.

Οι υγρότοποι που έχουν αποξηρανθεί και έχει αλλάξει η χρήση τους (π.χ. καλλιεργήσιμες εκτάσεις), διατηρούν συνήθως τα εδαφικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά τους και μπορούν να ξαναδημιουργηθούν.

Λίμνη Δύστου, Εύβοια

Δράσεις αποκατάστασης και διαχείρισης σε δασικά οικοσυστήματα

Η αποκατάσταση δασικών οικοσυστημάτων περιλαμβάνει δράσεις δάσωσης και αναδάσωσης, δηλαδή δραστηριότητες κατά τις οποίες φυτεύονται δέντρα σε εδάφη χωρίς δασική κάλυψη. Η έννοια της αναδάσωσης συνήθως χρησιμοποιείται για περιοχές στις οποίες υπήρχε δασική κάλυψη και χάθηκε λόγω πυρκαγιών, υπερβόσκησης ή αποψίλωσης από εντατική υλοτόμηση. Για περιοχές χωρίς ιστορικό δασικής κάλυψης, η φύτευση δέντρων αναφέρεται ως δάσωση.

Είναι αποδεδειγμένο ότι τα πλημμυρικά φαινόμενα είναι εντονότερα σε περιοχές που έχουν καεί ή αποψιλωθεί. Η βλάστηση μειώνει την ταχύτητα του νερού και αυξάνει τη διήθησή του στο έδαφος ενώ η απουσία της βλάστησης εντείνει τη διάβρωση μιας και δεν υπάρχει ριζικό σύστημα να συγκρατήσει το έδαφος ενώ και το νερό ρέει με μεγαλύτερη ταχύτητα. Παράλληλα, και η ικανότητα του εδάφους να συγκρατεί και να αποθηκεύει το νερό εξαλείφεται μιας και το έδαφος έχει πλέον ξεπλυθεί. Τελικά σε καμένες ή αποψιλωμένες δασικές εκτάσεις αυξάνονται τα φαινόμενα κατολισθήσεων ή λασπορροών. Τα φερτά υλικά καταλήγουν στους υδάτινους αποδέκτες και τελικά αυξάνεται ο κίνδυνος πλημμυρών.

Η αποκατάσταση των καμένων ή αποψιλωμένων εκτάσεων γίνεται μεταξύ άλλων και για τον περιορισμό των πλημμυρών, ωστόσο οι δασώσεις/αναδασώσεις θα πρέπει να γίνονται με προσοχή και κατάλληλες μελέτες και επιστημονική επίβλεψη, με προτεραιότητα στη φυσική αναγέννηση της βλάστησης.

Στις παραπάνω δράσεις αποκατάστασης μπορούμε να συμπεριλάβουμε για λόγους οικονομίας του χώρου και τις διαχειριστικές δράσεις στα δασικά οικοσυστήματα και προστατευόμενες περιοχές. Αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν την προστασία των δασικών οικοσυστημάτων και άλλες δράσεις πρόληψης για τη μείωση των κινδύνων από πυρκαγιές. Οι δράσεις αυτές αναλύονται στην ενότητα 3 «Λύσεις βασισμένες στη φύση για την μείωση των κινδύνων από πυρκαγιές».

Έργα ορεινής υδρονομίας

Τα έργα ορεινής υδρονομίας είναι υδραυλικά έργα που σχεδιάζονται και υλοποιούνται για να αντιμετωπίσουν διάφορες προκλήσεις και ανάγκες που σχετίζονται με τη διαχείριση των υδάτων στα ορεινά περιβάλλοντα. Τέτοια έργα μπορεί να είναι φράγματα κατασκευασμένα από υλικά όπως πέτρες από το ρέμα, ξύλα ή σκυρόδεμα, μη διαπερατά (ckeck dams), ή διαπερατά (leaky dams, log dams), είτε να είναι πρόβολοι. Από τα έργα αυτά, θεωρούνται υβριδικές παρεμβάσεις λύσεων βασισμένων στη φύση, αυτά που είναι μικρής κλίμακας (μικροφράγματα) και κατασκευάζονται σε ρέματα περιοδικής ροής.

Αναδάσωση στο Σούνιο από το WWF Ελλάς

Έργα ορεινής υδρονομίας κατασκευάζονταν συστηματικά στους ορεινούς χειμάρρους της χώρας μας από τις δασικές υπηρεσίες μέχρι και περίπου στα τέλη της δεκαετίας του 1980, ωστόσο στη συνέχεια για διάφορους λόγους (αποδυνάμωση των υπηρεσιών, ιδιωτικοποίηση των έργων) η προώθηση τέτοιων δράσεων ατόνησε. Στο νησιωτικό χώρο, ή πλέον γνωστή παρέμβαση έγινε στην Απείρανθο της Νάξου (1987-1994) ενώ στη συνέχεια ανάλογες προσπάθειες έγιναν στα Κύθηρα, την Πάρο, την Ίο, κ.α.

Ο ρόλος των μικροφραγμάτων (ή αναβαθμών) στην διαχείριση των νερών έχει μελετηθεί αρκετά. Με την κατασκευή τους μειώνεται η κλίση των ορεινών ρεμάτων με αποτέλεσμα τη μείωση της ταχύτητας του νερού. Το νερό επίσης συγκεντρώνεται στις μικρές λεκάνες κατάκλυσης πάνω από τους αναβαθμούς με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η υστέρηση της πλημμυρικής αιχμής. Τα φράγματα μειώνουν τη διάβρωση και τη μεταφορά στερεών στα πεδινά τμήματα ενώ ο μεγαλύτερος χρόνος παραμονής του νερού στα ρέματα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της κατείσδυσης και τελικά τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων.

Η αξία όμως των μικρών φραγμάτων και ο λόγος που συμπεριλαμβάνονται στην λίστα αυτή ως υβριδική παρέμβαση, είναι ότι οι παρεμβάσεις αυτές είναι πλήρως ενταγμένες στο τοπίο ενώ στις

Μικρό φράγμα ανάσχεσης στον Καβουροπόταμο της Πάρου

Πρασινίζοντας μια άνυδρη λεκάνη απορροής στα βουνά Chiricahua, στη νοτιοανατολική Αριζόνα με τη χρήση μικρών λίθινων αναβαθμών.

λεκάνες πλήρωσης διατηρείται νερό για μεγαλύτερη περίοδο του χρόνου και συνεπώς μπορεί να φιλοξενήσει την άγρια πανίδα και χλωρίδα. Είναι σημαντικό με την κατασκευή τους να διασφαλίζεται η συνδεσιμότητα του ποταμού (connectivity) ώστε να μπορεί να μετακινείται αδιάλειπτα, κυρίως η ιχθυοπανίδα. Σε περίπτωση κατασκευής μεγαλύτερων φραγμών στα ποτάμια, η διασφάλιση της συνδεσιμότητα είναι μια σημαντική παράμετρος που θα πρέπει να εξασφαλίζεται.

Αλλαγές καλλιεργητικών πρακτικών

Οι βιώσιμες καλλιεργητικές πρακτικές και η ορθή διαχείριση των αγροτικών εκτάσεων έχει αποδειχτεί ότι συνεισφέρουν στην μείωση των αγροχημικών και τη βελτίωση της ποιότητας των υδάτων, την βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους, την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και την αύξηση της βιοποικιλότητας. Σύμφωνα μάλιστα με έκθεση του Παγκόσμιου Οικονομικού Φόρουμ, η υιοθέτηση βιώσιμων καλλιεργητικών πρακτικών από 20% περισσότερους αγρότες της Ε.Ε. αναμένεται να έχει πολύ θετικά αποτελέσματα στη μείωση των εκπομπών, στην βελτίωση της υγείας του εδάφους αλλά και στο εισόδημα τους.

Ωστόσο, η βελτίωση συγκεκριμένων καλλιεργητικών πρακτικών μπορεί να αποδειχτεί σημαντικό εργαλείο και στη μείωση του πλημμυρικού κινδύνου, εφόσον εφαρμοστούν σε σχετικά μεγάλη κλίμακα. Οι βελτιωμένες καλλιεργητικές πρακτικές μπορεί να επιφέρουν:

- την αύξηση της ικανότητας των εδαφών να αποθηκεύουν περισσότερο νερό λειτουργώντας ως σπόγγοι (sponges),
- την αύξηση της ικανότητας των εδαφών να τροφοδοτούν και να αναπληρώνουν τους υπόγειους υδροφορείς,
- τη συγκράτηση και ανάσχεση των επιφανειακών ροών, και
- τη μείωση της εδαφικής διάβρωσης.

Παρακάτω περιγράφονται σύντομα κάποιες από αυτές τις βελτιωμένες καλλιεργητικές πρακτικές.

Φυσικοί φράκτες

Η ανάπτυξη πράσινων ζωνών και φυτοφραχτών (buffer strips and hedges) στο περιθώριο των αγρών μπορεί να αυξήσει την αποτελεσματική κατείσδυση του νερού και την επιβράδυνση της επιφανειακής απορροής, προάγοντας έτσι τη φυσική συγκράτηση των υδάτων. Η βλάστηση μπορεί να αποτελείται από ποώδη φυτά, θάμνους ή/και δέντρα. Μπορούν επίσης να μειώσουν σημαντικά την ποσότητα των αγροχημικών που προέρχονται από τις γεωργικές απορροές ενώ σε μεγαλύτερες κλίσεις μπορεί να μειώσουν τη διάβρωση του εδάφους καθώς μειώνουν την επιφανειακή απορροή.

Πράσινη ζώνη στο περιθώριο αγροτεμαχίου, δίπλα σε αρδευτικό κανάλι, θεσσαλικός κάμπος

Κάλυψη του εδάφους με φυτικά υλικά

Η εδαφοκάλυψη με φυτικά υπολείμματα (mulching) είναι η χρήση οργανικού υλικού (π.χ. φλοιός, ξυλοτεμαχίδια, υπολείμματα καλλιεργειών, άχυρο, ξηρό γρασίδι, φύλλα, κ.λ.π.) για την κάλυψη της επιφάνειας του εδάφους. Ο σκοπός της πρακτικής αυτής είναι μεταξύ άλλων η διατήρηση της υγρασίας του εδάφους, η βελτίωση της γονιμότητας και της υγείας του εδάφους, η μείωση της ανάπτυξης ζιζανίων και η μείωση της εδαφικής διάβρωσης.

Ελαχιστοποίηση της διατάραξης του εδάφους

Το όργωμα προκαλεί τη μηχανική τροποποίηση του εδάφους και η εντατική άροση διαταράσσει τη δομή του, αυξάνοντας τη διάβρωση, μειώνοντας την οργανική ύλη, περιορίζοντας την ικανότητα συγκράτησης νερού και την ικανότητα αναπλήρωσης των υδροφορέων λόγω της συμπίεσης. Η καλλιέργεια χωρίς όργωμα ή περιορισμένης άροσης (no tillage or low tillage agriculture) περιορίζει την διατάραξη του εδάφους ενώ είναι απαραίτητο να παραμένει ένα υπόλοιπο από την προηγούμενη συγκομιδή στο έδαφος. Λόγω της ελαχιστοποίησης της μηχανικής κατεργασίας του εδάφους αυξάνεται η ποσότητα του νερού που κατεισδύει, αυξάνεται η συγκράτηση της οργανικής ύλης και βοηθάει στην ανακύκλωση των θρεπτικών. Σε πολλές γεωργικές περιοχές μειώνεται επίσης η εδαφική διάβρωση, ωστόσο το πλέον σημαντικό όφελος αυτής της διαδικασίας είναι η βελτίωση της φυσικής γονιμότητα του εδάφους, καθιστώντας τα έτσι πιο ανθεκτικά και πιο παραγωγικά με μειωμένες ανάγκες σε εξωτερικές εισροές.

Καλλιέργειες κάλυψης

Οι καλλιέργειες κάλυψης (green cover) αναφέρονται σε καλλιέργειες που φυτεύονται στα τέλη του καλοκαιριού ή το φθινόπωρο, συνήθως σε αρόσιμες εκτάσεις, για την προστασία του εδάφους, το οποίο διαφορετικά θα έμενε γυμνό κατά τη διάρκεια του χειμώνα, εκτεθειμένο στις επιφανειακές απορροές και τη διάβρωση από τον άνεμο και το νερό. Οι καλλιέργειες κάλυψης μπορεί επίσης να βελτιώσουν τη δομή του εδάφους, και ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας μπορεί είτε να εμπλουτίσει το έδαφος με θρεπτικά στοιχεία μειώνοντας την ανάγκη για λιπάσματα και εξοικονομώντας πόρους (π.χ. ψυχανθή), είτε απορροφώντας τα επιπλέον θρεπτικά και μειώνοντας την έκπλυση θρεπτικών και τελικά τη ρύπανση στους επιφανειακούς και υπόγειους υδροφορείς (π.χ. αγρωστώδη).

Κοπή και τεμαχισμός της χαμηλής βλάστησης ανάμεσα σε καλλιέργειες. Το υλικό που θα παραχθεί θα χρησιμοποιηθεί ως προϊόν εδαφοκάλυψης της ίδιας επιφάνειας

Καλλιέργεια με περιορισμένη άροση (low tillage) στην περιοχή της Θεσσαλίας

Ακαλλιέργεια δίπλα σε δενδρώδεις καλλιέργειες

Συντήρηση ή/και δημιουργία αναβαθμών

Οι παραδοσιακές αναβαθμίδες, ή πεζούλες (traditional terracing) είναι σχεδόν επίπεδες επιφάνειες χτισμένες με πέτρινους τοίχους στις πλαγιές των βουνών. Είναι μια πρακτική χιλιάδων ετών που απαντάται σε όλο τον κόσμο και αποτελεί ένα αποτελεσματικό εργαλείο διαχείρισης της γης σε περιοχές με μεγάλη κλίση, με στόχο την υποστήριξη της πρωτογενούς παραγωγής (κυρίως γεωργία). Οι αναβαθμοί μειώνουν την κλίση του εδάφους σημαντικά, περιορίζοντας ή και μηδενίζοντας την ταχύτητα του νερού, μειώνοντας έτσι σημαντικά τη διάβρωση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της κατείσδυσης και τη βελτίωση της υγρασίας του εδάφους. Ωστόσο, η μη συντήρηση των πέτρινων τοιχίων και η εγκατάλειψη των παραδοσιακών αναβαθμίδων μπορεί να οδηγήσει σε υψηλά επίπεδα διάβρωσης και αυξημένη επιφανειακή απορροή.

Παραδοσιακοί αναβαθμοί σε ορεινές καλλιέργειες, Θεσσαλία

Οφέλη	Καλλιεργητικές πρακτικές				
	Φυσικοί φράκτες	Ελαχιστοποίηση διατάραξης εδάφους	Καλλιέργειες κάλυψης	Αναβαθμοί	Κάλυψη εδάφους με φυτικά υλικά
Ανάσχεση της απορροής	-	-	-	Υψηλή	-
Επιβράδυνση της απορροής	Υψηλή	-	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
Αύξηση της διήθησης ή/και του εμπλουτισμού των υπόγειων υδάτων	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	-	Χαμηλή
Αύξηση της συγκράτησης νερού στο έδαφος	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	-	Μέτρια
Μείωση της διάβρωσης και/ή της μεταφοράς ιζημάτων	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια

Τα οφέλη της κάθε καλλιεργητικής πρακτικής σε διεργασίες που σχετίζονται με τις πλημμύρες και τη διάβρωση
(Πηγή: ***www.nwrm.eu***)

Φυσικές λύσεις για τη μείωση των πλημμυρών στον παράκτιο χώρο

Τα πλημμυρικά φαινόμενα που συμβαίνουν στον παράκτιο χώρο στην Ελλάδα είναι αποτέλεσμα κυρίως των διεργασιών και των παρεμβάσεων στη στεριά ενώ η επίδραση από τη θάλασσα είναι μικρότερη μιας και στη νοτιοανατολική Μεσόγειο δεν υπάρχουν έντονα παλιρροϊκά φαινόμενα και μεγάλα τσουνάμι. Ωστόσο, υπό το πρίσμα της μεταβολής του κλίματος αλλά και των ανθρωπογενών πιέσεων και αλλαγών στον παράκτιο χώρο, οι προβλέψεις δεν είναι ευοίωνες. Οι παράκτιες περιοχές αναμένεται να είναι περισσότερο ευάλωτες σε πλημμυρικά φαινόμενα λόγω της αύξησης της συχνότητας και της έντασης των καταιγίδων και των μεσογειακών κυκλώνων αλλά και της αύξησης της στάθμης της θάλασσας ενώ σημαντικές άλλες αιτίες είναι η έντονη αστικοποίηση αλλά και η υποβάθμιση των φυσικών οικοσυστημάτων που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ικανότητας τους να απορροφήσουν την ένταση των φαινομένων.

Ένα φαινόμενο που συνδέεται άμεσα με τα πλημμυρικά φαινόμενα είναι η διάβρωση του παράκτιου χώρου. Η υποχώρηση της ακτογραμμής οφείλεται κατά κύριο λόγο στις ανθρώπινες δραστηριότητες και κατασκευές (π.χ. κατασκευή φραγμάτων, λιμάνια και αλιευτικά καταφύγια, αστικοποίηση του παράκτιου χώρου, κ.α.) και συνεπώς στη διατάραξη του ισοζυγίου των στερεών υλικών που αποτίθενται στον παράκτιο χώρο και επιφέρει ση μαντικές επιπτώσεις για τα οικοσυστήματα. Ειδικά, όσο αφορά τα πλημμυρικά φαινόμενα, η παράκτια διάβρωση αφήνει έκθετες τις υποδομές σε ακραία φαινόμενα.

Η κοινή πρακτική για την αντιμετώπιση των πλημμυρών και της παράκτιας διάβρωσης περιλαμβάνει κατασκευαστικά έργα (γκρίζες υποδομές) όπως τοιχία προστασίας των ακτών (seawalls), κυματοθραύστες (breakwaters) και προβόλους (groins, jetties). Παρότι οι κατασκευές αυτές είναι επαρκώς μελετημένες, οι περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις δεν έχουν λάβει την αντίστοιχη προσοχή. Πολλές έρευνες αναφέρουν τις αρνητικές επιπτώσεις αυτών των έργων στα θαλάσσια και παράκτια οικοσυστήματα που περιλαμβάνουν από απώλεια βιοποικιλότητας και υποβάθμιση των οικοσυστημάτων μέχρι και μεταβολές στις γεωμορφολογικές διεργασίες και την μεταφορά των ιζημάτων.

Στον αντίποδα, οι λύσεις βασισμένες στη φύση υπόσχονται εξασθένηση της κυματικής ενέργειας, σταθεροποίηση του εδάφους και αύξηση της βιοποικιλότητας. Σε παγκόσμιο επίπεδο είναι ιδιαίτερα προβεβλημένη η προστασία και αποκατάσταση των μαγκρόβιων δασών ως ενδεδειγμένη λύση για την προστασία των παράκτιας ζώνης από τη διάβρωση και τα πλημμυρικά φαινόμενα ενώ υπάρχουν πολλές προσπάθειες για την αποκατάστασή τους. Μαγκρόβια δάση δεν απαντώνται στη Μεσογειακή λεκάνη, ωστόσο τον ίδιο ρόλο

Η καταστροφή νησιωτικών υγρότοπων για την κατασκευή αεροδρομίων

Οι υγροτοπικές προσχωματικές εκτάσεις συχνά επιλέγονται για την κατασκευή αεροδρομίων καθώς είναι επίπεδες και δημόσιες. Τα πρώτα αεροδρόμια στη χώρα μας άρχισαν να κατασκευάζονται τη δεκαετία του 1930. Στα νησιά η κατασκευή αεροδρομίων εντάθηκε τη δεκαετία του 1970 με αποτέλεσμα να υπάρχουν σήμερα 36 μικρά και μεγάλα αεροδρόμια σε 26 νησιά. Στο πλαίσιο ***του προγράμματος του WWF Ελλάς*** για την απογραφή των νησιωτικών υγρότοπων της Ελλάδας εντοπίστηκαν 19 αεροδρόμια που έχουν κατασκευαστεί πάνω ή πολύ κοντά σε υγρότοπους επηρεάζοντας τις λειτουργίες τους, μια εκ των οποίων είναι και η αποθήκευση του πλεονάζοντος νερού και ως εκ τούτου η εκτόνωση των πλημμυρικών φαινομένων. Συνολικά οι εγκαταστάσεις των αεροδρομίων που είναι κατασκευασμένες σε υγρότοπους καταλαμβάνουν έκταση σχεδόν 9 km^2 έχοντας καταστρέψει τουλάχιστον 4 km^2 υγροτοπικών εκτάσεων.

Η Αλυκή Νάξου κατακερματισμένη από το αεροδρόμιο του νησιού

μπορούν να παίξουν άλλα οικοσυστήματα όπως τα θαλάσσια λιβάδια, οι ύφαλοι και οι παράκτιοι υγροτοπικοί και αμμοθινικοί σχηματισμοί. Τελικά οι ενδεδειγμένες φυσικές λύσεις για τον παράκτιο χώρο στις μεσογειακές περιοχές συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Προστασία και αποκατάσταση θαλάσσιων λιβαδιών
- Προστασία και αποκατάσταση παράκτιων υγροτοπικών συστημάτων
- Προστασία και αποκατάσταση αμμοθινικών συστημάτων και παραλιών
- Διαχείριση των θημώνων Ποσειδωνίας

Στη βιβλιογραφία προτείνονται και υβριδικές λύσεις, οι οποίες είναι εμπνευσμένες από τον τρόπο που δομούνται και λειτουργούν τα οικοσυστήματα και μπορούν να δράσουν προστατευτικά για την παράκτια ζώνη, όπως οι τεχνητοί ύφαλοι, ωστόσο δεν θα γίνει περαιτέρω αναφορά σε αυτές τις δομές.

Λαμβάνοντας υπόψη το πόσο σύνθετος είναι ο παράκτιος χώρος, κυρίως λόγω της παρουσίας του ανθρώπου και την οικονομική σημασία του, γίνεται αντιληπτό ότι η εξεύρεση χώρου για την προώθηση των NbS πολλές φορές φαντάζει μη εφικτή. Ωστόσο οι λύσεις αυτές θα πρέπει να εξετάζονται, έστω και σε συνδυασμό με άλλες γκρίζες λύσεις μιας και έχει αναφερθεί ότι ο συνδυασμός τους μπορεί να είναι ευεργετικός και για την διάρκεια ζωής των κατασκευαστικών έργων αλλά και για τις μειωμένες επιπτώσεις που μπορεί να έχουν.

Προστασία και αποκατάσταση θαλάσσιων λιβαδιών

Τα θαλάσσια λιβάδια αποτελούνται από ανώτερα φυτά (και όχι φύκη) τα οποία αναπτύσσονται στο ίζημα μέσω ενός δικτύου ριζών και ριζωμάτων μεγάλης πυκνότητας και τα οποία απαντώνται σε ρηχά νερά (μέχρι το βάθος των 45 μέτρων). Στη Μεσόγειο ο κύριος εκπρόσωπος είναι τα λιβάδια Ποσειδωνίας (*Posidonia oceanica*), τα οποία καταλαμβάνουν περισσότερα από 2 εκατομμύρια εκτάρια της μεσογειακή ακτογραμμής, χωρίς ωστόσο να είναι το μοναδικό είδος (*Zostera marina, Zostera noltii, Cymodocea nodosa)*. Στην Ελλάδα, τα λιβάδια Ποσειδωνίας καλύπτουν το 70% της ακτογραμμής.

Τα λιβάδια Ποσειδωνίας προσφέρουν σημαντικές οικοσυστημικές υπηρεσίες αποτελώντας σημαντικές λύσεις που βασίζονται στη φύση. Ενδεικτικά απορροφούν την ενέργεια των κυμάτων και προστατεύουν τις ακτές από την διάβρωση, αποτελούν φυσικό φράγμα για την ακτογραμμή, μειώνουν τη θολερότητα του νερού και ανακυκλώνουν τις θρεπτικές ουσίες, ενισχύουν τη βιοποικιλότητα και λειτουργούν ως αποθήκες ή αλλιώς καταβόθρες άνθρακα.

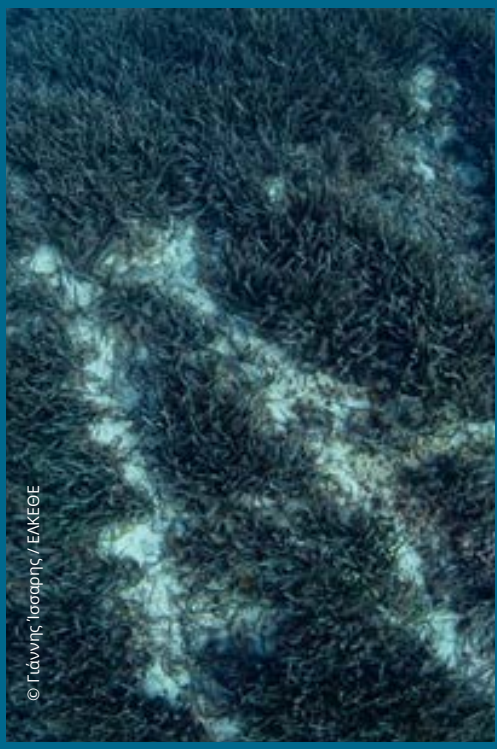
Η συνεισφορά των θαλάσσιων λιβαδιών στην εξασθένιση της κυματικής ενέργειας, την μείωση των θαλάσσιων ρευμάτων και την σταθεροποίηση των ιζημάτων έχει μελετηθεί επαρκώς. Στην περίπτωση των θαλάσσιων ρευμάτων και του κυματισμού, η ενέργειά τους απορροφάται μέσα από την κίνηση και την τριβή του φυλλώματος των λιβαδιών και τελικά η ταχύτητα αποσβένεται. Αυτή η εξασθένιση της κυματικής ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του ρίσκου για έντονα πλημμυρικά φαινόμενα στην ακτογραμμή καθώς και τη συσσώρευση ιζημάτων ανάμεσα στα θαλάσσια λιβάδια και τελικά την σταθεροποίηση της παράκτιας ζώνης.

Η ικανότητα των θαλάσσιων λιβαδιών να μειώνουν την κυματική ενέργεια εξαρτάται από την υγεία του οικοσυστήματος και τα χαρακτηριστικά των φυτών. Η έκταση του λιβαδιού και η εγγύτητα του στην ακτογραμμή, το ύψος και η πυκνότητα του φυλλώματος είναι μερικά από τα χαρακτηριστικά από τα οποία εξαρτάται η ικανότητα τους να απορροφούν την ενέργεια του κυματισμού. Ωστόσο τα θαλάσσια λιβάδια αντιμετωπίζουν σημαντικές απειλές και η ανθρώπινη δραστηριότητα των τελευταίων 50 ετών ευθύνεται για τη μείωση της έκτασης των λιβαδιών Ποσειδωνίας στη Μεσόγειο τουλάχιστον κατά το ένα τρίτο. Μια από τις κυριότερες απειλές για τα θαλάσσια λιβάδια, ειδικά σε τουριστικές περιοχές, είναι η ανεξέλεγκτη αγκυροβολία σκαφών. Άλλες απειλές είναι η θέρμανση των θαλασσών, η ρύπανση, η παράκτια ανάπτυξη και οι ανθρωπογενείς αλλαγές της ακτογραμμής (παράκτια και λιμενικά έργα), η εγκατάσταση και λειτουργία υδατοκαλλιεργειών, η χρήση συρόμενων αλιευτικών εργαλείων και η εξάπλωση εισβολικών ειδών όπως τα ξενικά τροπικά φύκη *Caulerpa racemosa* και *Caulerpa taxifolia* που συχνά καταλαμβάνουν τη θέση τους όταν ένα λιβάδι καταστρέφεται.

Οι λύσεις που προτείνονται βασίζονται στην ανάληψη δράσεων περιορισμού των παραγόντων που απειλούν τα θαλάσσια λιβάδια και η

Η καταστροφή θαλάσσιων λιβαδιών Ποσειδωνίας από την αγκυροβολία σκαφών

Μια από τις σημαντικότερες απειλές για τα θαλάσσια λιβάδια, αποτελεί η ανεξέλεγκτη αγκυροβολία σκαφών. Οι άγκυρες και οι αλυσίδες των σκαφών σε περιοχές με θαλάσσια λιβάδια, καταστρέφουν μεγάλες εκτάσεις τους, όπως μαρτυρούν τα εναπομείναντα νεκρά ριζώματα. Ο πολύ αργός ρυθμός αύξησης και φυσικής αποκατάστασης της Ποσειδωνίας θέτει εν αμφιβόλω τη φυσική δυνατότητα του λιβαδιού να ανακάμψει, ιδιαίτερα όσο η πίεση της αγκυροβολίας παραμένει ενεργή. Μάλιστα, η καταστροφή ενός και μόνο τετραγωνικού μέτρου λιβαδιού, απαιτεί αρκετές δεκαετίες για να αποκατασταθεί με φυσικό τρόπο. Για να αντιμετωπιστεί αυτή η απειλή αποτελεσματικά, πέρα από νέες νομοθετικές παρεμβάσεις για τη ρύθμιση της αγκυροβολίας σε θαλάσσια λιβάδια, ευρεία εφαρμογή βρίσκει τα τελευταία χρόνια η εγκατάσταση και χρήση κατάλληλα διαμορφωμένων φιλικών προς το περιβάλλον ναυδέτων (eco-moorings), δηλαδή σταθερές κατασκευές που δεν καταστρέφουν τα λιβάδια για την αγκυροβολία σκαφών .



Αυλακώσεις/διάκενα λιβαδιού Ποσειδωνίας που έχουν προκληθεί από άγκυρα

περαιτέρω προστασία τους ή ακόμα και την αποκατάστασή τους. Αυτές μπορεί να αφορούν σε παθητική αποκατάσταση (passive restoration) και ενέργειες όπως την εγκατάσταση οικολογικών αγκυροβολίων -φιλικών προς την Ποσειδωνία- για σκάφη αναψυχής, τον αυστηρό έλεγχο των μηχανότρατων, ή δράσεις ενεργητικής αποκατάστασης (active restoration) όπως η μεταφύτευση. Τέλος, αρκετά προγράμματα αποκατάστασης θαλάσσιων λιβαδιών έχουν υλοποιηθεί, κυρίως σε μικρή κλίμακα, ωστόσο η ενεργητική αποκατάσταση είναι μεγάλη πρόκληση μιας και η επιτυχία τέτοιων δράσεων δεν είναι δεδομένη για διάφορους λόγους.

Προστασία και αποκατάσταση παράκτιων υγροτοπικών συστημάτων

Οι παράκτιοι υγρότοποι περιλαμβάνουν τα λιμνία γλυκού, υφάλμυρου ή αλμυρού νερού, τα υγρά λιβάδια, τους αλμυρόβαλτους και τις εκβολές των ποταμών και των ρεμάτων. Η μόνιμη παρουσία νερού δεν είναι επιβεβλημένη για να χαρακτηριστεί μια περιοχή ως υγροτοπική, όπως περιγράφεται στο θεσμικό πλαίσιο (άρθρο 13, ν. 3937, ΦΕΚ 60/Α/2011).

Η αξία των παράκτιων υγροτοπικών συστημάτων στην προστασία του παράκτιου χώρου έχει μελετηθεί επαρκώς από την επιστημονική κοινότητα. Οι παράκτιοι υγρότοποι μπορούν να μειώσουν τα πλημμυρικά φαινόμενα και την διάβρωση με ποικίλους τρόπους:

- Απορροφούν την ενέργεια των κυμάτων. Οι ελεύθερες επιφάνειες και η υγροτοπική βλάστηση αυξάνουν την αντίσταση τριβής στην κίνηση του νερού, απορροφώντας έτσι την ένταση των κυμάτων. Ιδιαίτερα σε έντονα καιρικά φαινόμενα (παράκτιες καταιγίδες και ισχυροί άνεμοι), μειώνουν τη ροή του νερού λόγω της σύνθετης τοπογραφίας και της δομής της βλάστησης περιορίζοντας έτσι το ύψος και την ένταση του κυματισμού και προστατεύοντας τις παράκτιες κοινότητες από τις πλημμύρες.
- Λειτουργούν ως «δεξαμενές» αποθήκευσης νερού. Οι παράκτιοι υγρότοποι χρησιμεύουν ως φυσικοί ταμιευτήρες που αποθηκεύουν προσωρινά την περίσσεια νερού κατά τη διάρκεια της παλίρροιας, των έντονων βροχοπτώσεων και των καταιγίδων. Ο πλημμυρισμός των υγροτοπικών εκτάσεων κατά τη διάρκεια ακραίων καιρικών φαινομένων συμβάλλει στη μείωση των επιπέδων αιχμής των πλημμυρών και κατά συνέπεια στον μετριασμό του κινδύνου πλημμύρας σε παρακείμενες παράκτιες και εσωτερικές περιοχές.
- Συγκρατούν τις φερτές ύλες και περιορίζουν τη διάβρωση. Οι παράκτιοι υγρότοποι παγιδεύουν τα ιζήματα που μεταφέρονται από παλίρροιες, τον αέρα και τον κυματισμό, συνδράμοντας έτσι στην προστασία από τη διάβρωση. Η βλάστηση και τα ριζικά συστήματα των των υγροτοπικών φυτών συνδέουν τα ιζήματα μεταξύ τους, ενισχύουν τη δομή του εδάφους και μειώνουν τη διάβρωση των ακτών, ενισχύοντας την ανθεκτικότητα των ακτών στις πλημμύρες και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας.
- Συνδέουν τα πλημμυρικά πεδία. Οι παράκτιοι υγρότοποι συνδέουν τα ποτάμια, τις εκβολές τους και τη θάλασσα επιτρέποντας τις πλημμύρες να εξαπλωθούν σε μεγαλύτερη περιοχή. Αυτή η φυσική σύνδεση των πλημμυρικών πεδίων βοηθάει στη ρύθμιση της ροής του νερού και στην μείωση της ταχύτητάς τους και τελικά στην πρόληψη των πλημμυρών.

Οι λύσεις που βασίζονται στη φύση για την μείωση του πλημμυρικού κινδύνου στον παράκτιο χώρο περιλαμβάνουν την θεσμική προστασία, τη διαχείριση και την αποκατάσταση των υγροτοπικών συστημάτων. Ιδιαίτερα για την αποκατάσταση (ή την δημιουργία νέων), η ανάγκη αυτή είναι μεγάλη, με δεδομένο ότι η ολοένα και μεγαλύτερη ένταση των κλιματικών φαινομένων αναδεικνύει το κακό ή ανύπαρκτο χωροταξικό σχεδιασμό και οι πλημμύρες θα είναι συχνότερες και με μεγαλύτερο κόστος για τις τοπικές κοινωνίες. Τέλος, όσο αφορά το θεσμικό καθεστώς, οι μικροί φυσικοί νησιωτικοί υγρότοποι της χώρας προστατεύονται από το Προεδρικό Διάταγμα «Έγκριση καταλόγου μικρών νησιωτικών υγροτόπων και καθορισμός όρων και περιορισμών για την προστασία και ανάδειξη των μικρών παράκτιων υγροτόπων που περιλαμβάνονται σε αυτόν» (ΦΕΚ ΑΑΠ 229/19.06.2012)», ωστόσο στην ηπειρωτική Ελλάδα υπάρχει θεσμικό κενό, ιδιαίτερα για τα υγροτοπικά συστήματα που δεν εντάσσονται στο δίκτυο Natura.

Προστασία και αποκατάσταση αμμοθινικών συστημάτων

Τα αμμοθινικά συστήματα παίζουν καθοριστικό ρόλο στην προστασία των παράκτιων περιοχών από πλημμύρες και διάβρωση. Οι αμμοθίνες λειτουργούν ως φυσικά εμπόδια που απορροφούν την ενέργεια των κυμάτων, εμποδίζοντάς τα έτσι να φτάσουν στο εσωτερικό και να προκαλέσουν πλημμυρικά φαινόμενα. Η λειτουργία αυτή φαίνεται εντονότερα κατά τη διάρκεια παράκτιων καταιγίδων και ισχυρών ανέμων, όπου οι θίνες παρέχουν προστασία μειώνοντας τις επιπτώσεις στις παράκτιες κοινότητες. Παράλληλα, οι αμμοθίνες παγιδεύουν την άμμο που μεταφέρεται από τον άνεμο και τα κύματα συντηρώντας το παράκτιο σύστημα και ενισχύοντας τη δομή τους με αποτέλεσμα να σταθεροποιείται η ακτογραμμή και να περιορίζε-

Υγροτοπικό σύστημα στον «Κουρεμένο» Σητείας που καταστράφηκε λόγω της δόμησης παραθεριστικών κατοικιών

ται η διάβρωση.

Παρά τα αποδεδειγμένα οφέλη που παρέχουν οι αμμοθίνες, οι ανθρώπινες δραστηριότητες στον παράκτιο χώρο έχουν υποβαθμίσει και σε πολλές περιπτώσεις εξαφανίσει αυτά τα συστήματα. Η αστικοποίηση του παράκτιου χώρου, κυρίως για τουριστικές υποδομές, οι δραστηριότητες αναψυχής και οι παράνομες αμμοληψίες είναι μερικές από αυτές τις δραστηριότητες που ασκούν σημαντικές πιέσεις σε αυτά τα οικοσυστήματα, ενώ και η κατασκευή μεγάλων φραγμάτων στα ποτάμια μπορεί να αλλάξει δραματικά τις ισορροπίες στον παράκτιο χώρο. Είναι ενδεικτικό ότι η κατασκευή των μεγάλων υδροηλεκτρικών φραγμάτων στο Νέστο έχει επιφέρει μείωση των ιζημάτων κατά 83%, οδηγώντας σε διάβρωση της ακτογραμμής. Στα παραπάνω έρχονται να προστεθούν τα έντονα κλιματικά φαινόμενα που μπορεί να αυξήσουν την διάβρωση στον παράκτιο χώρο, μειώνοντας περαιτέρω την ανθεκτικότητα αυτών των συστημάτων.

Η θεσμική προστασία των αμμοθινικών συστημάτων και ο περιορισμός των ανθρώπινων δραστηριοτήτων είναι τα απαραίτητα στάδια για την αποτροπή της υποβάθμισής τους, ενώ η αποκατάστασή τους μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της φυσικής αναγέννησης της ιθαγενούς βλάστησης ή δράσεων φύτευσης, είτε με την κατασκευή ανεμοφρακτών ώστε

Πλήρως ανεπτυγμένο αμμοθινικό σύστημα στη Λήμνο

να εμποδίζεται η διάβρωση και να αυξάνεται η συσσώρευση άμμου.

Διαχείριση των θημώνων Ποσειδωνίας στις παραλίες

Τα θαλάσσια λιβάδια και ιδιαίτερα τα λιβάδια Ποσειδωνίας παίζουν σημαντικό ρόλο στην μείωση της ενέργειας του κυματισμού και κατά συνέπεια στην προστασία των ακτών από τη διάβρωση, ωστόσο είναι σημαντικά και για ένα ακόμα ρόλο. Όταν τα φύλλα της Ποσειδωνίας πέσουν, μεταφέρονται με τον κυματισμό στη στεριά και αποτίθενται σε μεγάλες ποσότητες στις αμμώδεις παραλίες δημιουργώντας ένα προστατευτικό φράγμα που περιορίζει την διάβρωση των ακτών. Επιπλέον οι θημώνες Ποσειδωνίας συμβάλλουν στον σχηματισμό αμμοθινών, σταθεροποιούν την ακτή και παρέχουν θρεπτικά συστατικά για τα ενδημικά φυτά.

Δυστυχώς, με την έναρξη της καλοκαιρινής περιόδου, οι αποθέσεις των θημώνων Ποσειδωνίας συχνά απομακρύνονται με μηχανικό καθαρισμό από τις δημοτικές αρχές με στόχο τον εξωραϊσμό των παραλιών, παραβλέποντας την τεράστια συμβολή τους στην προστασία των παράκτιων οικοσυστημάτων.

Οι θημώνες Ποσειδωνίας (*Posidonia oceanica*) ως ασπίδες προστασίας των Μεσογειακών ακτών

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Adamo, N., Al-Ansari, N., Sissakian, V., & Laue, J., & Knutsson, S. (2020). Dam Safety: General Considerations. Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering, Vol.10, No.6, 2020, 1-21. Available at: https://www.researchgate.net/publication/342270305_Dam_Safety_General_Considerations

Andredaki, Manolia & Georgoulas, Anastasios & Hrissanthou, Vlassios & Kotsovinos, Nikolaos. (2014). Assessment of reservoir sedimentation effect on coastal erosion in the case of Nestos River, Greece. International Journal of Sediment Research. 29. 34–48. 10.1016/S1001-6279(14)60020-2. Available at: https://www.researchgate.net/publication/261371724_Assessment_of_reservoir_sedimentation_effect_on_coastal_erosion_in_the_case_of_Nestos_River_Greece

Baffert, C., & Casey, C. (2024). Rivers2Restor. How restored rivers strengthen our resilience to climate change. WWF European Policy Office. Available at: https://www.wwf.eu/?14185866/Rivers2Restore-identifies-key-river-restoration-projects-that-could-lessen-the-impact-of-floods--droughts

Bridges, T. S., J. K. King, J. D. Simm, M. W. Beck, G. Collins, Q. Lodder, and R. K. Mohan, eds. 2021. International Guidelines on Natural and Nature-Based Features for Flood Risk Management. Vicksburg, MS: U.S. Army Engineer Research and Development Center. Available at: https://ewn.erdc.dren.mil/international-guidelines-on-natural-and-nature-based-features-for-flood-risk-management/

Browder, G., Ozment, S., Rehberger Bescos, I., Gartner., T., and Lange, G.M. (2019). Integrating green and gray: creating next generation infrastructure. World Bank Group & World Resources Institute. Available at: https://www.wri.org/research/integrating-green-and-gray-creating-next-generation-infrastructure

Centre for Research on the Epidemiology of Disasters & United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2020). The human cost of disasters: an overview of the last 20 years (2000-2019). 30pp. Available at: https://www.undrr.org/publication/human-cost-disasters-overview-last-20-years-2000-2019

Coastal erosion assessment along the Nestos River Delta shoreline: The impact of river damming and climate change. PONTOS. Copernicus assisted environmental monitoring across the Black Sea Basin. (2022, January 18). https://pontos-eu.aua.am/coastal-erosion-assessment-along-the-nestos-river-delta-shoreline-the-impact-of-river-damming-and-climate-change/

Diakakis, M., Deligiannakis, G., and Mavroulis, S. (2012). Floods in Greece, a statistical and spatial approach. Natural Hazards. 62. 10.1007/s11069-012-0090-z. Available at: https://www.researchgate.net/publication/256717979_Floods_in_Greece_a_statistical_and_spatial_approach

EEA report No 1 (2016). Flood risks and environmental vulnerability. Exploring the synergies between floodplain restoration, water policies and thematic policies. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Available at: https://www.eea.europa.eu/publications/flood-risks-and-environmental-vulnerability

EEA report No 24 (2019). Floodplains: a natural system to preserve and restore. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Available at: https://www.eea.europa.eu/publications/floodplains-a-natural-system-to-preserve-and-restore

EEA Technical report No 12 (2015). Exploring nature-based solutions. The role of green infrastructure in mitigating the impacts of weather- and climate change-related natural hazards. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Available at: https://www.eea.europa.eu/publications/exploring-nature-based-solutions-2014

EEA Technical report No 13 (2010). Mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe. An overview of the last decade. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Available at: https://www.eea.europa.eu/publications/mapping-the-impacts-of-natural

Eisenberg, B., and Polcher, V. (2019). Nature Based Solutions - Technical Handbook. Version February 2019. UNaLab. Available at: https://www.researchgate.net/publication/332230725_Nature_Based_Solutions_-Technical_Handbook

Factsheets of Sustainable agriculture and soil conservation' (SoCo) project (2009). Available at: https://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/soco-factsheets

Farada, D. (2023). Heavy precipitation in Mediterranean Depression Daniel mostly strengthened by human-driven climate change. Climameter, accessed 25 October 2024, https://www.climameter.org/2023096-mediterranean-depression-daniel?fbclid=IwAR0yG_wVD2lOTGFEoc5mlDHcUm-cRE-1B2uXL-C6XyPWJC8cxuuwx5O-pSXV0

García, Carmelo & Lenzi, Mario. (2013). Check dams, morphological adjustments and erosion control in torrential streams. Check Dams, Morphological Adjustments and Erosion Control in Torrential Streams. 1-339.

Geijzendorffer, I.R., Chazee L., Gaget E., Galewski T., Guelmami A., and Perennou C. (2018). Mediterranean wetland outlook 2: solutions for sustainable Mediterranean wetlands. Available at: https://medwet.org/publications/med-wetlands-outlook-2-2018/

Hondsbossche Dunes, the Netherlands. Valuing the benefits of nature-based coastal protection: the example of sand dunes. Article by the International Institute for Sustainable Development. Available at: https://nbi.iisd.org/hondsbosscche-dunes/

How Sand Dunes Protect Us. Public campaign by Climate Action Regional Offices of Ireland. Videos available at: https://www.youtube.com/playlist?list=PL3jT4DFG_I3NNRNZ-Rmq-IETUCtS8UhE4Q

Interplay of climate change-exacerbated rainfall, exposure and vulnerability led to widespread impacts in the Mediterranean region (2023). Accessed 25 October 2024, https://www.worldweatherattribution.org/interplay-of-climate-change-exacerbated-rainfall-exposure-and-vulnerability-led-to-widespread-impacts-in-the-mediterranean-region

IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647. Available at: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/

Jurík J., Giannakakis T., Lopez Gunn, E., Baltas, E., Vion-Loisel A., Tremolet S., Skurtis T., (2022). Addressing riverine flooding with Nature-based Solutions in the Thessaly Region,

Greece. Global Infrastructure Basel Foundation (GIB) & World Wildlife Fund Greece (WWF Greece). Available at: https://www.wwf.gr/en/knowledge_hub/library/?6661391/Addressing-riverine-flooding-with-nature-based-solutions-in-the-thessaly-region-Greece

Lange, M.A. (2020). Climate Change in the Mediterranean: Environmental Impacts and Extreme Events. In IEMed. Mediterranean Yearbook 2020. Available at: https://www.iemed.org/publication/climate-change-in-the-mediterranean-environmental-impacts-and-extreme-events/

Markus-Michalczyk, H. & Michalczyk, M. Floodplain Forest Restoration as a Nature-Based Solution to Create Climate-Resilient Communities in European Lowland Estuaries. Water 2023, 15, 440. Available at: https://www.mdpi.com/2073-4441/15/3/440

Naumann, Sandra, McKenna Davis, Timo Kaphengst, Mav Pieterse and Matt Rayment (2011). Design, implementation and cost elements of Green Infrastructure projects. Final report to the European Commission, DG Environment, Contract no. 070307/2010/577182/ETU/F.1, Ecologic institute and GHK Consulting. Available at: https://www.ecologic.eu/11382

Office International de l'Eau, ed. Natural Water Retention Measures (NWRM). https://www.nwrm.eu. Published 2013. Accessed October 25, 2024.

Otero, M. M., Simeone, S., Lindqvist, E., Agaoglou, C., Palombo, L., Hadjiouannou, L., Savvides, P., Petrou, N. 2022. A manual for conserving Mediterranean beaches with Posidonia oceanica and assessing progress of management actions. POSBEMED2 Interreg Med Project. 106 pages + Annexes. Available at: https://posbemed2.interreg-med.eu/what-we-achieve/deliverables-database/detail/?tx_elibrary_pi1[livrable]=15994&tx_elibrary_pi1[action]=show&tx_elibrary_pi1[controller]=Frontend\Livrable&cHash=6b8509829b8baf3fd13044e7af19f9a3

Perricone, V., Mutalipassi, M., Mele, A., Buono, M., Vicinanza, D., & Contestabile, P. (2023). Nature-based and bioinspired solutions for coastal protection: an overview among key ecosystems and a promising pathway for new functional and sustainable designs. ICES Journal of Marine Science. Available at: https://academic.oup.com/icesjms/article/80/5/1218/7181089

Pollard, J., Spencer, T., & Brooks, S. (2019). The interactive relationship between coastal erosion and flood risk. Progress in Physical Geography: Earth and Environment, 43(4), 574-585. Available at: https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0309133318794498

Rahman A. Three common types of floods explained. Zurich Insurance. https://www.zurich.com/knowledge/topics/flood-and-water-damage/three-common-types-of-flood. Published April 25, 2024.

Ramsar Convention on Wetlands. (2018). Global Wetland Outlook: State of the World's Wetlands and their Services to People. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat. Available at: https://www.global-wetland-outlook.ramsar.org/gwo-2018

Ritchie, H., and Rosado, P. (2022) - "Natural Disasters". Data adapted from EM-DAT, CRED / UCLouvain. Retrieved from https://ourworldindata.org/grapher/number-of-natural-disaster-events [online resource]

UNEP, UNEP-DHI Partnership - Centre on Water and Environment, IUCN & TNC (2014). Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects. Available at: https://portals.iucn.org/library/node/44769

United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan and Plan Bleu (2020). State of the Environment and Development in the Mediterranean. Nairobi. Available at: https://planbleu.org/en/soed-2020-state-of-environment-and-development-in-mediterranean/

USGCRP, 2017: Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I [Wuebbles, D.J., D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart, and T.K. Maycock (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 470 pp. Available at: https://science2017.globalchange.gov/

Vardakoulias, O. (2020). Blueprint for a green recovery in Greece. WWF Greece. 67pp. Available at: https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/wwf_greece_green_recovery_report_eng.pdf

World Economic Forum. (2022). Transforming Food Systems with Farmers: A Pathway for the EU. Insight paper. Available at: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Transforming_Food_Systems_with_Farmers_A_Pathway_for_the_EU_2022.pdf

Γιαννακάκης, Θ. (2020). Θεσσαλία: Τι πραγματικά συνέβη στις πλημμύρες του Σεπτεμβρίου. WWF Ελλάς. Ανάκτηση στις 25 Οκτωβρίου 2024, https://www.wwf.gr/ta_nea_mas/?uNewsID=1141891

Γιαννακάκης, Θ. (2020). Πώς θα μπορούσαν να είχαν αποφευχθεί οι καταστροφές στην Κρήτη; WWF Ελλάς. Ανάκτηση στις 25 Οκτωβρίου 2024, https://www.wwf.gr/ta_nea_mas/?uNewsID=1092491

Γιαννακάκης, Θ. (2022). Καταστροφικές πλημμύρες στην Κρήτη: Στο ίδιο έργο θεατές. WWF Ελλάς. Ανάκτηση στις 25 Οκτωβρίου 2024, https://www.wwf.gr/?uNewsID=7942941

Γιαννακάκης, Θ. (2023). Θεσσαλία: η επόμενη μέρα. WWF Ελλάς. Ανάκτηση στις 25 Οκτωβρίου 2024, https://www.wwf.gr/ta_nea_mas/?11818466

Γιαννακάκης, Θ. (2023). Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας. Μια ματιά στην ουσία του πράγματος. WWF Ελλάς. Ανάκτηση στις 25 Οκτωβρίου 2024, https://www.wwf.gr/ta_nea_mas/?uNewsID=11772391

Θεοδοσόπουλος, Δ. (2020). Κατάρρευση του Κέντρου Υγείας Μουζακίου Καρδίτσας. Τι ή ποιος έφταιξε; Γεωμυθική. Ανάκτηση στις 25 Οκτωβρίου 2024, https://geomythiki.blogspot.com/2020/09/blog-post.html

Καρδαμάκη Α., Δ. Πουρσανίδης, Θ. Γιαννακάκης και Κ. Παραγκαμιάν. 2010. Αεροδρόμια και υγρότοποι στα νησιά της Ελλάδας. 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οικολογίας: «Οικολογικές διεργασίες στο χώρο και το χρόνο». Πάτρα, 7-10 Οκτωβρίου 2010. Available at: http://www.oikoskopio.gr/ygrotopio/download_files/epistnmovikes_ergasies/el_GR/Kardamaki%20et%20al_et%20al_2010_5th_HES_AirportsWetlands%CE%85%CE%B5%CE%B2.jpg

Λέκκας, Ε., Αναστασάκης, Γ.,Αντωναράκου, Α., Βασιλάκη, Ε., Κοντακιώτης, Γ., Κονσολάκη, Α., Κώτση, Ε. & Ερμέκη, Α. (2023). Αποτίμηση Όγκου Ιζημάτων (Φερτών Υλικών) και Διερεύνηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του Κυκλώνα Ιανού στη Λίμνη Πλαστήρα. Εφαρμοσμένο ερευνητικό πρόγραμμα. Τελική αναφορά. Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, ΕΚΠΑ, Περιφέρεια Θεσσαλίας.

Εργαζόμαστε για τη διατήρηση
του φυσικού πλούτου του πλανήτη
προς όφελος των ανθρώπων
και της άγριας ζωής

μαζί μπορούμε . wwf.gr

WWF® and ©1986 Panda Symbol are owned by WWF. All rights reserved.

WWF Ελλάς, Χαριλάου Τρικούπη 119-121, Αθήνα 114 73, Ελλάδα.

τηλ.: 210 3314893