



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου

«Διαχείριση Φυσικών και Ανθρωπογενών Καταστροφών»



**Κλιματική Αλλαγή και Αντιπλημμυρική Προστασία:
Η περίπτωση της Ολλανδίας**

Διπλωματική εργασία της Σταυρούλας Ζούνη

Αθήνα, Φεβρουάριος 2012

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου

Κατεύθυνση: Διαχείριση Φυσικών και Ανθρωπογενών Καταστροφών

**Κλιματική Αλλαγή και Αντιπλημμυρική Προστασία:
Η περίπτωση της Ολλανδίας**

Διπλωματική εργασία της Σταυρούλας Ζούνη

Επιβλέπων καθηγητής: Ευθύμιος Καρύμπαλης

Αθήνα, Φεβρουάριος 2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	5
Περίληψη εργασίας.....	6
Abstract.....	7

Θεωρητική προσέγγιση:

Κεφάλαιο 1. Κλίμα και Κλιματική Αλλαγή.....	8
1.1 Τοπικό κλίμα.....	8
1.2 Παγκόσμιο κλίμα.....	8
1.3 Κλιματική αλλαγή και φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	12
1.4 Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.....	14
1.5 Λύσεις για την αποτροπή της κλιματικής αλλαγής.....	17

Κεφάλαιο 2. Πλημμύρες.....	22
2.1 Πλημμύρες.....	22
2.2 Αίτια των πλημμυρών.....	22
2.3 Επιπτώσεις των πλημμυρών.....	23
2.4 Πλημμυρικός κίνδυνος.....	25
2.5 Προληπτική Αντιμετώπιση πλημμυρών.....	26
2.6 Αντιπλημμυρική Προστασία.....	27

Μελέτη Περίπτωσης:

Κεφάλαιο 3. Η περίπτωση της Ολλανδίας.....	29
3.1 Ολλανδία.....	29
3.1.1 Γεωγραφία και κλίμα.....	29
3.1.2 Δημογραφία.....	31
3.2 Ο πλημμυρικός κίνδυνος στην Ολλανδία.....	32

3.3	Η καθίζηση του εδάφους στην Ολλανδία.....	32
3.4	Ιστορικό πλημμύρων της Ολλανδίας.....	35
3.5	Η πλημμύρα της Βόρειας Θάλασσας το 1953.....	37
3.5.1	Το μετεωρολογικό υπόβαθρο της πλημμύρας του 1953.....	38
3.5.2	Τι προκάλεσε την μετεωρολογική παλίρροια.....	39
3.6	Αντιπλημμυρικά μέτρα πριν το 1953.....	43
3.7	Αντιπλημμυρικά μέτρα από το 1953 μέχρι σήμερα.....	45
3.7.1	Η Επιτροπή Δέλτα και το σχέδιο Δέλτα.....	45
3.8	Τα έργα Δέλτα.....	48
3.8.1	Τεχνικές κατασκευής.....	49
3.8.2	Προβλήματα κατά την κατασκευή και τροποποιήσεις.....	51
3.8.3	Τα φράγματα.....	53
3.9	Η σημασία των έργων Δέλτα.....	59
Κεφάλαιο 4. Αξιολόγηση.....		61
4.1	Αποτελεσματικότητα του αντιπλημμυρικού συστήματος.....	61
4.2	Κλιματική Αλλαγή και το μέλλον της Ολλανδίας.....	62
4.3	Εναλλακτικοί τρόποι αντιπλημμυρικής προστασίας.....	66
Κεφάλαιο 5. Συμπεράσματα - Προτάσεις.....		72
Βιβλιογραφία.....		76

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία με τίτλο «Κλιματική Αλλαγή και Αντιπλημμυρική προστασία: Η περίπτωση της Ολλανδίας» έρχεται να ολοκληρώσει την διετή φοίτησή μου στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο και συγκεκριμένα στο Μεταπτυχιακό πρόγραμμα «Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του χώρου» στην κατεύθυνση «Διαχείριση Φυσικών και Ανθρωπογενών Καταστροφών».

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κ. Ευθύμιο Καρύμπαλη, επίκουρο καθηγητή του τμήματος Γεωγραφίας του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου για τον χρόνο που διέθεσε και για την πολύτιμη βοήθειά του στην εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Περίληψη εργασίας

Στα πλαίσια της πτυχιακής αυτής εργασίας, αρχικά, μέσα από αναζήτηση της διεθνούς βιβλιογραφίας, θα επιχειρηθεί μια θεωρητική προσέγγιση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής δίνοντας τον ορισμό της και εστιάζοντας στους λόγους που την προκαλούν, τις επιπτώσεις της καθώς και τους δυνατούς τρόπους περιορισμού των αρνητικών συνεπειών. Στη συνέχεια, θα γίνει μια εκτεταμένη ανάλυση των πλημμυρικών φαινομένων ως μιας εκ των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής κάνοντας ιδιαίτερη αναφορά στα θέματα αντιπλημμυρικής προστασίας.

Ως παράδειγμα επιτυχούς αντιπλημμυρικής προστασίας και ορθής παράκτιας διαχείρισης θα δοθεί η περίπτωση της Ολλανδίας. Στη συνέχεια, αφού πρώτα αναφερθούν τα γεωγραφικά, δημογραφικά και κλιματικά χαρακτηριστικά της χώρας, η εργασία θα επικεντρωθεί στην ανάλυση του συστήματος αντιπλημμυρικής προστασίας που έχει υιοθετηθεί από τη χώρα αυτή, ξεκινώντας από τους λόγους για τους οποίους ο κίνδυνος πλημμυρικών φαινομένων είναι υπαρκτός στην Ολλανδία, δίνοντας ένα ιστορικό των πλημμυρών που έχουν πλήξει στο παρελθόν την χώρα (με κυριότερη την πλημμύρα της Βόρειας Θάλασσας το 1953 που είχε ως αποτέλεσμα να σκοτωθούν 2000 άνθρωποι), τους τρόπους πρόληψης και αντιμετώπισης που χρησιμοποιήθηκαν διαχρονικά φτάνοντας μέχρι τη σημερινή εποχή και τους σύγχρονους τρόπους που έχουν αναπτυχθεί σχετικά με τον έλεγχο και την αντιμετώπιση των πλημμυρικών φαινομένων.

Τελικός στόχος της εργασίας είναι να γίνει μια αξιολόγηση του αντιπλημμυρικού συστήματος που χρησιμοποιείται σήμερα στην Ολλανδία που θα οδηγήσει σε συμπεράσματα όσον αφορά την αποτελεσματικότητά του, τις ελλείψεις του και τις βελτιώσεις που μπορεί να δεχτεί.

Abstract

As part of this project, initially, through bibliographic research, we attempt a theoretical approach to the phenomenon of climate change by giving its definition and focusing on its causes, its effects and the possible ways to limit its negative consequences. Afterwards, a comprehensive analysis of floods is being given as one of the impacts of climate change with particular reference to flood protection.

As an example of a successful flood protection system we use the Netherlands. Then, after mentioning the geographical, climatic and demographic characteristics of the country, the project focuses on the analysis of the flood protection system that has been adopted by the country starting with why the Netherlands are a flood prone country as well as mentioning the biggest floods that have hit the country in the past. Moreover, there's reference to the ways the Dutch used in the past to protect themselves against floods while focusing more on the modern ways they have developed today to control and cope with floods.

Finally, the aim of this project is to make an assessment of the flood protection system currently used in the Netherlands which will lead to some conclusions regarding the effectiveness and deficiencies of that system and the improvement that it can accept.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Κλίμα και Κλιματική Αλλαγή

1.1 Τοπικό Κλίμα

Το κλίμα σε μια περιοχή ή αλλιώς τοπικό κλίμα, είναι ο μέσος καιρός της περιοχής αυτής για μια εκτεταμένη χρονική περίοδο (15 έως 20 ή και παραπάνω χρόνια).¹ Αντιπροσωπεύει, δηλαδή, την στατιστική έκφραση των ημερήσιων, μηνιαίων ή εποχιακών καιρικών φαινομένων σε μια εκτεταμένη περιοχή για μεγάλες χρονικές περιόδους.

Το κλίμα μιας περιοχής εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η ποσότητα του ηλιακού φωτός που δέχεται, το ύψος της πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και το πόσο κοντά βρίσκεται με την θάλασσα. Είναι γνωστό ότι ο ισημερινός λαμβάνει περισσότερο ηλιακό φως σε σχέση με τους πόλους που λαμβάνουν λιγότερο, γι' αυτό και η απόσταση από τον ισημερινό αποτελεί άλλον ένα παράγοντα από τον οποίο εξαρτάται το κλίμα μιας περιοχής.²

1.2 Παγκόσμιο κλίμα

Πέρα από το κλίμα μιας περιοχής, όμως, υπάρχει και το ευρύτερο κλίμα της Γης, το παγκόσμιο κλίμα, το οποίο είναι το κλίμα του πλανήτη στο σύνολό του αποτελούμενο από τον μέσο όρο των τοπικών κλιμάτων.

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες, τόσο φυσικοί όσο και ανθρωπογενείς, οι οποίοι προσδιορίζουν το κλίμα της γης. Κατά βάση, το κλίμα είναι το αποτέλεσμα της απορρόφησης και της αναδιανομής της ηλιακής ακτινοβολίας από το σύστημα ατμόσφαιρας-υδρόσφαιρας-γης. Η ηλιακή ακτινοβολία παρέχει την ενέργεια η οποία κινεί τα καιρικά φαινόμενα και διαμορφώνει το κλίμα. Περίπου το ένα τρίτο της ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται πίσω στο διάστημα ενώ το υπόλοιπο απορροφάται από τις διαφορετικές συνιστώσες του κλιματικού συστήματος: την ατμόσφαιρα, τους ωκεανούς, την ξηρά και τις διάφορες μορφές ζωής. Εκτός από

¹ http://www.windows2universe.org/earth/climate/cli_define.html

² Κατσαφάδος, Π., Μαυροματίδης, Η., *Αρχές Μετεωρολογίας- Κλιματολογίας*, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα 2010

την ανακλώμενη, μικρού μήκους κύματος, ηλιακή ακτινοβολία, η γη εκπέμπει υπέρυθρη ακτινοβολία προς το διάστημα.

Η λεπτή ισορροπία ανάμεσα στην εξερχόμενη ακτινοβολία και την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία προσδιορίζει το παγκόσμιο κλίμα. Οποιαδήποτε αλλαγή στους παράγοντες που επιδρούν τόσο στην εισερχόμενη όσο και την εξερχόμενη ακτινοβολία ή στον μηχανισμό αναδιανομής της ενέργειας οδηγούν σε αλλαγή του κλίματος.

Οι παράγοντες αυτοί συνοψίζονται παρακάτω:

- Ηλιακή ακτινοβολία

Οι μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στη γη, μπορεί να οφείλονται τόσο στην ηλιακή δραστηριότητα όσο και σε βραδείες μεταβολές της γεωμετρίας της τροχιάς της γης, συμπεριλαμβανομένων και των αλλαγών στην κλίση του άξονα της γης.

- Ατμοσφαιρική σύσταση

Η αλλαγή της σύστασης της ατμόσφαιρας οδηγεί σε αλλαγή του κλίματος κυρίως μέσα από δύο διαφορετικούς μηχανισμούς. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου οφείλεται στις εκπομπές κάποιων αερίων, όπως το διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο, τα οποία περιορίζουν τις απώλειες ακτινοβολίας προς το διάστημα. Αντίθετη είναι η δράση των αιωρούμενων σωματιδίων, τα οποία εκπέμπονται τόσο από φυσικές όσο και από ανθρωπογενείς πηγές και τα οποία αντανακλούν ή/και απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία. Χαρακτηριστικά μπορεί να αναφερθούν οι εκρήξεις ηφαιστείων, οι οποίες εκτοξεύουν μεγάλες ποσότητες αερίων και σωματιδίων στα υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Τα σωματίδια αυτά μπορεί να παραμείνουν εκεί για πολλά χρόνια οδηγώντας σε μια ψύξη της κατώτερης ατμόσφαιρας, ιδιαίτερα αισθητή στο ημισφαίριο στο οποίο έγινε η έκρηξη.

- Αλλαγές στις χρήσεις γης

Οι άνθρωποι αντικαθιστούν δάση με καλλιεργημένες εκτάσεις ή ακόμα βλάστηση με τσιμέντο ή ασφαλτο επηρεάζοντας τον τρόπο που η επιφάνεια της γης απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία και θερμαίνει την ατμόσφαιρα. Αυτές οι

επεμβάσεις επηρεάζουν επίσης τα υδρολογικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής και κατ' επέκταση και τις βροχοπτώσεις.³

Γενικά, το κλίμα της Γης επηρεάζεται από εσωτερικούς αλλά και εξωτερικούς παράγοντες. Πιο αναλυτικά τα εξωτερικά αίτια είναι:

- Διακυμάνσεις Milankovitch:

Η αστρονομική θεωρία των κλιματικών αλλαγών που ονομάζεται διαφορετικά «Θεωρία Milankovitch» αποτελεί την προσπάθεια να συσχετιστούν οι κλιματικές μεταβολές με τις μεταβαλλόμενες παραμέτρους της γήινης τροχιάς γύρω από τον ήλιο. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους η τροχιά της γης γύρω από τον ήλιο μπορεί να επηρεάσει τη λαμβανόμενη ακτινοβολία και κατά συνέπεια και το ίδιο το κλίμα. Αυτοί είναι: α) μεταβολές στην εκκεντρότητα, β) μεταβολές στην κλίση του άξονα της γης και γ) η μετάπτωση των ισημεριών.

- Ηλιακή δραστηριότητα:

Αλλαγές στο κλίμα κατά το παρελθόν έχουν συνδεθεί με τον κύκλο των ηλιακών κηλίδων. Ο Abbot μελετώντας τις τιμές της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας διαπίστωσε ένα σύνολο περιοδικοτήτων, με κύριο γνώρισμα ότι όλες αποτελούσαν υποπολλαπλάσια των 22.75 ετών. Το συνολικό μέγεθος των κύκλων φαίνεται να αυξάνεται αργά και στη συνέχεια να ελαττώνεται απότομα, με περίοδο περίπου 80-100 χρόνια. Η παρουσία των κηλίδων εκτιμάται από τους Kondratyev και Nikolsky ότι μεταβάλλει την τιμή της ηλιακής σταθεράς σε ποσοστό μικρότερο του 1%.

- Συγκρούσεις κομητών με τη γη και προσκρούσεις πολύ μεγάλων μετεωριτών:

Συγκρούσεις κομητών με τη γη καθώς και προσκρούσεις πολύ μεγάλων μετεωριτών έχουν χαρακτηριστεί ως αίτια κλιματικών διακυμάνσεων. Βέβαια τέτοιου είδους φαινόμενα δεν λαμβάνουν χώρα τακτικά, συνήθως συμβαίνουν κάθε 20 με 30 εκατομμύρια χρόνια ή και παραπάνω.

³ Μελάς, Δ., Ασωνίτης, Γ., Αμοιρίδης, Β., *Κλιματική Αλλαγή [Οδηγός Εκπαιδευτικών]*, ΥΕΠΘ, Αθήνα 2000, σελ. 6

Οι εσωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν και μπορούν να μεταβάλουν το κλίμα της Γης είναι:

- Αέρια του Θερμοκηπίου:

Η αύξηση της συγκέντρωσης των υδρατμών στην ατμόσφαιρα και του διοξειδίου του άνθρακα κυρίως λόγω της συνεχόμενης εκπομπής καυσαερίων στην ατμόσφαιρα, διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

- Τροποσφαιρικά αιωρήματα και σύννεφα:

Τα ηφαίστεια επηρεάζουν το κλίμα εκτοξεύοντας μεγάλες ποσότητες σωματιδίων και αερίων στην ατμόσφαιρα. Τα τροποσφαιρικά αιωρήματα που σχετίζονται ακόμη με τη βιομηχανική μόλυνση, την καύση ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο) και βιομάζας, ανάλογα με τη φύση τους και την κατανομή τους στην ατμόσφαιρα συμβάλλουν στη ψύξη ή θέρμανση του πλανήτη. Ακόμη μπορεί να ενεργούν ως επιπρόσθετοι πυρήνες συμπύκνωσης των νεφών προκαλώντας το σχηματισμό περισσότερων και μικρότερων σταγονιδίων □ συστατικών των νεφών και αυξάνοντας έτσι την ανακλαστικότητα των νεφών, ψύχοντας ταυτόχρονα τον πλανήτη.

- Στρατοσφαιρικό όζον:

Το όζον προστατεύει τη γη από την επικίνδυνη υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Ουσίες που απελευθερώνονται στη στρατόσφαιρα εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και που συμβάλλουν στην καταστροφή του όζοντος εντείνουν το πρόβλημα, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλουν στο ατμοσφαιρικό θερμοκήπιο και στη θέρμανση του πλανήτη.

- Μεταβολές στην επιφάνεια της γης:

Οι άνθρωποι με τις επεμβάσεις τους πάνω στον πλανήτη συμβάλλουν σε τοπικής κλίμακας αλλαγές της μορφής της επιφάνειας της γης. Σύνθετος συνδυασμός παραγόντων οδηγούν στην ερημοποίηση μεγάλου ποσοστού γης, όπως είναι για παράδειγμα η αποψίλωση των δασών, οι μεταβολές στη χρήση της γης και η πολεοδομική ανάπτυξη. Κάτι τέτοιο έχει ως συνέπεια να διαταράσσονται οι ισορροπίες στη φύση επηρεάζοντας το παγκόσμιο ή τοπικό κλίμα.

- Ηφαιστειακή και σεισμική δραστηριότητα⁴

Όταν τα ηφαίστεια εκρήγνυνται, εκπέμπουν ένα μίγμα αερίων και σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Μερικά από αυτά, όπως η τέφρα και το διοξείδιο του θείου, έχουν μια επίδραση ψύξης, αντανακλούν το ηλιακό φως μακριά από τη γη μειώνοντας την θερμοκρασία ενώ άλλα, όπως το CO₂, προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας συμβάλλοντας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.⁵

1.3 Κλιματική αλλαγή και Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Παρόλο που ο καιρός μπορεί να αλλάξει μέσα σε λίγες ώρες, οι αλλαγές στο κλίμα γίνονται σε πολύ μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Φαινόμενα όπως το Ελ Νίνιο συμβαίνουν σε διάστημα αρκετών χρόνων, διακυμάνσεις μικρής κλίμακας στο κλίμα συμβαίνουν σε διάστημα δεκαετιών ενώ μεγαλύτερες κλιματικές αλλαγές συμβαίνουν σε διάστημα εκατοντάδων ή και χιλιάδων χρόνων. Σήμερα, αναμφισβήτητα βρισκόμαστε σε μια φάση όπου το κλίμα της Γης αλλάζει. Η Γη θερμαίνεται πιο γρήγορα απ' ότι στο παρελθόν, σύμφωνα με τις επιστημονικές έρευνες, με αποτέλεσμα η μέση παγκόσμια θερμοκρασία της να έχει αυξηθεί. Σ' αυτό το γεγονός της υπερθέρμανσης της Γης έχει καθιερωθεί να γίνεται αναφορά με τον όρο κλιματική αλλαγή.⁶

Στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (UNFCCC), η κλιματική αλλαγή ορίστηκε ειδικότερα ως η μεταβολή στο κλίμα που οφείλεται άμεσα ή έμμεσα σε ανθρώπινες δραστηριότητες, διακρίνοντας τον όρο από την κλιματική μεταβλητότητα που έχει φυσικά αίτια.⁷

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου:

Σήμερα, πολλοί από μας έχουν δυστυχώς ταυτίσει το φαινόμενο του θερμοκηπίου με την κλιματική αλλαγή. Όμως, το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ένα φυσικό

⁴ <http://www.guardian.co.uk/environment/2011/feb/09/volcanoes-climate>

⁵ http://dmod.physics.auth.gr/klima_02.htm

⁶ http://www.windows2universe.org/earth/climate/cli_define.html

⁷ United Nations Framework Convention on Climate Change, United Nations, 1992, Αρ.1, παρ.3 (Από: Wikipedia.org)

φαινόμενο με ευεργετικά αποτελέσματα στο κλίμα της γης. Η απειλή προέρχεται από την υπερβολή του φαινομένου, η οποία οφείλεται στις ανθρωπογενείς εκπομπές ρύπων.

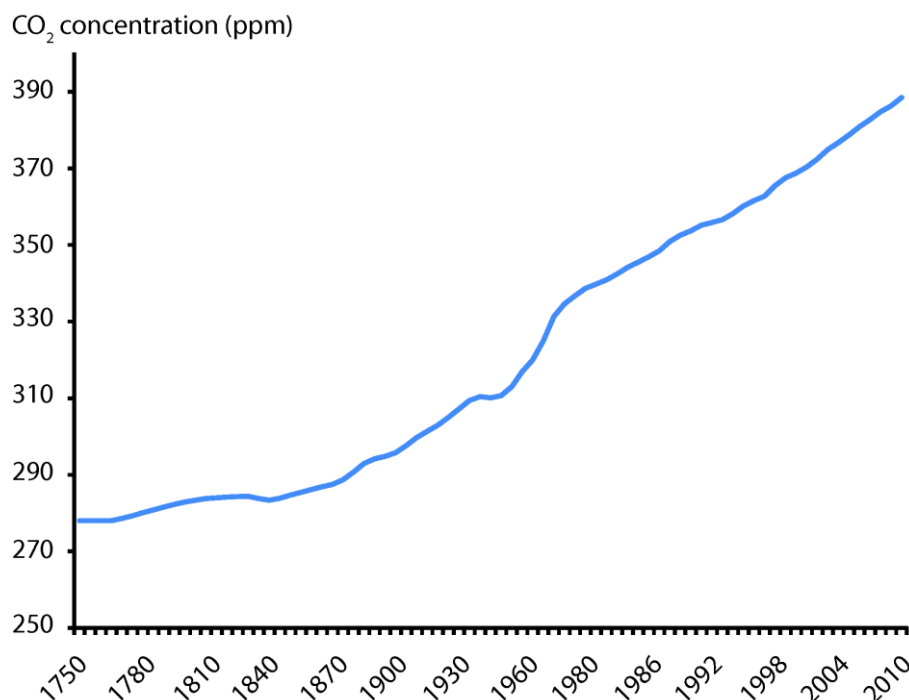
Έχει εξακριβωθεί ότι ορισμένα αέρια της ατμόσφαιρας (γνωστά και ως θερμοκηπιακά αέρια), επιτρέπουν τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας προς τη γη, ενώ αντίθετα απορροφούν και επανεκπέμπουν προς το έδαφος ένα μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης. Αυτή η παγίδευση της υπέρυθρης ακτινοβολίας (η οποία ειδάλλως θα χανόταν στο διάστημα) από τα συγκεκριμένα αέρια, ονομάζεται φαινόμενο του θερμοκηπίου. Πρόκειται για ένα γεωφυσικό φαινόμενο που είναι ουσιώδες και απαραίτητο για την ύπαρξη, διατήρηση και εξέλιξη της ζωής στον πλανήτη. Χωρίς αυτόν το μηχανισμό η μέση θερμοκρασία της γης θα ήταν περίπου κατά 35°C χαμηλότερη, δηλαδή περίπου -20°C αντί για $+15^{\circ}\text{C}$ που είναι σήμερα και η ύπαρξη ζωής θα ήταν αδύνατη, τουλάχιστον στη μορφή που τη γνωρίζουμε σήμερα.

Όπως έγινε κατανοητό, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, στις φυσικές του διαστάσεις, δεν είναι επιβλαβές, αντίθετα μάλιστα είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση των περιβαλλοντικών συνθηκών του πλανήτη. Το ανησυχητικό είναι η ενίσχυση του φαινομένου ως αποτέλεσμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι ανθρωπογενείς εκπομπές θερμοκηπικών αερίων αυξάνουν την υπέρυθρη ακτινοβολία που παγιδεύεται από την ατμόσφαιρα, επιδρώντας έτσι στο κλίμα της γης. Το φυσικό επακόλουθο της αύξησης των εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων από τον άνθρωπο είναι λοιπόν η ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου και συνεπώς η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Αξιοσημείωτο είναι ότι, εκτός από τις ανθρωπογενείς εκπομπές θερμοκηπικών αερίων, σημαντικό ρόλο για την εξέλιξη του φαινομένου του θερμοκηπίου παίζει και η συνεχής εκτεταμένη καταστροφή των τροπικών δασών τα οποία έχουν σημαντική συμβολή στην ισορροπία των κυριοτέρων θερμοκηπικών αερίων στην ατμόσφαιρα. Πιο συγκεκριμένα:

1) Τα δάση, μέσω της φωτοσύνθεσης, δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα και παράγουν οξυγόνο.

2) Τα τροπικά δάση ρυθμίζουν τις ποσότητες των υδρατμών στην ατμόσφαιρα των τροπικών πλατών και κατά προέκταση και ολόκληρου του πλανήτη.⁸



Εικ.1: Διάγραμμα με τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα από το 1750 μέχρι σήμερα

1.4 Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής τόσο στη φύση όσο και στον άνθρωπο έχουν αρχίσει να είναι εμφανείς και είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα επιδεινωθούν στο μέλλον. Έρευνες του WWF έχουν δείξει ότι το 33% των οικοσυστημάτων του πλανήτη βρίσκονται σε κίνδυνο, ενώ πολλά είδη χλωρίδας και πανίδας απειλούνται με εξαφάνιση. Ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως ξηρασίες, πλημμύρες, καταιγίδες γίνονται όλο και πιο έντονα, την ίδια στιγμή που η θερμοκρασία ανεβαίνει προκαλώντας λιώσιμο των πάγων, κύματα καύσωνα και πυρκαγιές τεράστιας έκτασης.

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) ανακοίνωσε ότι «υπάρχουν πλέον επαρκή στοιχεία που δείχνουν ότι η παρατηρούμενη θέρμανση του πλανήτη τα τελευταία 50 χρόνια οφείλεται σε ανθρωπογενείς

⁸ Μελάς, Δ., Ασωνίτης, Γ., Αμοιρίδης, Β., *Κλιματική Αλλαγή [Οδηγός Εκπαιδευτικών]*, ΥΕΠΘ, Αθήνα 2000, σελ. 8-9

δραστηριότητες». Η IPCC εκτιμά ότι η παγκόσμια μέση θερμοκρασία μπορεί να ανέβει έως 6°C μέσα στον αιώνα που διανύουμε, ενώ η θερμοκρασία έχει ήδη αυξηθεί κατά 0,74° C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Ο ρυθμός αύξησης είναι ο μεγαλύτερος των τελευταίων 10.000 χρόνων. Ως αποτέλεσμα αυτών, οι επιπτώσεις που θα βιώσει ο πλανήτης θα είναι σημαντικές και ίσως αμετάκλητες. Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής δεν θα είναι δραματικές μόνο για το φυσικό περιβάλλον. Σύμφωνα με στοιχεία της μελέτης Stern, έως 3 δις άνθρωποι δεν θα έχουν ικανοποιητική πρόσβαση σε νερό, ενώ και η γεωργία θα αντιμετωπίσει μεγάλο πρόβλημα φέρνοντας στα πρόθυρα της λιμοκτονίας έως και 120 εκατομμύρια ανθρώπους.

Πολλές και διαφορετικές έρευνες έχουν δείξει ότι για να αποφύγουμε τις επικίνδυνες επιπτώσεις στο περιβάλλον, τους ανθρώπους και την παγκόσμια οικονομία πρέπει να υιοθετηθεί διεθνώς ένας κοινός στόχος. Η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας δεν πρέπει να ξεπεράσει τους 2 °C συγκρινόμενη με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Το στόχο αυτό έχει υιοθετήσει και η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) στα επίσημα κείμενα της. Όμως, αν όντως η θερμοκρασία του πλανήτη αυξηθεί κατά επιπλέον 2°C, θα προκληθούν επικίνδυνες και ανεπανόρθωτες συνέπειες, οι οποίες όσο περισσότερο αυξάνεται η θερμοκρασία τόσο θα χειροτερεύουν. Αυτές οι πολύ σοβαρές επιπτώσεις περιγράφονται παρακάτω και θα πρέπει να μας ανησυχήσουν, και να δείξουν το δρόμο για μια αλλαγή στάσης τόσο σε προσωπικό επίπεδο, όσο και σε όλους τους τομείς της κοινωνίας και της οικονομίας.

Κλιματικές επιπτώσεις από την αύξηση κατά 2°C:

Ανθρώπινη Υγεία

-90-200 εκατομμύρια άνθρωποι κινδυνεύουν από ελονοσία και άλλες αρρώστιες που σχετίζονται με το νερό, αυξημένες πιθανότητες διάρροιας και υποσιτισμού.

Γεωργία

-Αυξανόμενη πείνα σε μέρη όπως η υπό-Σαχάρια Αφρική και η νότια Ασία εξαιτίας της μείωσης της αγροτικής παραγωγής.

-Αυξανόμενες ανομοιότητες και αυξανόμενες διαμάχες εξαιτίας της έλλειψης

νερού και λιγότερο προβλέψιμες σοδειές.

Νερό

- 662 εκ.-3 δις άνθρωποι κινδυνεύουν από την έλλειψη νερού.
- Παγκόσμια έλλειψη νερού
- Μείωση υγρασίας του εδάφους που καταλήγει σε εντατικοποίηση της εκμετάλλευσης της γης και μειωμένη απόδοση.

Πάγος και παγετώνες

- Απώλεια του 60% του καλοκαιρινού θαλάσσιου πάγου στην Αρκτική.
- Πλήρες λιώσιμο του Γροιλανδικού πάγου με αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1.5°C
- 25% ή περισσότερο μείωση του Αρκτικού πάγου και συνεχής υποχώρηση του θαλάσσιου πάγου.

Οικοσυστήματα

- Απώλεια του 95% των κοραλλιογενών υφάλων μέχρι τα μέσα του αιώνα, δυσμενείς επιπτώσεις στην εμπορική αλιεία και την προστασία των ακτών και οικονομικές απώλειες.
- Κίνδυνος μετατροπής του 43% των παγκόσμιων δασικών συστημάτων σε μη δασικά, επέκταση των δασών στην Αρκτική.
- Σημαντική καταστροφή και αποσύνθεση στα αρκτικά οικοσυστήματα, μεγάλο ποσοστό της τούνδρας μπορεί να εξαφανιστεί.
- Απώλεια του 25% των ειδών χλωρίδας και πανίδας.

Άνοδος της στάθμης της θάλασσας

- 25-50 εκατομμύρια άνθρωποι κινδυνεύουν από την αύξηση της στάθμης της θάλασσας και από πλημμύρες στις ακτές, που θα κοστίζουν στα κράτη 100 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως.

Μάλιστα, μια πιθανή άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα οφείλεται κυρίως στη θερμική διαστολή λόγω της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας και δευτερευόντως στην τήξη των παγετώνων και τη μετατόπισή τους στη θάλασσα,

κάτι που προσθέτει επιπλέον μάζες νερού στις θάλασσες⁹

Ακραία καιρικά φαινόμενα

- Αύξηση στη συχνότητα και την ένταση των πλημμυρών, ξηρασιών, καταιγίδων, κυμάτων καύσωνα, τροπικών κυκλώνων, τυφώνων και άλλων ακραίων γεγονότων που οδηγούν σε αυξημένη οικονομική ζημιά και σε πιθανή μείωση ευκαιριών ανάπτυξης.

Για να διατηρήσουμε την παγκόσμια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κάτω από τους 2°C, το διεθνές ενεργειακό σύστημα πρέπει να αλλάξει ριζικά. Έχουμε την τεχνολογία για να βελτιώσουμε σημαντικά το επίπεδο ζωής στις κοινωνίες μας, να παραγάγουμε ενέργεια με μηδενικές ή ελάχιστες εκπομπές CO₂ και να καινοτομήσουμε στον επιχειρηματικό τομέα. Η πρόκληση είναι περισσότερο πολιτική, καθώς πρέπει να ληφθούν σημαντικές αποφάσεις που θα οδηγήσουν στις απαραίτητες αλλαγές.¹⁰

1.5 Λύσεις για την αποτροπή της Κλιματικής Αλλαγής

Η κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις της στο σύνολο της οικονομίας και στο φυσικό περιβάλλον είναι πλέον επιστημονικά ακλόνητες. Παρά το γεγονός πως το τελευταίο διάστημα επιχειρήθηκε η αμφισβήτηση των πορισμάτων της IPCC, οι αποδείξεις για την επικινδυνότητα της κλιματικής αλλαγής συνεχώς μεγαλώνουν.

Η 4η Έκθεση Αξιολόγησης (AR4) της IPCC ανέφερε ότι «η αύξηση της θερμοκρασίας του κλιματικού συστήματος είναι αδιαμφισβήτητη», καθώς κι ότι η πιθανότητα αυτό να οφείλεται στον ανθρώπινο παράγοντα εξαιτίας των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου είναι μεγαλύτερη από 90%. Χωρίς δραστικές μειώσεις των εκπομπών, η μέση πλανητική θερμοκρασία θα αυξηθεί ως το τέλος του αιώνα κατά 1,7°C με 7°C, σε σύγκριση με τα προβιομηχανικά επίπεδα,

⁹ Δρίτσας Σ. Κλιματική Αλλαγή- Άνοδος της Σταθμής της θάλασσας: Συνέπειες στις παράκτιες περιοχές. Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Πολεοδομίας, Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Τομος III, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, σελ 1465- 1471 (2005)) (Από: Ρετσίνης, Ε., Λειτουργία Σύνθετων Υδραυλικών Έργων-Η Περίπτωση του Σχεδίου Δέλτα στην Ολλανδία, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία ΕΜΠ, Αθήνα 2011)

¹⁰http://www.ohiallokarvouno.gr/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=44&Itemid=83)

ανάλογα με το ρυθμό που θα συνεχίσουμε να εκπέμπουμε αέρια του θερμοκηπίου. Οι τωρινές εκπομπές βρίσκονται στην κορυφή των προβλεπόμενων εκτιμήσεων και -χωρίς δράση- πιθανότατα θα επιφέρουν αυξήσεις της θερμοκρασίας στο ανώτερο εύρος των προβλέψεων.

Ήδη παρατηρούμε σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα και στους ανθρώπινους πληθυσμούς – όπως η τήξη των θαλάσσιων πάγων στην Αρκτική – ακόμα και με τη σημερινή αύξηση της θερμοκρασίας στους 0,8 °C σε σύγκριση με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Αυτές θα μπορούσαν να προκαλέσουν θετικές ανατροφοδοτήσεις που θα επιφέρουν ακόμα μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας και περαιτέρω δραματικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα του πλανήτη.

Η AR4 μεταξύ άλλων προβλέπει ότι:

- Μέσα στις επόμενες δεκαετίες, τα αποθέματα νερού που είναι αποθηκευμένα στους παγετώνες και στις χιονισμένες περιοχές θα μειωθούν προκαλώντας ελλείψεις νερού σε περισσότερο από 1 δις ανθρώπους
- Το 20% με 30% όλων των ζωντανών οργανισμών στον πλανήτη θα αντιμετωπίζουν αυξημένο κίνδυνο εξαφάνισης, αν η άνοδος της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας ξεπεράσει τους 1,5-2,5°C.
- Σε χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη, και κυρίως σε ξηρές και τροπικές περιοχές, ακόμα και μικρές αυξήσεις της θερμοκρασίας της τάξης των 1°C - 2°C, αναμένεται να αυξήσουν τον κίνδυνο λιμών
- Μετά το 2080 πολλά εκατομμύρια ανθρώπων αναμένεται να επηρεαστούν από πλημμύρες στα σπίτια και τις επιχειρήσεις τους εξαιτίας της ανόδου της στάθμης της θάλασσας κάθε χρόνο. Σε ιδιαίτερο κίνδυνο βρίσκονται πυκνοκατοικημένες περιοχές, καθώς και περιοχές που βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο με περιορισμένες ικανότητες προσαρμογής.

Ιδιαίτερα ανησυχητικό είναι το γεγονός ότι οι τελευταίες επιστημονικές ενδείξεις δείχνουν ότι οι κλιματικές αλλαγές επιταχύνονται με ρυθμούς πολύ ταχύτερους από ό,τι προβλέπει η AR4. Επιπλέον, παρατηρούνται επιπτώσεις πολύ νωρίτερα του προβλεπόμενου –πολλές φορές με διαφορά δεκαετιών κυρίως επειδή το κλιματικό σύστημα αντιδρά πιο έντονα από ό,τι αναμενόταν, ενώ οι εκπομπές αυξάνονται γρηγορότερα από το προβλεπόμενο. Πλέον γίνεται επιτακτικότερη από

ποτέ η ανάγκη να ληφθούν άμεσα τα κατάλληλα μέτρα ώστε η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας να μην υπερβεί τους 2°C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Αυτό θεωρείται το όριο που αν ξεπεράσουμε μπορεί να δούμε πολλές και μη-αναστρέψιμες επιπτώσεις.¹¹

Οι κυριότερες λύσεις για την αποτροπή της κλιματικής αλλαγής είναι σήμερα διαθέσιμες. Ανανεώσιμες πηγές και εξοικονόμηση ενέργειας πρέπει να αποτελέσουν προτεραιότητα για όλες τις χώρες του κόσμου. Επίσης, υπάρχουν και κάποια πράγματα που μπορούν να κάνουν οι κυβερνήσεις ενάντια στην κλιματική αλλαγή κι αυτά είναι τα εξής:

-Υποστήριξη της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: Ανανεώσιμες πηγές όπως η ηλιακή θα μπορούσαν να βοηθήσουν πολύ αποτελεσματικά στη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα.

-Πρωώθηση των αειφόρων μέσων μεταφοράς (sustainable transportation) με την ενσωμάτωση ποδηλατοδρόμων, πεζόδρομων και δημόσιων συγκοινωνιών ακόμα και σε μικρές γειτονιές πόλεων. Σύμφωνα με μελέτες οι συμβατικοί τρόποι μεταφοράς είναι υπεύθυνοι για το 14% όλων των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

-Συνεργασία με άλλες κυβερνήσεις: Χώρες όπως η Ιαπωνία και η Βρετανία συμμετέχουν στο πρωτόκολλο του Κιότο, μια διεθνή συμφωνία για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Επίσης, μέλη της Ε.Ε. ανταλλάσσουν πιστοποιητικά εκπομπών για την επίτευξη οικονομικά αποδοτικών μειώσεων εκπομπών. Ακόμα, κάποιες χώρες ανταλλάσσουν περιβαλλοντικές ορθές τεχνολογίες μέσω της πλαισίου σύμβασης των Ηνωμένων εθνών για την κλιματική αλλαγή.

-Προσπάθεια επιρροής της συμπεριφοράς των καταναλωτών: Κίνητρα για την αγορά υβριδικών οχημάτων αντί συμβατικών, «πράσινα φορολογικά καθεστώτα» με φόρους επί των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και γενικά υποστήριξη φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντων και υπηρεσιών. Απώτερος σκοπός και πάλι είναι η μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα.

¹¹ http://climate.wwf.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=26&Itemid=88

-Ενίσχυση της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης: Οι περισσότεροι πολιτικοί ηγέτες συμφωνούν ότι η κλιματική αλλαγή αποτελεί την τεράστια πρόκληση του 21^{ου} αιώνα. Το ζήτημα λοιπόν είναι πώς να κινητοποιηθεί το κοινό ώστε να αναλάβει δράση και να ψηφίσει υπέρ των διάφορων πολιτικών για το κλίμα. Οι κυβερνήσεις παγκοσμίως έχουν ξεκινήσει, γι' αυτό το λόγο, να χρηματοδοτούν εκπαιδευτικές πρωτοβουλίες που έχουν ως σκοπό να ενημερώσουν τους μαθητές και το κοινό για την κλιματική αλλαγή.¹²

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), όπως ο ήλιος, ο άνεμος, το νερό και οι οργανικές ύλες είναι πηγές ενέργειας που δεν εξαντλούνται πρακτικά ποτέ ενώ η παραγωγή ενέργειας από αυτές τις πηγές δεν προκαλεί εκπομπές CO₂ και έτσι δεν ενισχύεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η Ευρωπαϊκή Ένωση υιοθέτησε πρόσφατα δεσμευτικό στόχο για την συμμετοχή των ΑΠΕ κατά 20% στη συνολική παραγωγή ενέργειας μέχρι το 2020.

Οι κυριότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας:

Ήλιος:

Το φως του ήλιου μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση νερού ή αέρα.

Άνεμος:

Η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια μέσα από το μηχανισμό της περιστροφής των ανεμογεννητριών.

Βιομάζα:

Το φυτικό και ζωικό υλικό, όπως η δασική ξυλεία, τα υπολείμματα από γεωργικές και δασικές διαδικασίες και τα βιομηχανικά, ανθρώπινα ή ζωικά απόβλητα, αποτελούν πηγή ενέργειας. Κατά την καύση της βιομάζας απελευθερώνεται ενέργεια, κυρίως υπό τη μορφή θερμότητας, και το διοξείδιο του άνθρακα που εκπέμπεται είναι ουσιαστικά ίσο με το διοξείδιο του άνθρακα που απορροφάται όσο το φυτό αναπτύσσεται. Οι εφαρμογές βιοενέργειας συμπεριλαμβάνουν την παροχή θέρμανσης, την παραγωγή ενέργειας και τα καύσιμα οχημάτων.

¹² <http://knowledge.allianz.com/climate/politics/?652/five-things-governments-pictures>

Γεωθερμία:

Η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση ή για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

Νερό:

Η κινητική ενέργεια του νερού μπορεί να αξιοποιηθεί ως ανανεώσιμη πηγή με διαφορετικούς τρόπους. Η υδροηλεκτρική ενέργεια παράγεται από την κινητική ενέργεια των υδάτινων πόρων ποταμών και λιμνών. Η περιοδική κίνηση των νερών λόγω της παλίρροιας και η κίνηση των κυμάτων μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.¹³

¹³ http://www.ohiallokarvouno.gr/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=67&Itemid=

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Πλημμύρες

Η πλημμύρα είναι μια προσωρινή κάλυψη του εδάφους από νερό ως αποτέλεσμα της διαφυγής του νερού, τρεχούμενου ή λιμνάζοντος, από τους χώρους που το συγκρατούσαν ή και ως αποτέλεσμα ισχυρών κατακρημνίσεων. Οι πλημμύρες μπορούν να σημειωθούν τόσο σε παράκτιες, όσο και σε παρόχθιες περιοχές, ενώ οι γενεσιουργές τους αιτίες αποδίδονται σε ατμοσφαιρικά φαινόμενα, τεκτονικά φαινόμενα ή/και στην ανθρώπινη παρέμβαση.¹⁴

Οι πλημμύρες αποτελούν τη δεύτερη πιο συχνή φυσική καταστροφή, μετά τις δασικές πυρκαγιές και θεωρούνται από τους πλέον συχνούς και καταστρεπτικούς τύπους φυσικών καταστροφών σε παγκόσμιο επίπεδο.¹⁵

2.2 Αίτια πλημμυρών

Υπάρχουν φυσικά και ανθρωπογενή αίτια που προκαλούν πλημμύρες:

1. *Φυσικά αίτια*: Συμπεριλαμβάνονται μετεωρολογικά φαινόμενα όπως καταιγίδες, τήξη χιονιού είτε από αύξηση θερμοκρασίας είτε από βροχή, γεωλογικά φαινόμενα όπως οι κατολισθήσεις, η διατάραξη της φυσικής απορροής στα κατάντη με απόφραξη του φυσικού υδατορέματος από εναποθέσεις, κλπ.

2. *Ανθρωπογενή αίτια*: Θραύση φράγματος, κακός χειρισμός υδραυλικών εγκαταστάσεων, θραύση αναχωμάτων, θραύση αγωγών υπό πίεση, κακός σχεδιασμός ή συντήρηση στραγγιστικών δικτύων.

3. *Έμμεσα ανθρωπογενή αίτια*: Αποψίλωση δασών, αστικοποίηση, καταστροφή φυσικών ρευμάτων και διατάραξη του υδρογραφικού δικτύου μιας περιοχής.¹⁶

Η πλημμύρα από φυσικά αίτια είτε παρουσιάζει βραδεία εξέλιξη είτε ανήκει στην κατηγορία της ξαφνικής πλημμύρας (Flash flood).

¹⁴ <http://www.learn-hazards.org/5.php?l=gr>

¹⁵ <http://www.gscp.gr/ggpp/site/home/ws/promote/fisikes/plimires.csp>

¹⁶ Βαφειάδης, *Εισαγωγή στην επιφανειακή υδρολογία*, 2000, σελ. 1-4

Η ξαφνική πλημμύρα είναι το αποτέλεσμα ατμοσφαιρικών διαταραχών, που συνοδεύονται από ραγδαίες βροχοπτώσεις, με μεγάλα ποσά βροχής σε σύντομο χρονικό διάστημα. Οι ξαφνικές πλημμύρες προκαλούνται από καταιγίδες που κινούνται αργά ή κινούνται πάνω από την ίδια περιοχή. Στη ζώνη των τροπικών προκαλούνται επίσης από τυφώνες ή τροπικούς κυκλώνες. Πολλοί παράγοντες συνηγορούν σε μία ξαφνική πλημμύρα, όπως: η ένταση της βροχής και η διάρκεια της, η τοπογραφία, οι συνθήκες του εδάφους, η φυτοκάλυψη, η καταστροφή των δασών καθώς και η αστικοποίηση. Οι ξαφνικές πλημμύρες εμφανίζονται σε μικρό χρονικό διάστημα λίγων ωρών ή λιγότερο και έχουν σαν αποτέλεσμα ταχεία ύψωση νερού, το οποίο στο πέρασμα του μπορεί να προκαλέσει μεγάλες καταστροφές σε κατασκευές, όπως κτίρια, γέφυρες κλπ, να παρασύρει αυτοκίνητα, να ξεριζώσει δέντρα κ.α. Οι πλημμύρες, που έχουν σαν αίτιο τις βροχοπτώσεις, μπορεί να προκαλέσουν καταστροφικές κατολισθήσεις εδαφών (λασπορροές-mud slides). Τα περισσότερα θύματα εξαιτίας πλημμυρών προέρχονται από τις ξαφνικές πλημμύρες.¹⁷

Ένα άλλο είδος πλημμύρας αποτελεί η παράκτια πλημμύρα, η οποία εμφανίζεται στις παράκτιες περιοχές λόγω του κυματισμού της θάλασσας ή μιας μεγάλης λίμνης. Ο κυματισμός προκαλείται συνήθως από τους ισχυρούς ανέμους που πνέουν στην περιοχή, ενώ σπάνια μπορεί να εμφανιστούν και θαλάσσια κύματα βαρύτητας (Tsunami). Διαδίδονται στην επιφάνεια της θάλασσας με ταχύτητα η οποία εξαρτάται από το πάχος του νερού της θάλασσας και είναι της τάξης των 200m/sec. Κατά την διάδοσή τους μεταφέρουν σημαντικές ποσότητες νερού από τον χώρο γένεσής τους σε άλλους χώρους. Τα μεγαλύτερα θαλάσσια κύματα βαρύτητας προκαλούν σημαντικές καταστροφές και γίνονται αισθητά σε πολύ μεγάλες αποστάσεις.¹⁸

2.3 Επιπτώσεις των πλημμυρών

Οι επιπτώσεις των πλημμυρών (πλημμυρικές ζημιές) διακρίνονται σε άμεσες και έμμεσες, και σε αποτιμώμενες και μη αποτιμώμενες. Οι άμεσες επιπτώσεις αφορούν όλους τους τύπους συνεπειών που σχετίζουν τη φυσική επαφή των

¹⁷ <http://www.gscp.gr/ggpp/site/home/ws/promote/fisikes/plimires.csp>

¹⁸ «Αναφορά στα ακραία καιρικά φαινόμενα, στα αποτελέσματα και στα αίτια εμφανισής των», Σημειώσεις ΤΕΙ Ηρακλείου (Από: <http://www.teicrete.gr/diatmim/>)

πλημμυρικών όγκων νερού με τον άνθρωπο, την ιδιοκτησία και γενικά το περιβάλλον. Οι έμμεσες επιπτώσεις αναφέρονται στις ζημιές που ακολουθούν μετά το πέρας της πλημμύρας και μπορούν να προκαλέσουν δυσλειτουργίες στην οικονομική και κοινωνική δραστηριότητα της πληγείσας περιοχής. Η αποτιμώμενη ζημιά αποδίδεται ποσοτικά με οικονομικούς όρους σε αντίθεση με τη μη αποτιμώμενη, η οποία είναι πολύ δύσκολο ή ανέφικτο να αποτιμηθεί με ποσοτικούς και οικονομικούς όρους, όπως για παράδειγμα η απώλεια ανθρώπινης ζωής ή ενός οικοσυστήματος. Οι παραπάνω ορισμοί πρέπει να τονίσουμε ότι ενώ είναι ευρέως αποδεκτοί, υπάρχουν και διαφορετικές ερμηνείες.¹⁹

Η πιο διαδεδομένη διεθνώς κατηγοριοποίηση των επιπτώσεων αυτών παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα:

	Αποτιμώμενη	Μη αποτιμώμενη
Άμεση	▪ Κατοικίες ▪ Κτήρια εμπορικής και βιομηχανικής χρήσεως ▪ Έργα δημόσιας υποδομής (δρόμοι, γέφυρες, αναχώματα κτλ) ▪ Οχήματα ▪ Αγροτική γη ▪ Πανίδα	▪ Απώλεια ανθρώπινης ζωής ▪ Τραυματισμός ▪ Απώλειες πολιτιστικής κληρονομιάς ▪ Ρύπανση / μόλυνση οικοσυστημάτων
Έμμεση	▪ Έξοδα εικένωσης και προσωρινής στέγασης των πληγέντων ▪ Έξοδα καθαρισμού των συντριμμιών ▪ Απώλεια οικονομικής παραγωγής λόγω κατεστραμμένων εγκαταστάσεων ▪ Έλλειψη αποθεμάτων ενέργειας και τηλεπικοινωνίας ▪ Διαταραχή των κτηματομεσιτικών αγορών π.χ. μείωση τιμών αξίας γης ▪ Μείωση ανταγωνιστικότητας συγκεκριμένων τομέων οικονομίας	▪ Απώλεια χρόνου λόγω κυκλοφοριακής δυσλειτουργίας ▪ Κοινωνική δυσλειτουργία ▪ Έλλειψη εμπιστοσύνης στην αποτελεσματικότητα των κρατικών λειτουργιών ▪ Ψυχική / ψυχολογική βλάβη ▪ Ανεργία ▪ Μείωση παραγωγικότητας

Εικ.2: Πίνακας με τις κατηγορίες των επιπτώσεων των πλημμυρών (Πιστρικά, 2010)

Η πρόβλεψη των πλημμύρων και η έγκαιρη προειδοποίηση είναι βασική προϋπόθεση για την ελαχιστοποίηση των καταστροφών που προκαλούνται από πλημμύρες.

¹⁹ Πιστρικά Α, Διδακτορική Διατριβή, *Εκτίμηση άμεσης πλημμυρικής ζημιάς σε δομημένο περιβάλλον*, Αθήνα 2010, σελ. 2-5

Οι πλημμύρες μπορούν να μειωθούν με συνδυασμένες βελτιώσεις στην πρόβλεψη και στην διαχείριση των ποτάμιων συστημάτων. Επιπρόσθετα οι αρχές θα πρέπει να διαθέτουν τις απαραίτητες πληροφορίες και να προειδοποιούν για επικείμενες πλημμύρες.²⁰

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι καταστροφές από πλημμύρες αναλογούν στο 1/3 όλων των φυσικών καταστροφών παγκοσμίως. Επιπλέον, οι οικονομικές απώλειες που προκαλούνται από πλημμύρες αντιστοιχούν στο 31% των συνολικών απωλειών από φυσικές καταστροφές και το 55% των απωλειών σε ανθρώπινες ζωές λόγω φυσικών καταστροφών αποδίδονται στις πλημμύρες.²¹

2.4 Πλημμυρικός κίνδυνος/διακινδύνευση (flood risk)

Το εντεινόμενο φαινόμενο των πλημμύρων που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια έχει οδηγήσει στην ανάγκη αποσαφήνισης της ορολογίας των διαθεματικών εννοιών των πλημμυρών.

Ως πλημμυρική διακινδύνευση μπορεί να οριστεί το μέτρο των αναμενόμενων ζημιών (κοινωνικών και οικονομικών) σε ένα χωροχρονικά ορισμένο σύστημα λόγω της πιθανότητας εκδήλωσης μιας πλημμύρας ορισμένης έντασης. Επομένως, οι μονάδες μέτρησης της πλημμυρικής διακινδύνευσης μπορεί να είναι νομισματικοί όροι, ή απώλειες ανθρώπινης ζωής όταν οι ζημιές είναι μετρήσιμες, ή ποιοτικοί όροι (π.χ. κλάσεις) όταν οι ζημιές δεν είναι μετρήσιμες.²²

Ένας άλλος ορισμός για τον πλημμυρικό κίνδυνο σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία 2007/60/ΕΚ τον περιγράφει ως τον «*συνδυασμό της πιθανότητας να λάβει χώρα πλημμύρα και των δυνητικών αρνητικών συνεπειών για την ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες, που συνδέονται μ' αυτή την πλημμύρα*»²³.

²⁰ <http://www.learn-hazards.org/5.php?l=gr>

²¹ Μπεζιργιαννίδης, Α., Πλημμύρες και Αντιπλημμυρικά Έργα κατά Μήκος του Ποταμού Έβρου, Διπλωματική εργασία, ΑΠΘ, 2007, σελ 5

²² Πιστρικά Α, Διδακτορική Διατριβή, *Εκτίμηση άμεσης πλημμυρικής ζημιάς σε δομημένο περιβάλλον*, Αθήνα 2010, σελ. 2-5

²³ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32007L0060:EL:NOT>

Σε μία δεδομένη βροχόπτωση οι ζημιές που θα προκληθούν εξαιτίας της πλημμύρας εξαρτώνται από κυρίως τρεις παράγοντες: 1) την παρουσία αντιπλημμυρικών έργων, 2) την αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος, που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του πλημμυρικού όγκου των νερών και τη μείωση του χρόνου συρροής αυτών στις λεκάνες απορροής, και 3) την ένταση και το είδος της ανθρώπινης δραστηριότητας (χρήσεων γης) σε περιοχές που αποτελούν πιθανοτικά πεδία πλημμυρών.²⁴

2.5 Προληπτική Αντιμετώπιση πλημμυρών

Με τον όρο πρόληψη νοείται η ολοκληρωτική αποφυγή μιας καταστροφής που μπορεί να προκληθεί από επικίνδυνα φαινόμενα ή συμβάντα. Συνίσταται στην υλοποίηση δράσεων πριν την καταστροφή, προκειμένου να μειωθούν σημαντικά οι επιπτώσεις των κινδύνων, ώστε να παραμείνουν σε επίπεδα που η κοινωνία μπορεί να διαχειριστεί με ίδια μέσα και χωρίς έξωθεν βοήθεια.

Οι δυσμενείς επιπτώσεις των καταστροφών δεν είναι πάντα δυνατόν να αποφευχθούν πλήρως, αλλά η κλίμακα και η δριμύτητά τους μπορούν να μειωθούν σημαντικά με εφαρμογή διαφόρων στρατηγικών και δράσεων. Εάν οι επιπτώσεις των κινδύνων περιοριστούν σημαντικά, αποτρέπεται η καταστροφή ακόμη και αν ο κίνδυνος εκδηλωθεί και υπάρξουν επιπτώσεις. Η πρόληψη αποσκοπεί λοιπόν στο να μειωθεί η πιθανότητα όταν εκδηλωθεί ένα επικίνδυνο φαινόμενο ή συμβάν να οδηγήσει σε καταστροφή.²⁵

Η πρόληψη βασίζεται στη μείωση της πιθανότητας να προκληθούν επιπτώσεις από ένα εν δυνάμει καταστροφικό συμβάν ή διαδικασία. Με άλλα λόγια, βασίζεται στη μείωση του κινδύνου και κατ' επέκταση στη μεταβολή ενός ή περισσότερων από τις βασικές συνιστώσες του κινδύνου: την επικινδυνότητα, την έκθεση και την τρωτότητα. Ένα άλλο σημαντικό συστατικό του κινδύνου θεωρείται και η προσαρμοστικότητα. Η έννοια της προσαρμοστικότητας αφορά στην ικανότητα του συστήματος και των επιμέρους στοιχείων του να προσαρμοστεί στις επιπτώσεις

²⁴ Μαμάσης Ν., *Φυσικό και πιθανοτικό πλαίσιο πλημμυρών, πρόληψη και μετριασμός των συνεπειών τους*, Αθήνα 2010

²⁵ Δανδουλάκη Μιράντα, *Καλλικράτης Πολιτική Προστασία και Διοίκηση*, ΕΕΤΑΑ, 2011, σελ. 11, 12, 13

που ενδεχομένως θα προκληθούν από το καταστροφικό γεγονός και να ανακάμψει.

Γενικά, η πρόληψη αφορά το σύνολο όλων των εμπλεκόμενων φορέων και όλες τις φάσεις του κύκλου της καταστροφής ως ένα συνεχές ανατροφοδοτούμενο στοιχείο.

2.6 Αντιπλημμυρική προστασία

Τα φυσικά φαινόμενα που προκαλούν τις πλημμύρες δεν μπορούν να ελεγχθούν αλλά σίγουρα η έκταση και οι συνέπειες των πλημμυρών μπορούν να ελεγχθούν με την ανθρώπινη παρέμβαση ²⁶

Ένας από τους πιο σημαντικούς τρόπους προστασίας απέναντι στις πλημμύρες είναι η κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων. Τα έργα αντιπλημμυρικής προστασίας διακρίνονται σε κατασκευαστικά και μη κατασκευαστικά. Τα κατασκευαστικά μέτρα έχουν ως κύριο στόχο την αποθήκευση του νερού και την αύξηση της ικανότητας μεταφοράς του. Παραδείγματα κατασκευαστικών έργων είναι:

- αντιπλημμυρικοί ταμιευτήρες στα ανάντη της λεκάνης
- αναχώματα και προστατευτικοί τοίχοι
- λεκάνες κατάκλυσης δίπλα στο ποτάμι και στις χαμηλές περιοχές
- δίκτυα ομβρίων υδάτων
- εκτροπές ποταμών
- παράκτια προστασία
- αύξηση της παροχευτικότητας των ποταμών με καθαρισμό, εκβάθυνση και διάνοιξη των διατομών
- εισαγωγή πρόσθετων διαδρομών παράλληλα με το ποτάμι
- υπερχειλιστές σε ταμιευτήρες

²⁶ Μαμάσης Ν., *Φυσικό και πιθανοτικό πλαίσιο πλημμυρών, πρόληψη και μετριασμός των συνεπειών τους*, Αθήνα 2010

Δεδομένου ότι οι κατασκευές είναι τρωτές στις πλημμύρες αφού έχουν σχεδιαστεί για κάποια πιθανότητα υπέρβασης, θα πρέπει να συνοδεύονται από άλλα μη κατασκευαστικά μέτρα. Παραδείγματα μη κατασκευαστικών μέτρων είναι:

- διατήρηση και επέκταση των δασών στις ορεινές περιοχές της λεκάνης
- διατήρηση των υδροτόπων και των πλημμυρικών πεδίων απο ανθρώπινες επεμβάσεις και χρήσεις ώστε οι φυσικές ζώνες πλημμυρών να καθυστερούν τη ροή
- προσαρμογή των χρήσεων των πλημμυρικών πεδίων στη πιθανότητα καταστροφής και χωροθέτηση των σημαντικών εγκαταστάσεων σε ακίνδυνες περιοχές
- διατήρηση των μαιάνδρων των ποταμών και των φυσικών συνδέσεων τους με τις πλημμυρικές περιοχές
- έλεγχος και συντήρηση των αποχετευτικών συστημάτων στις αστικές περιοχές
- χρήση ιστορικών πληροφοριών, ανάπτυξη συστημάτων πρόγνωσης καταιγίδων και μοντέλων βροχής- απορροής
- συστήματα ειδοποίησης του κοινού
- μηχανισμός διαρκούς ενημέρωσης του κοινού και αναίρεση της εσφαλμένης αντίληψης για απόλυτη προστασία
- οργάνωση φορέων για πρόληψη και αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών.

Εκτός από τα παραπάνω υπάρχουν, όμως, και κάποια ατομικά μέτρα που μπορούν να ληφθούν για την μείωση του κινδύνου πλημμύρας σε κατοικίες, όπως:

- ανύψωση κατασκευής
- στεγανοποίηση κατασκευών
- κατασκευή τοίχου ή αναχώματος γύρω από την κατοικία
- διευκόλυνση μελλοντικών εκκενώσεων και ασφάλεια για πλημμύρες.²⁷

²⁷ Μαμάσης Ν., *Φυσικό και πιθανοτικό πλαίσιο πλημμυρών, πρόληψη και μετριασμός των συνεπειών τους*, Αθήνα 2010

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Η περίπτωση της Ολλανδίας

Η Ολλανδία, που ονομάζεται αλλιώς και Κάτω Χώρες καθώς το $\frac{1}{4}$ της χώρας περίπου βρίσκεται κάτω από τη στάθμη της θάλασσας, είναι το ευρωπαϊκό μέρος του Βασιλείου των Κάτω Χωρών και είναι Κοινοβουλευτική Δημοκρατία με συνταγματικό μονάρχη. Η Ολλανδία βρίσκεται στην Βορειοδυτική Ευρώπη και συνορεύει με την Βόρεια Θάλασσα, το Βέλγιο και την Γερμανία. Στο νότιο μέρος της ακτής (ανάμεσα στο Βελγικά σύνορα και το Hoek van Holland, κοντά στο Rotterdam) απαντά η εκβολή των Ποταμών Ρήνου, Meuse και Scheldt. Η ακτογραμμή ανάμεσα στους Ποταμούς Hoek van Holland και Den Helder δεν διακόπτεται, εκτός από το στόμιο του παλιού Ποταμού Ρήνου και την τεχνητή αμυντική υποδομή θαλάσσιας προστασίας «Hondsbossche Zeeweering». Ενδιάμεσα του Ποταμού Den Helder και των Γερμανικών συνόρων υπάρχει το Ολλανδικό κομμάτι της Θάλασσας Wadden. Η Ολλανδική ακτή είναι μέρος ενός μεγαλύτερου παράκτιου συστήματος, το οποίο απλώνεται από τη βόρεια ακτή της Γαλλίας (Ακρωτήριο Blanc Nez) έως τη Δανέζικη ακτή στο Jut Land.²⁸ Το οικονομικό σύστημα της χώρας είναι καλά οργανωμένο με κυρίαρχη την βιομηχανία τροφίμων, τη χημική βιομηχανία και τη κατασκευή ηλεκτρικών ειδών. Επίσης, η σύγχρονη γεωργία είναι πολύ παραγωγική κατατάσσοντας την Ολλανδία στην τρίτη θέση των μεγαλύτερων γεωργικών εξαγωγέων παγκοσμίως (μετά από τις ΗΠΑ και την Γαλλία), ενώ η κτηνοτροφία και κυρίως η γαλακτοκομία χαρίζουν στη χώρα ένα πολύ καλό όνομα.²⁹

3.1.1 Γεωγραφία και Κλίμα

Η Ολλανδία έχει έκταση 33.491 τετ.χλμ ξηράς ενώ μαζί με το 20% της θαλάσσιας έκτασης έχει συνολική επιφάνεια 41.526 τετ. χλμ. Η μισή χώρα βρίσκεται λιγότερο από ένα μέτρο πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, ενώ το $\frac{1}{4}$ κάτω από το επίπεδο της θάλασσας. Το ψηλότερο σημείο της χώρας είναι το Φάαλσερμπερχ στα νότια της χώρας, στα σύνορα με το Βέλγιο και τη Γερμανία με υψόμετρο μόλις

²⁸ <http://www.coastlearn.org/gr/pp-gr/caseholland.html>

²⁹ <http://el.wikipedia.org>

3,21 μέτρα. Το χαμηλότερο σημείο βρίσκεται στο δήμο Νιουερκέρκ αν ντεν Άισελ με υψόμετρο 6,76 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, αποτελώντας και το χαμηλότερο σημείο της Ευρώπης. Γενικά, το τοπίο είναι πιο λοφώδες στα ανατολικά και νότια της χώρας.



Εικ.3: Χάρτης της Ολλανδίας

Πολλά τμήματα της χώρας δεν ήταν πάντα στεριά αλλά θάλασσα που οι Ολλανδοί διεκδίκησαν με συνεχή άντληση και αποστράγγιση των υδάτων μέσω καναλιών, ανεμόμυλων και αντλιών. Τα τμήματα αυτά γης που διεκδικήθηκαν ονομάζονται Πόλντερ. Το 18,4% της συνολικής έκτασης της Ολλανδίας είναι υδάτινες

επιφάνειες. Η λίμνη Άισελμεερ χωρίζεται από την θάλασσα με το φράγμα Άφσλαουτνταϊκ μήκους 29 χλμ το οποίο χτίστηκε το 1932. Οι σημαντικότεροι ποταμοί που διασχίζουν την Ολλανδία είναι ο Ρήνος, ο Μεύσης και ο Σέλντ. Η Ολλανδία είναι το δέλτα που σχηματίζουν αυτοί οι τρεις ποταμοί. Εκτός από τη γεωγραφική τους σημασία, αυτοί οι ποταμοί χωρίζουν την χώρα πολιτιστικά και θρησκευτικά σε βόρεια και νότια.

Το κλίμα της Ολλανδίας είναι ωκεάνιο με δυτικούς κυρίως ανέμους. Οι βροχές είναι άφθονες όλο τον χρόνο εκτός από το χειμώνα όπου συμβαίνουν κυρίως χιονοπτώσεις, ενώ οι θερμοκρασίες είναι σχετικά ήπιες το χειμώνα και δροσερές το καλοκαίρι. Οι θερμοκρασίες κυμαίνονται από -1, -2 έως 4-5 βαθμούς το χειμώνα και από 11-12 έως 20-22 βαθμούς το καλοκαίρι. Η διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού είναι σχετικά μικρή και αυτό γιατί το χειμώνα ένα ζεστό ρεύμα το οποίο έρχεται από τον κόλπο του Μεξικού κάθε χρόνο, επηρεάζει τη θερμοκρασία της θάλασσας με αποτέλεσμα να μην παγώνει σχεδόν ποτέ. Χωρίς αυτό, το Άμστερνταμ το χειμώνα θα είχε μέση θερμοκρασία γύρω στους -10 βαθμούς Κελσίου.³⁰

3.1.2 Δημογραφία

Η Ολλανδία έχει συνολικό πληθυσμό 16.783.092 κατοίκους (σύμφωνα με στοιχεία του έτους 2010) και βρίσκεται στην 23^η θέση των χωρών ανά πυκνότητα πληθυσμού παγκοσμίως ενώ αποτελεί την πιο πυκνοκατοικημένη χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης με 395 κατοίκους ανά τετ.χλμ. Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία της στατιστικής υπηρεσίας της χώρας, οι εθνικότητες των κατοίκων ποικίλλουν. Το 80.8% του πληθυσμού είναι Ολλανδοί, το 5,6% Ευρωπαίοι (με 2,4% Γερμανούς), το 2,4% Ινδονήσιοι, το 2,2% Τούρκοι, το 2% από το Σουρινάμ, το 1,9% Μαροκινοί, το 0,8% από τις Ολλανδικές Αντίλλες ενώ το 4,2% είναι άλλων εθνικοτήτων. Η Ολλανδία δεν διαθέτει καμία πόλη με πληθυσμό άνω του ενός εκατομμυρίου, όμως οι τέσσερις μεγαλύτερες πόλεις (δηλαδή το Άμστερνταμ, το Ρότερνταμ, η Χάγη και η Ουτρέχτη) καθώς και άλλες περιοχές της χώρας, θεωρούνται συχνά ως ένα ενιαίο πολεοδομικό σύμπλεγμα, το λεγόμενο Ράντσαντ, το οποίο έχει πληθυσμό συνολικά 7 εκατομμύρια κατοίκους.³¹

³⁰ <http://el.wikipedia.org>

³¹ <http://el.wikipedia.org>

3.2 Ο πλημμυρικός κίνδυνος στην Ολλανδία

Το νερό από πάντα έπαιζε κεντρικό ρόλο στην ιστορία της Ολλανδίας. Από τη μία έφερε πλούτο στην Ολλανδία μέσω του εμπορίου και της αλιείας, από την άλλη προκάλεσε και καταστροφές μέσα από μεγάλες πλημμύρες.³² Από γεωγραφικής άποψης, η Ολλανδία, βρίσκεται σε πλεονεκτική θέση καθώς βρίσκεται στη θάλασσα και στα Δέλτα (ένα τριγωνικό κομμάτι γης στις εκβολές ενός ποταμού) τεσσάρων μεγάλων ποταμών. Η παράκτια ζώνη της Ολλανδίας, όμως, με το χερσαίο τμήμα να βρίσκεται σε πολλά σημεία κάτω από τη στάθμη της θάλασσας, ανέκαθεν την καθιστούσε ιδιαίτερος ευάλωτη στις παράκτιες πλημμύρες και τη διάβρωση που οφείλονται σε καταιγίδες ή την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Μάλιστα, οι κάτοικοι των περιοχών που βρίσκονται κάτω από την στάθμη της θάλασσας επί αιώνες έδιναν μάχη ενάντια στις απειλές της θάλασσας. Σήμερα, 2/3 της χώρας βρίσκονται σε άμεσο κίνδυνο από πλημμύρες και πάνω από 5 εκατομμύρια κάτοικοι ζουν στην κυριολεξία κάτω από την στάθμη της θάλασσας.³³ Ένα άλλο γεγονός που καθιστά την χώρα επιρρεπή σε πλημμύρες είναι η καθίζηση των εδαφών. Τα αίτια της εξηγούνται παρακάτω.

3.3 Η καθίζηση του εδάφους στην Ολλανδία

Σε πολλά μέρη της Ολλανδίας υπάρχει μια μικρή φυσική πτώση του επιπέδου του εδάφους. Αυτή η καθίζηση έχει διάφορες αιτίες. Στο παρελθόν, η φυσική καθίζηση του εδάφους αντισταθμιζόταν με την εναπόθεση άμμου και άργιλου κατά την διάρκεια των πλημμυρών από τα μεγάλα ποτάμια της χώρας. Αυτό όμως δεν μπορούσε πλέον να γίνει μετά την κατασκευή αναχωμάτων κατά μήκος των ποταμών. Μια άλλη αιτία είναι η εμπορική εξόρυξη τύρφης και άργιλου. Στα δυτικά της Ολλανδίας, τα εδάφη αυτά περιέχουν πολλά υπόγεια ύδατα με αποτέλεσμα όταν το νερό αποστραγγίζεται, το έδαφος να καθιζάνει. Η αποστράγγιση των υπόγειων υδάτων στην Ολλανδία συμβαίνει εδώ και εκατοντάδες χρόνια με σκοπό να χρησιμοποιηθεί η γη για καλλιέργειες. Τέλος, ένας άλλος λόγος που το έδαφος καθιζάνει είναι επειδή η τύρφη οξειδώνεται όταν βρίσκεται πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα κι αυτό είναι μια πολύ σημαντική αιτία καθίζησης στα λιβάδια τύρφης της δυτικής Ολλανδίας. Οι μεγάλης κλίμακας καλλιέργειες και η εξάπλωση

³² <http://www.deltawerken.com>

³³ <http://www.geog.cam.ac.uk/research/projects/northseastormsurges/>

των πόλεων έχουν επιταχύνει αυτές τις διαδικασίες καθίζησης και οξείδωσης του εδάφους.³⁴



Εικ.4: Χάρτης με τους τύπους εδάφους της Ολλανδίας

Τον 19^ο αιώνα, είχε καταγραφεί καθίζηση του εδάφους που έφτανε το ένα μέτρο σε κάποιες περιοχές της χώρας. Τον 20^ο αιώνα η καθίζηση περιορίστηκε στα 50 εκατοστά λόγω της καλύτερης διαχείρισης του νερού. Σήμερα, ο στόχος είναι να περιοριστεί η καθίζηση στα 25 εκατοστά μέσω του πιο προσεκτικού ελέγχου του

³⁴ <http://www.nederlandleeftmetwater.nl>

επιπέδου των υδάτων. Εν τω μεταξύ, η θαλάσσια στάθμη έχει αυξηθεί κατά 100 μέτρα από την τελευταία εποχή των παγετώνων πριν 10000 χρόνια.³⁵



Εικ.5: Χάρτης με τις περιοχές της Ολλανδίας που είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες (μωβ χρώμα)

³⁵ The Delta Project for safety, wildlife, space and water, Published by The Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 2001

3.4 Ιστορικό πλημμυρών της Ολλανδίας

Από τις πρώτες πλημμύρες για τις οποίες υπάρχουν στοιχεία ήταν αυτή της 26^{ης} Δεκεμβρίου του 838 όπου μια μεγάλη έκταση στα βορειοδυτικά της Ολλανδίας χτυπήθηκε από μια μετεωρολογική παλίρροια. Η έλλειψη αποτελεσματικών αναχωμάτων είχε ως αποτέλεσμα να σκοτωθούν 2437 θύματα και να καταστραφούν πολλά σπίτια από το ύψος του νερού που έφτασε το ύψος των αμμόλοφων. Η επόμενη γνωστή πλημμύρα ήταν αυτή της 28^{ης} Σεπτεμβρίου του 1014 όπου η περιοχή Walcheren υπέστη ιδιαίτερα μεγάλες ζημιές και σκοτώθηκαν χιλιάδες άνθρωποι ενώ απαιτήθηκαν χρόνια μέχρι οι άνθρωποι να καταφέρουν να επαναφέρουν τη ζωή τους σε φυσιολογικούς ρυθμούς και πάλι.³⁶

Άλλες μεγάλες πλημμύρες που συνέβησαν στην Ολλανδία ήταν οι πλημμύρες της Αγίας Ελισάβετ το 1404 και το 1421 οι οποίες είχαν καταστροφικά αποτελέσματα στις περιοχές Zeeland και Flanders. Μάλιστα σε αυτή του 1421 εκτός από τα σπίτια και τις περιοχές που καταστράφηκαν ολοσχερώς, χάθηκαν και 2000 ζωές.

Το 1530 συνέβη μια άλλη μεγάλη πλημμύρα με καταστροφικές συνέπειες στην περιοχή Zeeland ενώ κάποιες πληροφορίες κάνουν λόγο για 400,000 θανάτους.

Η χειρότερη καταστροφή στη προ-σύγχρονη ιστορία της Ολλανδίας ήταν η πλημμύρα των Αγίων Πάντων το 1570. Εκείνη τη χρονιά, την 1^η Νοεμβρίου, τα νερά ανέβηκαν ακόμα υψηλότερα από το 1953. Σε αντίθεση με το παρελθόν, αυτή ήταν η πρώτη φορά που δόθηκε προειδοποίηση για πλημμύρα στους κατοίκους, όμως, κατά ειρωνικό τρόπο, αυτή η προειδοποίηση δεν είχε κανένα αποτέλεσμα αφού αυτή θα ήταν η χειρότερη καταστροφή από πλημμύρες στην μέχρι τότε ιστορία της Ολλανδίας. Τα πολυάριθμα αναχώματα στις ακτές της Ολλανδίας κατέρρευσαν και το σύνολο της ακτής μεταξύ των περιοχών Flanders και Groningen ακόμα και μέχρι τα βορειοδυτικά της Γερμανίας πλημμύρισε. Μόνο στην περιοχή Friesland έχασαν τη ζωή τους πάνω από 3000 άνθρωποι ενώ σε μια επιστολή του προς τον βασιλιά Φίλιππο II ο δούκας της Alfa ανέφερε ότι τα 5/6 της συνολικής έκτασης της Ολλανδίας βρίσκονταν κάτω από το νερό.

³⁶ The Delta Project for safety, wildlife, space and water, Published by The Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 2001

Το 1717, κατά τη διάρκεια της νύχτας των Χριστουγέννων, οι παράκτιες περιοχές της Ολλανδίας, της Γερμανίας και της Σκανδιναβίας επλήγησαν πολύ σοβαρά από μια βορειοδυτική καταιγίδα με αποτέλεσμα την χειρότερη πλημμύρα των τελευταίων τεσσάρων αιώνων και την τελευταία μεγάλη πλημμύρα που χτύπησε τα βόρεια της Ολλανδίας. Εκτιμάται ότι οι θάνατοι από αυτή την πλημμύρα έφτασαν τους 14,000.

Το 1916 συνέβησαν οι πλημμύρες της περιοχής Zuiderzee οι οποίες μπορεί να μην ήταν τόσο σοβαρές όσο οι προηγούμενες που αναφέρθηκαν, αλλά είχαν κι αυτές καταστροφικές συνέπειες οι οποίες είχαν ως αποτέλεσμα να παρθούν αποφάσεις για την αποκατάσταση της περιοχής Zuiderzee με την κατασκευή των έργων Zuiderzeewerks. Τα συγκεκριμένα έργα ήταν βασισμένα στο σχέδιο του Cornelis Lely ο οποίος εργαζόταν στο Υπουργείο Δημοσίων Έργων της Ολλανδίας. Το σχέδιο του Lely προέβλεπε την οικοδόμηση ενός αναχώματος από την περιοχή Noord-Holland έως το Friesland μέσω των υιστάμενων νησιών Wieringen. Μετά την κατασκευή του αναχώματος που ονομάστηκε Afsluitdijk, η λίμνη IJsselmeer θα μπορούσε πλέον να αποξηρανθεί. Η δεύτερη φάση του σχεδίου περιελάμβανε την κατασκευή ενός επιπλέον αναχώματος από την περιοχή Den Helder μέχρι το νησί Terschelling και έπειτα μέχρι τα νησιά Ameland, Schiermonnikoog και Rottum (Τα λεγόμενα νησιά Waddenzee). Με άλλα λόγια, ένα μεγάλο μέρος του Waddenzee θα καλυπτόταν από το κατασκευασμένο ανάχωμα. Το ανάχωμα Afsluitdijk ολοκληρώθηκε το 1932 και το μήκος του έφτανε τα 32 χλμ.³⁷



Εικ.6: Το ανάχωμα Afsluitdijk όπως είναι σήμερα

³⁷ <http://www.deltawerken.com>



Εικ.7: Δορυφορική εικόνα του αναχώματος Afsluitdijk

3.5 Η πλημμύρα της Βόρειας θάλασσας το 1953

Τη νύχτα της 31ης Ιανουαρίου 1953 και το πρωί της 1^{ης} Φεβρουαρίου 1953, ο συνδυασμός μιας μετεωρολογικής παλίρροιας³⁸ και μιας παλίρροιας συζυγιών³⁹ με Βορειο – δυτική κατεύθυνση στη Βόρεια θάλασσα, οδήγησε σε μια εκτεταμένη φυσική καταστροφή που έπληξε το Ηνωμένο Βασίλειο, το Βέλγιο και την Ολλανδία. Το ύψος των νερών έφτασε τοπικά μέχρι και τα 5.6 μέτρα πάνω από τη στάθμη της θάλασσας προκαλώντας τεράστιες βλάβες στα αναχώματα ιδιαίτερα στις περιοχές Zeeland, South Holland και Noord-Brabant. Και στα νησιά αλλά και στα ηπειρωτικά της χώρας υπήρχαν πολλές περιοχές μεγάλων εκτάσεων που

³⁸ Μετεωρολογική παλίρροια: Η διεύδυση θαλάσσιου νερού σε παράκτιες χερσαίες περιοχές που οφείλεται στην ανύψωση του επιπέδου της θαλάσσιας επιφάνειας λόγω μετεωρολογικών συνθηκών. Οι συνθήκες αυτές περιλαμβάνουν ιδιαίτερα ισχυρούς ανέμους που πνέουν προς την ακτή και οδηγούν στη συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων θαλάσσιου νερού καθώς και χαμηλή ατμοσφαιρική πίεση που οδηγεί σε ανύψωση του επιπέδου της θαλάσσιας επιφάνειας. (Από: Καρύμπαλης, Ε., Θ., Παράκτια Γεωμορφολογία, Εκδόσεις Ίων, 2010)

³⁹ Παλίρροια συζυγιών: παλίρροια που συμβαίνει όταν ο ήλιος, η σελήνη και η γη ευθυγραμμίζονται. Η στάθμη κατά την πλημμυρίδα, που προκαλείται από την παλίρροια αυτή, βρίσκεται υψηλότερα από τη μέση στάθμη πλημμυρίδας της συγκεκριμένης περιοχής ενώ η στάθμη κατά την άμπωτη είναι αντίστοιχα χαμηλότερη από τη μέση στάθμη άμπωτης. (Από: Καρύμπαλης, Ε., Θ., Παράκτια Γεωμορφολογία, Εκδόσεις Ίων, 2010)

είχαν πλημμυρίσει εντελώς από τα νερά. Προειδοποιήσεις από το Μετεωρολογικό Ινστιτούτο της χώρας δεν δόθηκαν έγκαιρα, με αποτέλεσμα οι κάτοικοι να είναι εντελώς απροετοίμαστοι και ανίκανοι να αντιδράσουν. Συνολικά 2.167 άνθρωποι σκοτώθηκαν από τους οποίους οι 1.836 ήταν Ολλανδοί. Αυτή η καταστροφή επηρέασε τον τρόπο που η Ολλανδία προστατεύεται απέναντι στη θάλασσα σήμερα αλλά και στο μέλλον.⁴⁰

3.5.1 Το μετεωρολογικό υπόβαθρο της πλημμύρας του 1953

Η καταστροφική πλημμύρα του '53 ήταν αποτέλεσμα ενός συνδυασμού παραγόντων που παράγουν ένα φαινόμενο γνωστό ως μετεωρολογική παλίρροια κατά το οποίο το νερό της θάλασσας οδηγείται προς την ακτή προκαλώντας εξαιρετικά υψηλή παλίρροια.

Το ιδιαίτερα μεγάλα επίπεδα της θαλάσσιας στάθμης προκλήθηκαν από ένα χαμηλό βαρομετρικό που εντοπίστηκε να κατευθύνεται νοτιοανατολικά στην Βόρεια θάλασσα. Η χαμηλή ατμοσφαιρική πίεση (976 millibars) στο κέντρο του προκάλεσε την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά μισό μέτρο. Οι θυελλώδεις άνεμοι που έπνεαν από τα βόρεια προκάλεσαν κύματα που ξεπέρασαν τα 6 μέτρα σε ύψος με αποτέλεσμα τα νερά να συσσωρευτούν στο νότιο τμήμα της Βόρειας Θάλασσας προς την Ολλανδία. Η γεωγραφία και τοπογραφία της Βόρειας θάλασσας που γίνεται πιο στενή και ρηχή στα νότια συνέβαλλε επίσης στα εξαιρετικά υψηλά επίπεδα των υδάτων κατά μήκος της ακτής της Ολλανδίας.⁴¹

Η μετεωρολογική παλίρροια συνέπεσε επίσης με τις υψηλές ποτάμιες εκροές στην Βόρεια θάλασσα και με την παλίρροια συζυγιών, μέσω της οποίας, υπό την επίδραση της θέσης του ήλιου και της σελήνης, η στάθμη του νερού ήρθε πιο ψηλά από το συνηθισμένο. Η υψηλότερη στάθμη νερού καταγράφηκε στις 03:24 π.μ. εκείνο το πρωί: 4.55 μέτρα πάνω από την μέση στάθμη θάλασσας (N.A.P.).⁴² Τα αναχώματα δεν ήταν σχεδιασμένα να αντέξουν τόσο υψηλή στάθμη νερού και

⁴⁰ McRobie, A., Spencer, T., Gerritsen, H., The Big Flood: North Sea storm surge, Philosophical Transactions of The Royal Society, 2005

⁴¹ 50th Anniversary of the North Sea Flood of Hamburg, Munich Re, 2012

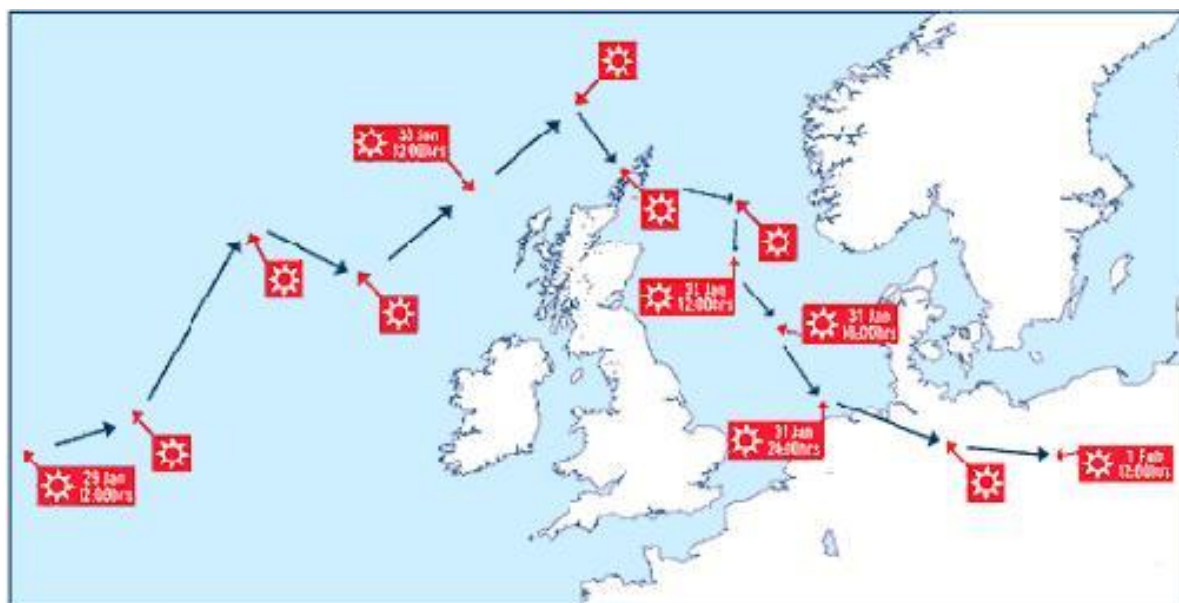
⁴² NAP: Normaal Amsterdams Peil : Μέση στάθμη των υδάτων του Άμστερνταμ (Από: http://www.amsterdam.no/norske_spor/NAP-project/nap-project-no.html)

τα πρώτα αναχώματα άρχισαν να αστοχούν πριν την ανώτατη στάθμη. Συνολικά 89 αναχώματα καταστράφηκαν.⁴³

3.5.2 Τι προκάλεσε την μετεωρολογική παλίρροια

Τις πρώτες πρωινές ώρες της 30^{ης} Ιανουαρίου 1953, η καταιγίδα που επρόκειτο να προκαλέσει χάος στην Ολλανδία, έδειχνε να είναι μια φυσιολογική ύφεση με κεντρική πίεση 996 millibars και βρισκόταν περίπου στα νότια της Ισλανδίας. Ενώ έδειχνε φυσιολογική αυτή η ύφεση, κατά τη διάρκεια της ημέρας η πίεση έπεσε ακόμα χαμηλότερα ενώ κατευθυνόταν προς τα ανατολικά.

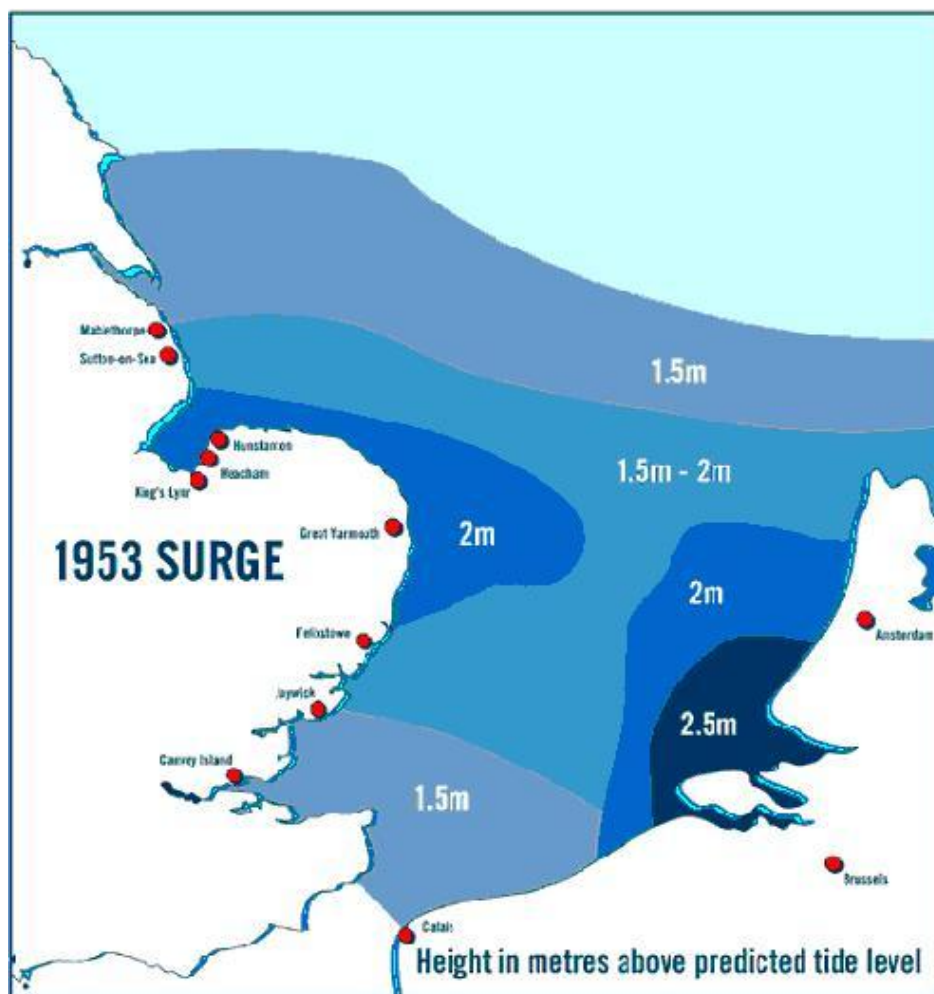
Στις 18:00 μ.μ. την ίδια μέρα, η ύφεση βρισκόταν κοντά στις νήσους Φερόες με κεντρική πίεση 980 millibars. Στις 31 Ιανουαρίου στις 12:00 το μεσημέρι βρισκόταν πάνω από το κέντρο της Βόρειας θάλασσας μεταξύ του Aberdeenshire και της νότιας Νορβηγίας με κεντρική πίεση 968 millibars. Στο μεταξύ μια ισχυρή κορυφογραμμή υψηλής πίεσης είχε δημιουργηθεί πάνω από τον Ατλαντικό Ωκεανό νότια της Ισλανδίας με πίεση στο εσωτερικό της πάνω από 1030 millibars. Άνεμοι μεγάλης ισχύος αναφέρθηκαν σε μέρη της Σκωτίας και της Αγγλίας. Η ύφεση γύρισε προς τα νότιο-ανατολικά και η πίεση έπεσε στα 966 millibars. Το μεσημέρι της 1^{ης} Φεβρουαρίου, η ύφεση βρισκόταν στην βόρεια Γερμανία με πίεση στο κέντρο της στα 984 millibars.



Εικ.8: Η πορεία του μετεωρολογικού συστήματος που προκάλεσε την πλημμύρα του 1953 (Από: <http://www.marinet.org.uk/mad/nseasurges.html>)

⁴³ <http://www.naturegrid.org.uk/rivers/gt%20stour%20case%20study-pages/fld-cstl.html>

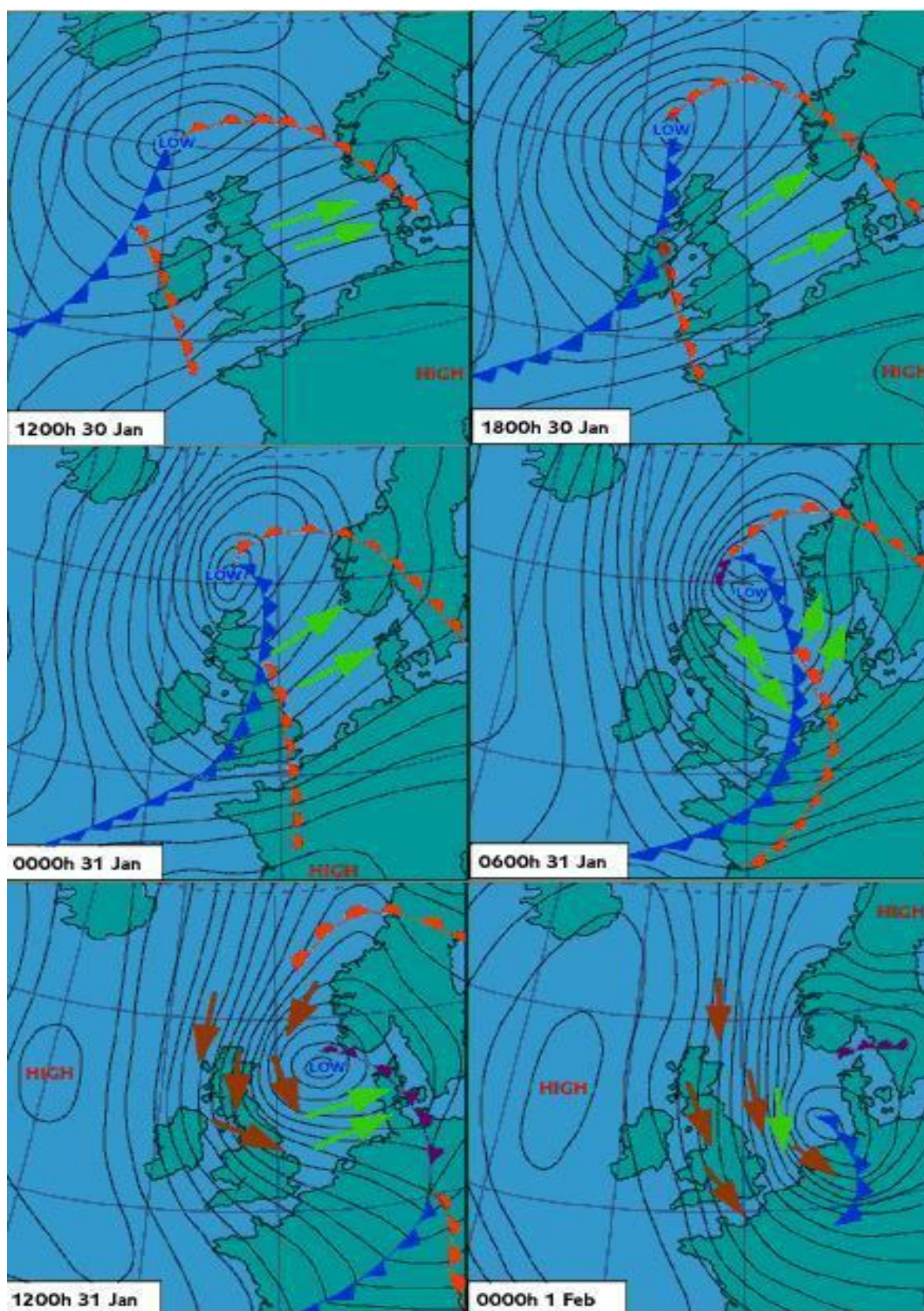
Όλη μέρα, στις 31 Ιανουαρίου, άνεμοι έντασης 10-11 μποφόρ έπνεαν από τα βόρεια προς τα δυτικά μέρη της Βόρειας θάλασσας οδηγώντας τα νερά νότια και δημιουργώντας κύματα που το ύψος τους ξεπερνούσε τα 8 μέτρα.⁴⁴ Η παλίρροια αυτή γεννήθηκε στα νερά στα ανοιχτά της βόρειο-ανατολικής Σκωτίας και ενισχύθηκε καθώς ταξίδεψε πρώτα νότια, κατά μήκος των ανατολικών ακτών της Σκωτίας και της Αγγλίας, και μετά βόρειο-ανατολικά κατά μήκος της ακτής της Ολλανδίας. Στο IJmuiden της Ολλανδίας έφτασε την 1^η Φεβρουαρίου στις 4 το πρωί.⁴⁵



Εικ.9: Διάγραμμα με το ύψος σε μέτρα πάνω από το προβλεπόμενο επίπεδο παλίρροιας

⁴⁴ McRobie, A., Spencer, T., Gerritsen, H., *The Big Flood: North Sea storm surge*, Philosophical Transactions of The Royal Society, 2005

⁴²<http://www.metoffice.gov.uk/education/teens/case-studies/floods>



Εικ.10: Χάρτης καιρού με την πορεία της ύφεσης που προκάλεσε την πλημμύρα του 1953

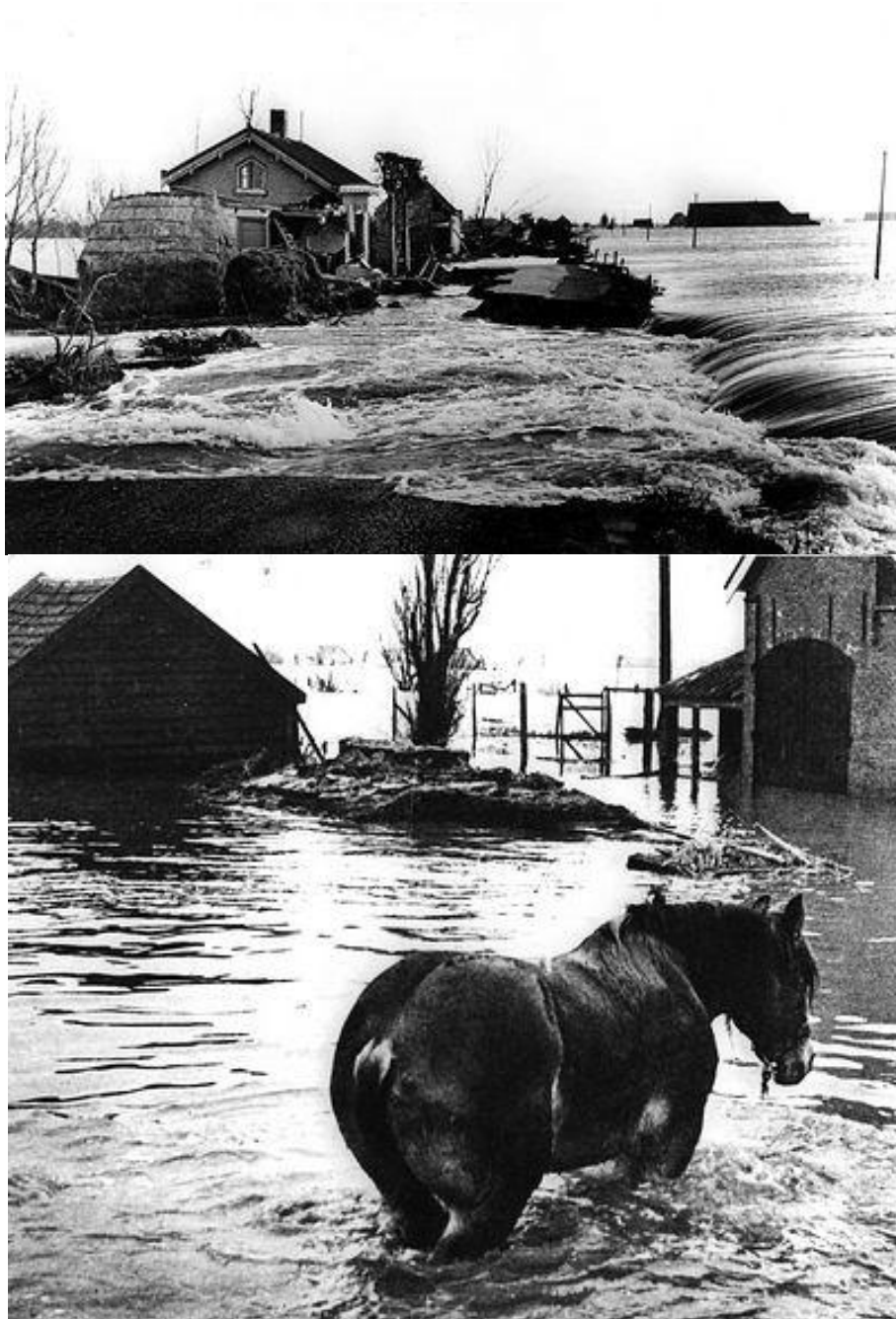
Οι καταστροφικές συνέπειες της πλημμύρας του 1953:

- 2167 νεκροί λόγω της καταστροφής
- 200,000 εκτρεφόμενα ζώα πνίγηκαν
- 200,000 εκτάρια γης πλημμύρησαν
- 3,000 σπίτια και 300 αγροκτήματα καταστράφηκαν
- 40,000 σπίτια και 3,000 αγροκτήματα υπέστησαν ζημιές
- 72,000 άνθρωποι απομακρύνθηκαν
- 91 χιλιόμετρα αναχωμάτων υπέστησαν σοβαρές ζημιές στην zuid- Holland με τρύπες που ξεπερνούσαν το 1 χλμ.
- 10 χιλιόμετρα αναχωμάτων υπέστησαν σοβαρές ζημιές στο Noord – Brabant
- 38 χιλιόμετρα αναχωμάτων υπέστησαν σοβαρές ζημιές στην Zeeland με τρύπες που ξεπερνούσαν τα 3.5 χιλιόμετρα.⁴⁶



Εικ.11: Διάρρηξη φράγματος από τα νερά στην μεγάλη πλημμύρα του 1953

⁴⁶ <http://www.deltawerken.org>



Εικ.12: Εικόνες καταστροφής μετά από την πλημμύρα του 1953

3.6 Αντιπλημμυρικά μέτρα της Ολλανδίας πριν το 1953

Κατά τους αρχαίους χρόνους, οι Ολλανδοί άρχισαν να προστατεύονται από τα νερά των ποταμών που διασχίζουν τη χώρα με την δημιουργία αμμολόφων στα πλαϊνά των ποταμών. Λόγω του ύψους τους, οι αμμόλοφοι αποτελούσαν ελκυστικό μέρος για το χτίσιμο οικισμών γι' αυτό και πολλές πόλεις χτίστηκαν πάνω τους. Η προστασία που προσέφεραν όμως αυτοί οι αμμόλοφοι δεν ήταν επαρκής με αποτέλεσμα οι πόλεις να πλημμυρίζουν συχνά από τα νερά των ποταμών. Αυτοί οι αμμόλοφοι αποτέλεσαν τους προάγγελους των πρώτων

αναχωμάτων που ξεκίνησαν να κατασκευάζονται αργότερα, κατά τον 10^ο αιώνα, τοπικά στα ανάντη των οικισμών. Οι πλημμύρες συνέχισαν να πλήττουν τους οικισμούς και έτσι το 1300 καθιερώθηκε ένα καινούριο κλειστό σύστημα αναχωμάτων. Αυτό το καινούριο σύστημα, όμως δεν εγγυόταν πλήρη προστασία από τις πλημμύρες καθώς πολλά αναχώματα ήταν χαμηλά σε ύψος και αδύναμα να συγκρατήσουν τα νερά των πλημμυρών. Έτσι, κάθε χειμώνα η ενδοχώρα βρισκόταν κατακλυσμένη από τα νερά των ποταμών.⁴⁷

Εκτός από τους αμολόφους και τα αναχώματα, σε μερικές πόλεις επιχειρήθηκε και η μετατροπή της πορείας των ποταμών όπως για παράδειγμα τον 14^ο αιώνα που η πορεία του ποταμού IJssel μετατράπηκε στην πόλη Zutphen λόγω του μεγάλου κινδύνου πλημμύρας που υπήρχε στα νότια της πόλης. Το 1874 διακυρήχθηκε το νομοσχέδιο Οχύρωσης της Ολλανδίας το οποίο όμως σχεδιάστηκε για την γενική ασφάλεια αλλά όχι για την προστασία από τις πλημμύρες, όμως σε αρκετές πόλεις τα προπύργια της οχύρωσης διατηρήθηκαν καθώς εξυπηρετούσαν και τον σκοπό της αντιπλημμυρικής προστασίας.⁴⁸

Τον 20^ο αιώνα, λόγω της συνεχούς αστικοποίησης γύρω από τα ποτάμια, πολλές κοίτες ποταμών χάθηκαν ενώ στα τέλη της δεκαετίας του '50 κατασκευάστηκαν αναχώματα γύρω από τον ποταμό IJssel. Καθώς οι κοίτες μειώνονταν ταχύτατα, το ύψος του νερού ανέβαινε επικίνδυνα προκαλώντας την υποβάθμιση της ασφάλειας της ενδοχώρας. Η βελτίωση των ήδη υπάρχοντων αντιπλημμυρικών έργων ήταν απαραίτητη και γι' αυτό το λόγο ειδικά τοπικά κυβερνητικά σώματα, τα λεγόμενα Dutch water boards, ανέλαβαν να ενισχύσουν τα αναχώματα. Όμως, τα αναχώματα δεν ήταν αρκετά ψηλά ώστε να συγκρατήσουν τα υψηλά επίπεδα νερού που προκαλούσαν οι πλημμύρες. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα κάθε φορά που τα αναχώματα παραβιάζονταν ή διαρρηγνύονταν από τις πλημμύρες να γίνονται βελτιωτικά έργα στα αναχώματα ανάλογα με το ύψος που είχε φτάσει η στάθμη του νερού στην τελευταία πλημμύρα. Έτσι, κάθε αύξηση στην σφοδρότητα και το ύψος της στάθμης του νερού των επόμενων πλημμύρων οδηγούσε σε διαδοχικές αποτυχίες των κατασκευασμένων αναχωμάτων. Αυτό ακριβώς συνέβη και με τη

⁴⁷ Kielen, N., *Water Management In The Netherlands in Transition*, Wiley Interscience, 2009

⁴⁸ Hoeksema, R., J., *Three Stages in the History of Land Reclamation in the Netherlands*, Wiley Interscience, 2007

μεγάλη πλημμύρα του 1953 η οποία απέδειξε για άλλη μια φορά ότι το υπάρχον σύστημα αναχωμάτων δεν ήταν επαρκές για την προστασία από τις πλημμύρες. Ήταν πλέον ξεκάθαρο ότι υπήρχε ανάγκη για μια καινούργια προσέγγιση στο θέμα της αντιπλημμυρικής προστασίας.⁴⁹

3.7 Αντιπλημμυρικά μέτρα της Ολλανδίας από το 1953 μέχρι σήμερα

3.7.1 Η επιτροπή Δέλτα και το Σχέδιο Δέλτα

Μετά την μεγάλη και καταστροφική πλημμύρα του 1953, συγκεκριμένα 20 μέρες μετά, ιδρύθηκε η Επιτροπή Δέλτα η οποία, για να αποφευχθεί να ξαναγίνει ένα γεγονός τέτοιου μεγέθους όπως η πλημμύρα του '53, έθεσε σε εφαρμογή το σχέδιο Δέλτα. Σκοπός, λοιπόν, αυτής της επιτροπής ήταν, μέσω του Σχεδίου Δέλτα, να πετύχει δυο στόχους: πρώτον, να αποστραγγιστούν οι περιοχές που πλημμυρίζουν τακτικά σε περιόδους ανύψωσης της στάθμης του νερού και να προστατευτούν από αυτά και δεύτερον, να προστατευτεί η ξηρά από το να γίνει υφάλμυρη. Σύμφωνα με το Σχέδιο Δέλτα (Delta Project), θα έπρεπε να κατασκευαστούν φράγματα στις εκβολές των ποταμών Oosterschelde, Haringvliet και Grevelingen. Αυτό θα μείωνε το μήκος των εκτιθέμενων στη θάλασσα αναχωμάτων κατά 640χλμ, ενώ οι εκβολές των ποταμών Nieuwe Waterweg και Westerschelde θα έμεναν ανοιχτές καθώς συνδέονταν με τα λιμάνια του Rotterdam και του Antwerpen αντίστοιχα. Ταυτόχρονα, το ύψος των αναχωμάτων κατά μήκος αυτών των εκβολών θα αυξανόταν και θα ενισχυόταν. Τα έργα αυτά θα συνδυάζονταν και με την κατασκευή υποδομών στους δρόμους και τις θαλάσσιες οδούς για να τονωθεί η οικονομία της περιοχής Zeeland αλλά και για να βελτιωθεί η σύνδεση μεταξύ των λιμανιών του Rotterdam και του Antwerpen. Η επιτροπή Delta τελικά έδωσε πέντε γνωμοδοτήσεις, που αποτέλεσαν το σχέδιο Delta, στις 18 Οκτωβρίου 1955. Το σχέδιο θα εκτελούνταν για 25 χρόνια, ενώ το κόστος εκτιμήθηκε σε 1.5 με 2 δις Ολλανδικές κορόνες (περίπου 680 με 900 εκατομμύρια Ευρώ). Η καλή ποιότητα της κατασκευής των φραγμάτων εξασφαλίστηκε νομικά με το νόμο Δέλτα (Delta Law) το 1959⁵⁰, σύμφωνα με τον οποίο οι επενδύσεις σε

⁴⁹ Stalenberg, B., Vrijling, J., K., *Interaction between Dutch flood protection and Urbanisation*, International Symposium of Lowland Technology, Japan, 2006

⁵⁰ <http://www.deltaworks.org>

αντιπλημμυρικά έργα θα γίνονταν με πρότυπο ένα συγκεκριμένο εννοιολογικό πλαίσιο, το Delta Norm. Το Delta Norm λειτουργούσε ως εξής:

- Θα εντοπίζονταν μεγάλες περιοχές που έχριζαν αντιπλημμυρικής προστασίας. Αυτές οι περιοχές ήταν γνωστές και ως περιοχές δαχτύλιων αναχωμάτων (dike ring areas) καθώς προστατεύονταν περιμετρικά από αναχώματα.
- Το κόστος των πλημμυρών θα υπολογιζόταν με την χρήση ενός στατιστικού μοντέλου που λάμβανε υπόψη τις ζημιές σε περιουσίες, τις απώλειες στην παραγωγή και ένα συγκεκριμένο ποσοστό ανά απώλεια ανθρώπινης ζωής.
- Έπειτα, γινόταν υπολογισμός των πιθανοτήτων μιας συγκεκριμένης πλημμύρας εντός της προκαθορισμένης περιοχής.

Η επιτροπή αρχικά έθεσε ως αποδεκτή πιθανότητα πλήρους αποτυχίας όλων των περιοχών dike ring της χώρας την αναλογία 1 προς 125,000 χρόνια. Ωστόσο, το κόστος κατασκευής μιας αντιπλημμυρικής προστασίας τέτοιου υψηλού επιπέδου θεωρήθηκε αρκετά μεγάλο, γι' αυτό τελικά ορίστηκαν αποδεκτές πιθανότητες αποτυχίας ανάλογα με την περίπτωση κάθε περιοχής ως εξής:

- North και South Holland: 1 στα 10,000 χρόνια
- υπόλοιπες περιοχές που κινδύνευαν από θαλάσσιες πλημμύρες: 1 στα 4,000 χρόνια
- μεταβατικές περιοχές μεγάλου ή μικρού υψομέτρου: 1 στα 2,000 χρόνια.

Οι ποτάμιες πλημμύρες προκαλούν λιγότερες ζημιές από τις θαλάσσιες πλημμύρες γι' αυτό οι περιοχές που ήταν ευάλωτες σε ποτάμιες πλημμύρες είχαν μεγαλύτερη αναλογία πιθανότητας αποτυχίας σε σχέση με το χρόνο. Επίσης, ο κίνδυνος για ανθρώπινες απώλειες ήταν μικρότερος σε αυτές τις περιοχές λόγω του μεγαλύτερου χρόνου που υπάρχει για προειδοποίηση των κατοίκων. Έτσι, η περιοχή South Holland κινδυνεύει από ποτάμια πλημμύρα 1 φορά στα 1,250 χρόνια και οι υπόλοιπες περιοχές 1 φορά στα 250 χρόνια.⁵¹

⁵¹ Peter C. G. Glas, *The Dutch approach*, Unie Van Waterschappen, Paris, 2010

Μέσα στα όρια αυτών των αποδεκτών πιθανότητων πλημμύρας που καθιέρωσε ο νόμος Δέλτα απαιτήθηκε να τηρήσει η κυβέρνηση τον κίνδυνο για πλημμύρες και να αναβαθμίσει ανάλογα την άμυνά της απέναντί τους. Αυτά τα όρια ενσωματώθηκαν επίσης και στο νέο νόμο Υδάτων (Water Law) το 2009.⁵²

Το σχέδιο Δέλτα (Delta Project), του οποίου μέρος αποτελούν και τα έργα Δέλτα (Delta Works), έχει σχεδιαστεί με βάση τις παραπάνω κατευθυντήριες γραμμές του Delta Law.



Εικ.13: Χάρτης με τις πιθανότητες αποτυχίας των αναχωμάτων όπως ορίστηκαν το 1960 από την επιτροπή Delta και τον νόμο Delta Law

⁵² http://en.wikipedia.org/wiki/Delta_Works

3.8 Τα έργα Δέλτα (Delta Works)

Τα διαφορετικά κομμάτια των έργων της Delta δεν μπορούσαν να ολοκληρωθούν ταυτόχρονα, γι' αυτό το τμήμα Υδάτινων Οδών και Δημοσίων Έργων επέλεξε να ακολουθήσει μια λογική σειρά: από τα μικρά στα μεγάλα και από τα απλά στα πολύπλοκα. Το τμήμα Υδάτινων Οδών και Δημοσίων Έργων έλαβε ακόμα υπόψη ότι η προστασία έναντι των πλημμυρών θα έπρεπε να ολοκληρωθεί όσο το δυνατό γρηγορότερα. Έτσι, αποφασίστηκε να γίνουν τα έργα με την εξής σειρά:⁵³

1. Κατασκευή φράγματος στο ποταμό IJssel (1958)
2. Κατασκευή φράγματος στο Zandkreek (1960)
3. Κατασκευή φράγματος στο Veerse Gat (1961)
4. Κατασκευή φράγματος στο Grevelingen (1965)
5. Κατασκευή φράγματος στο Volkerak (1969)
6. Κατασκευή φράγματος στο Haringvliet (1971)
7. Κατασκευή φράγματος στο Brouwershavense Gat
8. Κατασκευή φράγματος στο Markiezaat (1983)
9. Κατασκευή φράγματος στο Ανατολικός Schelde (1986)
10. Κατασκευή φράγματος στο Oester (1986)
11. Κατασκευή φράγματος στο Philips (1987)
12. Κατασκευή φράγματος στο Bath (1987)
13. Κατασκευή φράγματος στο Hartel (1997)
14. Κατασκευή φράγματος στο Maesland (1997)

⁵³ http://en.wikipedia.org/wiki/Delta_Works



Εικ.14: Οι τοποθεσίες των έργων Δέλτα πάνω στον χάρτη της Ολλανδίας

3.8.1 Τεχνικές κατασκευής των φραγμάτων

Κιβώτια από σκυρόδεμα

Η κατασκευή των φραγμάτων στις κοίτες ήταν εξαιρετικά προβληματική, λόγω της μεγάλης ταχύτητας του ρέοντος νερού. Η άμμος και οι πέτρες που θα αποτελούσαν το φράγμα ξεπλένονταν. Επομένως επινοήθηκε μια νέα τεχνική: ο υδατοστεγής θάλαμος Phoenix. Οι θάλαμοι αυτοί ήταν προκατασκευασμένα

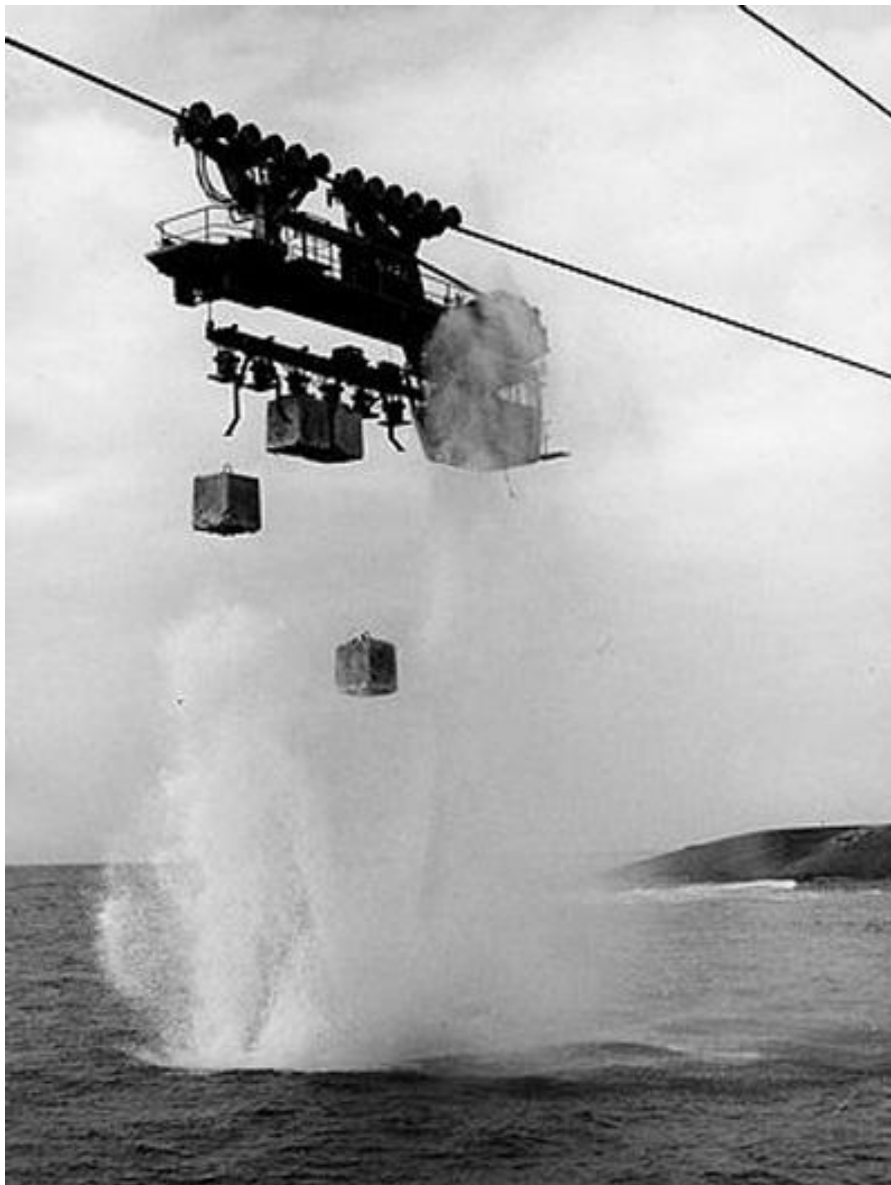
κούφια κουτιά από σκυρόδεμα, το οποία θα μπορούσαν να τοποθετηθούν το ένα δίπλα το άλλο μέσα στην κοίτη. Με τον τρόπο αυτό, θα μπορούσαν να ενωθούν μεταξύ τους και να σχηματίσουν ένα φράγμα. Κατά τη μεταφορά στην κοίτη, το κιβώτιο ήταν προσωρινά κλεισμένο με ξύλινες σανίδες. Όταν έφταναν στον προορισμό τους, τα κιβώτια βυθίζονταν και οι ξύλινες σανίδες αφαιρούνταν. Έτσι, όλα τα κιβώτια κατέληγαν το ένα δίπλα στο άλλο και γίνονταν κομμάτι των μόνιμων εργασιών. Το φράγμα αρχικά είχε ένα ανοιχτό τμήμα μέσω του οποίου, το νερό της θάλασσας κατά την άμπωτη και την παλίρροια μπορούσε σχεδόν ανεμπόδιστο να ρεεί μέσα από τα κούφια κιβώτια. Μετά την τοποθέτησή τους, τα κιβώτια γεμίζονταν με άμμο και αμμοχάλικο. Πέτρες και άμμος προστέθηκαν επίσης στη βάση των κιβωτίων, πριν κλείσουν οι ενσωματωμένες πόρτες σε αυτά. Με το να αφήσουν κάτω τα βλήτρα (:Κομμάτι από βέργα οπλισμού που χρησιμοποιείται σαν συνδετικό μεταξύ δύο στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος), το στένωμα του κόλπου έκλεινε μονομιάς και το φράγμα μπορούσε να ολοκληρωθεί. Το Veersegetdam και τμήματα των Grevelingendam, Volkerakdam και Brouwersdam ολοκληρώθηκαν με αυτή την τεχνική.⁵⁴

Το τελεφερίκ

Για ορισμένα τμήματα των φραγμάτων, τα κιβώτια αποδείχθηκε ότι δεν ήταν ο κατάλληλος τρόπος για να κλείσουν την κοίτη. Έτσι, χρησιμοποιήθηκε μια επαναστατική τεχνική. Μέσω του τελεφερίκ μεγάλα κουτιά από σκυρόδεμα, βάρους 2.5 τόνους το καθένα, εναποτέθηκαν στο νερό. Κατασκευάστηκε μια γόνδολα, η οποία θα μπορούσε να μεταφέρει 15 τόνους υλικού. Με τη βοήθεια τανάλιας, τα κουτιά μπορούσαν να κρεμαστούν από την καμπίνα. Μετά τη ρίψη του τεράστιου μπλοκ από σκυρόδεμα στη θάλασσα, το φράγμα γεμιζόταν με άμμο, ώστε να μην είναι πλέον δυνατή η ροή νερού μέσα από αυτό. Η τεχνική αυτή εφαρμόστηκε στα Grevelingendam, Haringvlietdam και Brouwersdam.⁵⁵

⁵⁴ <http://www.deltawerken.com>

⁵⁵ <http://www.deltawerken.com>



Εικ.15: Τελεφερίκ που μεταφέρει τα κιβώτια σκυροδέματος για την κατασκευή φράγματος

3.8.2 Προβλήματα κατά την κατασκευή των φραγμάτων και τροποποιήσεις

Κατά την διάρκεια των έργων Δέλτα έγιναν κάποιες αναγκαίες τροποποιήσεις στο σχέδιο που είχε αρχικά αποφασιστεί λόγω δημοσίων πιέσεων. Στην περίπτωση του Nieuwe Waterweg, για παράδειγμα, η αύξηση του ύψους και η σχετική διεύρυνση των αναχωμάτων αποδείχθηκαν πολύ δύσκολη υπόθεση καθώς για να γίνουν αυτά τα έργα ανύψωσης και διεύρυνσης θα έπρεπε να καταστραφούν πολλά ιστορικά κτίρια. Για αυτό τον λόγο, αποφασίστηκε τελικά να χτιστεί ένα ιδιαίτερου σχεδιασμού φράγμα προστασίας από μετεωρολογικές παλίρροιες, το Maeslantkering, ενώ σε κάποια σημεία θα γίνονταν και βελτιωτικές κατασκευές ανύψωσης και διεύρυνσης σε αναχώματα. Επειδή το Nieuwe Waterweg ήταν ο

κύριος θαλάσσιος δρόμος προς το λιμάνι του Ρότερνταμ, το προστατευτικό αυτό φράγμα δεν επρεπε να μπλοκάρει το δρόμο των πλοίων, και μόνο κάτω από εξαιρετικές συνθήκες θα έπρεπε να κλείσει. Το σχέδιο που εγκρίθηκε αποτελούνταν από δύο καμπύλες ατσάλινες πόρτες που θα βυθίζονταν στον πυθμένα του πλωτού δίαυλου. Το Maeslantkering είναι το μοναδικό προστατευτικό φράγμα καταιγίδας στον κόσμο που διαθέτει τόσο μεγάλα κινούμενα μέρη; οι πόρτες του είναι 240 μέτρα η κάθε μια. Υπό κανονικές καιρικές συνθήκες, οι δύο πόρτες είναι πλήρως ανοιχτές, αποθηκευμένες σε μια αποβάθρα παραπλεύρως του νερού. Αυτό επιτρέπει στα πλοία την πρόσβαση στο λιμάνι του Ρότερνταμ χωρίς καμία δυσκολία. Σε περίπτωση καταιγίδας οι πόρτες κλείνουν. Το καμπύλο σχήμα τους προσδίδει αντοχή στη δύναμη του νερού κατά τη διάρκεια της καταιγίδας. Το Σάββατο 10 Μαΐου 1997 πραγματοποιήθηκαν τα επίσημα εγκαίνια του προστατευτικού Nieuwe Waterweg στο Hoek van Holland. Χάρη σε αυτό το προστατευτικό ένα εκατομμύριο άνθρωποι προστατεύονται από τη θάλασσα.

Μια άλλη περίπτωση τροποποιήσεων στον αρχικό σχεδιασμό αποτελεί και ο ποταμός Oosterschelde για τον οποίο το αρχικό σχέδιο Δέλτα προέβλεπε την κατασκευή φράγματος. Όμως, περιβαλλοντικές ομάδες αλλά και η βιομηχανία αλιείας ξεσηκώθηκαν για να εμποδίσουν να γίνει αυτό το φράγμα το οποίο θα είχε ως αποτέλεσμα να μετατραπούν τα νερά του ποταμού σε μια λίμνη γλυκού νερού οδηγώντας στην απώλεια του υπάρχοντος οικοσυστήματος αλμυρού νερού με σοβαρές συνέπειες και στην συγκομιδή στρειδιών. Τελικά, αποφεύχθηκε η κατασκευή ενός μόνιμου φράγματος και αποφασίστηκε η κατασκευή ενός κινητού φράγματος προστασίας από καταιγίδες. Το φράγμα του Oosterschelde, το λεγόμενο Oosterscheldekering, θα ήταν ένα προστατευτικό διαχωριστικό, όπου οι πόρτες θα έκλειναν μόνο κάτω από ακραίες καιρικές συνθήκες. Με τον τρόπο αυτό, το μοναδικό θαλάσσιο περιβάλλον, οι καλλιέργιες μυδιών και μαργαριταριών και οι παλίρροιες θα παρέμεναν ανέπαφες. Το προστατευτικό έναντι των κυματισμών κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας, με συνολικό μήκος 3 χιλιόμετρα θα αποτελούνταν από 65 προκατασκευασμένοι πυλώνες από σκυρόδεμα, μεταξύ των οποίων θα τοποθετούνταν 62 ατσάλινες πόρτες. Το αρχικό έδαφος θεμελίωσης ήταν ακατάλληλο. Για την βελτίωση του εδάφους μια σειρά από διαδικασίες εφαρμόστηκαν, για παράδειγμα, η τοποθέτηση συνθετικών στρωμάτων γεμάτων με αμμοχάλικο στα σημεία έδρασης των πυλώνων. Οι πυλώνες αποτελούσαν τα πιο σημαντικά τμήματα του φράγματος. Κάθε κολώνα ήταν μεταξύ 30.25 και 38.75

μέτρων σε ύψος και ζύγιζε 18,000 τόνους. Η τοποθέτηση των κολώνων ήταν εργασία ακριβείας και διενεργήθηκε μόνο όταν η ροή ήταν η μικρότερη δυνατή, δηλαδή στην καμπή της παλίρροιας. Το Oosterscheldekering έγινε το μεγαλύτερο προστατευτικό φράγμα παγκοσμίως. Το κόστος ενός προστατευτικού ήταν σημαντικά μεγαλύτερο από αυτό ενός φράγματος: 2.5 δις Ευρώ χρειάστηκαν για να ολοκληρωθεί το προστατευτικό διαχωριστικό. Το Oosterscheldekering εγκαινιάστηκε με μια λαμπρή τελετή από την Βασίλισσα Βεατρίκη στις 4 Οκτωβρίου 1986.⁵⁶

3.8.3 Τα φράγματα

- *Το φράγμα του ποταμού IJssel*

Ο ποταμός IJssel διασχίζει τα πιο χαμηλά μέρη της Ολλανδίας που είναι και τα πιο πολυπληθέστερα. Το φράγμα μετεωρολογικής παλίρροιας (storm surge barrier) που κατασκευάστηκε εκεί, επιτρέπει στο ποτάμι να είναι προσβάσιμο στην πλειοψηφία του χρόνου. Οι θύρες του κλείνουν μόνο όταν πρόκειται να ανέβει η στάθμη των υδάτων. Ένα μόνιμο φράγμα στην θέση του όχι μόνο θα διέκοπτε την ναυτιλία αλλά θα προκαλούσε διατάραξη στην ισορροπία μεταξύ γλυκού και αλμυρού νερού.



Εικ.16: Φράγμα IJssel

- *Το φράγμα Zandkreek*

Αυτό το φράγμα είχε σχεδιαστεί για να συνδέει τα βόρεια και νότια νησιά Beveland εμποδίζοντας ταυτόχρονα την εξάπλωση των νερών από πλημμύρες. Η

⁵⁶ <http://www.deltawerken.com>

κατασκευή του γινόταν μόνο κατά την διάρκεια της άμπωτης. Μετά το πέρας της κατασκευής του φράγματος δημιουργήθηκε και γέφυρα με θύρες που ανοίγουν και κλείνουν.



Εικ.17: Φράγμα Zandkreekdam

- *Το φράγμα του ποταμού Veerse Gat*

Το φράγμα αυτό συνδέει το Walcheren με τα βόρεια νησιά Beveland. Η κατασκευή του ήταν δύσκολη λόγω των ισχυρών παλιρροιακών κυμάτων ενώ μετά το πέρας της κατασκευής δημιουργήθηκε μια υφάλμυρη λίμνη, η Veerse Meer.



Εικ.18: Φράγμα Veerse Gatdam

- *Το φράγμα Grevelingen*

Αυτό το τεσσάρων μιλίων φράγμα δημιουργήθηκε πάνω σε αμμολόφους οι οποίοι διευκόλυναν την κατασκευή του. Το Grevelingen εμποδίζει το νερό των τεχνητών

λιμνών που έχουν δημιουργηθεί από άλλα φράγματα από το να ρέουν πίσω στη θάλασσα.



Εικ.19: Φράγμα Grevelingendam

- *Το φράγμα Volkerak*

Όπως και άλλα φράγματα, το φράγμα Volkerak χτίστηκε για να βοηθήσει την δημιουργία άλλων φραγμάτων. Οι θύρες που προστέθηκαν στο φράγμα κατασκευάστηκαν για να διευκολύνουν την θαλάσσια επικοινωνία μεταξύ Αμβέρσας, Βελγίου και Ρότερνταμ.



Εικ.20: Φράγμα Volkerakdam

- *Το φράγμα Haringvliet*

Αυτό το ανοιχτό φράγμα αποτρέπει τις πλημμύρες ενώ ταυτόχρονα επιτρέπει την αποστράγγιση των υδάτων μεταξύ του ποταμού Ρήνου και του ποταμού Μεύση και της Βόρειας Θάλασσας. Όταν τα επίπεδα των υδάτων κοντά στο Ρότερνταμ ανεβαίνουν, οι υδατοφράχτες αποστράγγισης χρησιμοποιούνται για να αφαιρέσουν το επιπλέον νερό. Η κατασκευή περιλαμβάνει επίσης και σήραγγες που επιτρέπουν την κυκλοφορία των ψαριών από και προς τη Βόρεια Θάλασσα.



Εικ.21: Φράγμα Haringvlietdam

- *Το φράγμα Brouwers*

Για να κατασκευαστεί αυτό το φράγμα χρειάστηκε να διευρύνθούν οι αμμώδεις φράκτες που υπήρχαν στην περιοχή και τεράστια κιβώτια να βυθιστούν τα οποία στη συνέχεια γεμίζονταν με άμμο. Επίσης, 660000 τόνοι τσιμεντόλιθων

βυθίστηκαν στη θάλασσα. Το φράγμα μπλοκάρει την παλιρροιακή ροή ενώ το 1978 προστέθηκε σε αυτό και ένας υδατοφράκτης που επιτρέπει την αποκατάσταση της αλατότητας των υδάτων.



Εικ.22: Φράγμα Brouwersdam

- Το φράγμα μετεωρολογικής παλίρροιας (*storm surge barrier*) του ανατολικού Scheldt

Το φράγμα αυτό είναι 3 χλμ σε μήκος με 62 πλημμυρικές πύλες ανάμεσα σε προβλήτες ύψους 38 μέτρων. Οι πύλες κλείνουν μόνο όταν η θάλασσα γίνεται επικίνδυνη και απειλητική οπότε η ενόχληση για τις βιομηχανίες και τα εθνικά πάρκα που βρίσκονται γύρω είναι ελάχιστη, ενώ τον υπόλοιπο χρόνο παραμένουν ανοιχτές αφήνοντας τα νερά να ρέουν κανονικά.



Εικ.23: Φράγμα Oosterscheldekering

- *Το φράγμα Maeslant*

Αυτό το φράγμα κατασκευάστηκε ώστε να προκαλεί την ελάχιστη δυνατή διαταραχή όσον αφορά την ναυτιλία μέσα και έξω από το λιμάνι του Ρότερνταμ ενώ σύμφωνα με εκτιμήσεις προβλέφθηκε ότι θα χρειαζόταν να κλείσει μια με δυο φορές κάθε δέκα χρόνια. Το φράγμα Maeslant αποτελείται από 2 πύλες μήκους 210 μέτρων η καθεμία. Αυτές οι πύλες είναι τοποθετημένες πάνω σε αποβάθρες στις όχθες του ποταμού και κατά την διάρκεια μιας μετεωρολογικής παλίρροιας οι αποβάθρες πλημμυρίζουν επιτρέποντας στις πύλες να επιπλεύσουν και στην συνέχεια, με την βοήθεια μιας ατμομηχανής, να κινηθούν προς το κέντρο του ποταμού και να κλείσουν μέσα σε λιγότερο από μισή ώρα. Μόλις κλείσουν, βαλβίδες που υπάρχουν στους τοίχους των πυλών τους επιτρέπουν να γεμίσουν με νερό και να βυθιστούν ώστε να ακουμπήσουν τον τσιμεντένιο κατώφλι που

βρίσκεται στον πυθμένα του ποταμού. Το φράγμα Maeslant ελέγχεται μέσω υπολογιστών οι οποίοι υπολογίζουν τα αναμενόμενα επίπεδα νερού στο Ρότερνταμ και τις γύρω περιοχές ανάλογα με τις υδρολογικές και τις καιρικές προβλέψεις.⁵⁷



Εικ.24: Φράγμα Maeslantkering

3.9 Η σημασία των έργων DeltaWorks

Τελικά, τα έργα Delta ολοκληρώθηκαν το 1997 με την ολοκλήρωση των φραγμάτων Maeslantkering και Hartelkering ενώ πρόσφατα, στις 24 Αυγούστου 2010, έγιναν τα εγκαίνια του νέου ενισχυμένου τοίχου αντιστήριξης κοντά στην πόλη Harlingen. Το τελικό αποτέλεσμα των έργων Δέλτα εκτός από την κατασκευή των φραγμάτων ήταν και η μείωση του συνολικού μήκους των αντιπλημμυρικών αναχωμάτων κατά 700 χιλιόμετρα ενώ όλα μαζί τα έργα της DeltaWorks κόστισαν περίπου 5 δις Ευρώ, σε αντίθεση με το ποσό των 680-900 εκατομμυρίων ευρώ

⁵⁷ <http://ashleycarew.hubpages.com/hub/Netherlands-North-Sea-Protection>

που είχε αρχικά προβλεφθεί. Τα πλεονεκτήματα των έργων, όμως, είναι αναμφισβήτητα πολλά:

Πρώτον, η παροχή γλυκού νερού για την γεωργία βελτιώθηκε και βελτιώθηκε επίσης και το πλήρες υδατικό ισοζύγιο της περιοχής του Δέλτα. Δεύτερον, βελτιώθηκε η γενικότερη διαχείριση του νερού στην περιοχή του Δέλτα . Έτσι, η Ολλανδία διεύρυνε την άποψή της σχετικά με την ασφάλεια και το νερό. Τρίτον, η κατασκευή των Deltaworks υπήρξε ωφέλιμη για τους εσωτερικούς πλωτούς διαύλους και ενθάρρυνε την κυκλοφορία και κινητικότητα μεταξύ πολλών νησιών και χερσονήσων. Τέταρτον, τα έργα Δέλτα υποστήριξαν πολύ τη ναυσιπλοΐα στα εσωτερικά ύδατα . Τέλος, τα Deltaworks έχουν αποτελέσει έμπνευση και μεγάλη επιρροή ώστε να υπάρξουν νέες εξελίξεις και ανάπτυξη στους τομείς της οικονομίας, της αναψυχής και της φύσης. Ορισμένες περιοχές επηρεάστηκαν με μη αναστρέψιμο τρόπο, όμως δημιουργήθηκαν και διατηρήθηκαν άλλες φυσικές περιοχές. Η Deltaworks είναι ένα παγκόσμιο μοντέλο τεχνολογικής ανάπτυξης μέσω του οποίου η ανθρώπινη και οικολογική ασφάλεια έπαιξαν τον κεντρικό ρόλο. Τα έργα της DeltaWorks συνθέτουν ένα μοναδικό συνδυασμό ανάμεσα στην ασφάλεια, την οικονομία την αναψυχή και τη φύση.

Ωστόσο, το επίτευγμα της DeltaWorks σε καμία περίπτωση δεν σημαίνει πλήρη απαλλαγή από τις έννοιες για τη διαχείριση του νερού στην Ολλανδία. Η Ολλανδία αντιμετωπίζει καινούριες προκλήσεις καθώς οι κλιματικές αλλαγές δημιουργούν την ανάγκη για έναν μόνιμο βιώσιμο σχεδιασμό στην Ολλανδία για τις επόμενες γενιές. Επίσης, νερό που γίνεται υφάλμυρο, εδαφικές καθιζήσεις και απαιτήσεις στην ποιότητα του νερού και την οικολογία επιζητούν νέες τεχνικές. Η Ολλανδία προκειμένου να ανταποκριθεί υπεύθυνα σε αυτές τις απαιτήσεις θα επενδύσει στο μέλλον σε ένα ανθεκτικό σύστημα δέλτα, με κοινωνικά αποδεκτές δαπάνες.⁵⁸

⁵⁸ <http://www.deltawerken.com>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Αποτελεσματικότητα του αντιπλημμυρικού συστήματος

Μετά από αιώνες μάχης με τα νερά της θάλασσας και των ποταμών, η Ολλανδία σήμερα έχει σίγουρα την ισχυρότερη αντιπλημμυρική προστασία από ποτέ χάρις στο ολοκληρωμένο πια σχέδιο Δέλτα. Οι ειδικοί όμως προειδοποιούν πως ο εφησυχασμός ότι η χώρα είναι απόλυτα ασφαλής απέναντι στις πλημμύρες θα ήταν λάθος.

Όταν το 1995, τα νερά των ποταμών Μεύση και Ρήνου ανέβηκαν σε επικίνδυνα επίπεδα, μια ξένη εφημερίδα είχε σχολιάσει το γεγονός λέγοντας ότι οι Ολλανδοί είχαν σφραγίσει την μπροστινή πόρτα μόνο και μόνο για να διαπιστώσουν ότι απειλούνταν πλέον από την πίσω.⁵⁹ Ωστόσο, πολλοί ειδικοί επισημαίνουν ότι οι ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις είναι αυτές που αποτελούν τον μεγαλύτερο κίνδυνο καθώς η κλιματική αλλαγή έχει οδηγήσει σε αύξηση των βροχοπτώσεων στην Ολλανδία που φτάνουν και τα 100 χιλιοστά την ημέρα.⁶⁰

Πολλές έρευνες που έχουν γίνει κατά καιρούς, με την χρήση διάφορων μεθόδων υπολογισμού, έχουν αποκαλύψει πολλά αδύνατα σημεία στα αντιπλημμυρικά έργα. Επιπλέον, η συνεχής άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η οποία γίνεται πιο ακραία λόγω της υπερθέρμανσης του πλανήτη, αλλά και η συνεχής καθίζηση των εδαφών κυρίως λόγω ανθρώπινων επεμβάσεων στην Ολλανδία καθιστούν επιτακτική την ανάγκη να υπάρξουν πολλές βελτιώσεις στον έλεγχο και τις υποδομές προστασίας από τις πλημμύρες.

Οι ήδη υπάρχουσες υποδομές, πάντως, ενισχύονται συνεχώς ώστε να πετύχουν τον στόχο για πιθανότητα πλημμύρας μια φορά στα 10,000 χρόνια στα δυτικά της χώρας που είναι πιο πυκνοκατοικημένα και αποτελούν την καρδιά της οικονομίας της χώρας, ενώ στις υπόλοιπες λιγότερο πυκνοκατοικημένες περιοχές ο στόχος είναι μια φορά στα 4,000 χρόνια.

⁵⁹ Rosenthal, U (et al). (Eds.), The 1993 and 1995 Floods in Western Europe, A Comparative Study of Disaster Response, Leiden: COT Rosenthal, U., Hart, P. 't (eds.) (1997) Flood response and crisis management in Western Europe: a comparative analysis. Berlijn: Springer-Verlag

⁶⁰ The Delta Project for safety, wildlife, space and water, Published by The Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 2001

Τα αντιπλημμυρικά έργα, έχει οριστεί να ελέγχονται και να αξιολογούνται κάθε 5 χρόνια από ειδικά κλιμάκια. Το 2010, από τα 3500 χλμ αναχωμάτων που υπάρχουν συνολικά στη χώρα, τα 800 χλμ, μετά από έλεγχο, κρίθηκε ότι δεν πληρούν τον στόχο. Αυτό, βέβαια, δεν σημαίνει ότι υπάρχει άμεσος κίνδυνος πλημμύρας αλλά δείχνει ότι έχουν τεθεί κανόνες οι οποίοι γίνονται συνεχώς όλο και πιο αυστηροί λόγω των επιστημονικών ερευνών που αφορούν για παράδειγμα την δράση των κυμάτων και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας.⁶¹

Για την αντιμετώπιση της παράκτιας διάβρωσης έχουν παρθεί μέτρα έτσι ώστε να γίνεται αναπλήρωση με άμμο στις ακτές που σημειώνεται σημαντική υποχώρηση της ακτογραμμής. Υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο γι' αυτό τον σκοπό χρησιμοποιούνται 12 εκατομμύρια κυβικά μέτρα άμμου.

Όσον αφορά το σύστημα προειδοποίησης καταστροφών της Ολλανδίας, υπάρχει μια αρμόδια υπηρεσία η οποία σε περιπτώσεις όπου υπάρχει παλίρροια κάνει πρόβλεψη της στάθμης του ύψους της στάθμης των υδάτων και προειδοποιεί τους υπεύθυνους της κάθε παράκτιας περιοχής. Αυτοί στην συνέχεια και ανάλογα με τα αναμενόμενα επίπεδα των υδάτων λαμβάνουν τα κατάλληλα μέτρα, όπως η εκκένωση περιοχών και το κλείσιμο των φραγμάτων.⁶²

4.2 Κλιματική αλλαγή και το μέλλον της Ολλανδίας

Σύμφωνα με την έκθεση του IPCC το 2007, το 55% των Κάτω Χωρών είναι εκτεθειμένο σε κίνδυνο πλημμύρας, το 26% είναι κάτω από τη στάθμη της θάλασσας και το 29% είναι επιρρεπές σε ποτάμιες πλημμύρες.

Ο παρακάτω χάρτης δείχνει τις περιοχές της Ολλανδίας που βρίσκονται κάτω από την στάθμη του Άμστερνταμ (NAP) και τις περιοχές που είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες. Σύμφωνα με αυτόν το χάρτη λοιπόν μπορούμε να πούμε ότι:

- το 26% της ολλανδικής γης βρίσκεται κάτω από το NAP

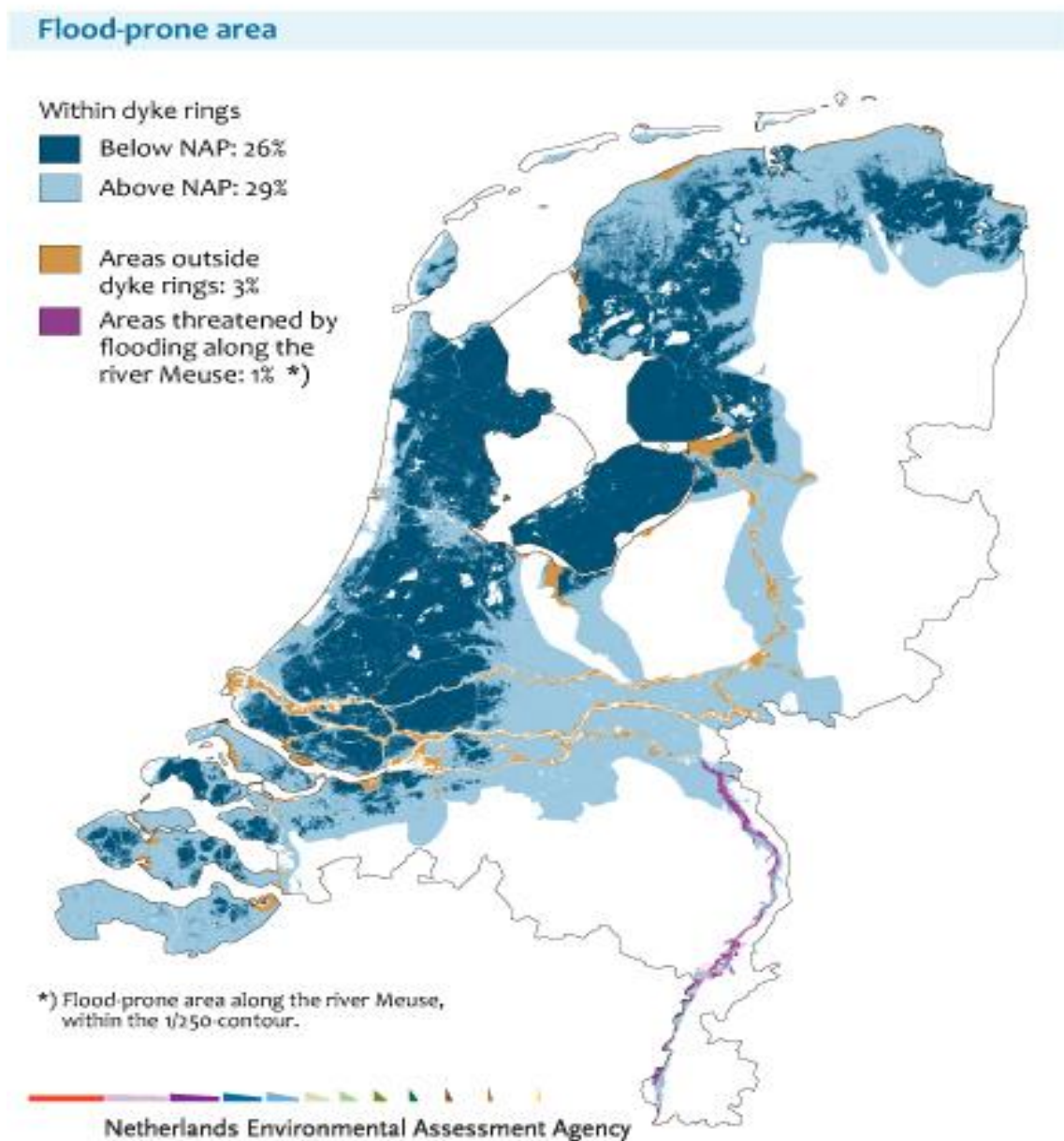
⁶¹ Jonkman, S.N., Kok, M. and Vrijling, J.K. (2008) "Flood risk assessment in the Netherlands: A case study for dike-ring South Holland, Risk Analysis, Vol. 28, No. 5, pg. 1358

⁶² Dijkman, J, Klomp, R and Villars, M. (1997) "Flood management strategies for the Rivers Rhine and Meuse in the Netherlands", Destructive water: Water-caused natural disasters, their abatement and control (proceedings of the Conference held at Anaheim, California, June 1996) IAHS Publ. No. 239

-το 59% της ολλανδικής γης (εκτός από το Wadden Sea, το IJsselmeer και άλλα ανοιχτά νερά) είναι επιρρεπές σε πλημμύρες

-το 55% της ολλανδικής γης βρίσκεται εντός των κυκλικών αναχωμάτων (dike rings) και προστατεύεται από αναχώματα, αμμολόφους, φράγματα και τεχνητές κατασκευές

-το 4% της ολλανδικής γης βρίσκεται εκτός των κυκλικών αναχωμάτων και δεν προστατεύεται από τίποτα.



Εικ.25: Χάρτης με τις περιοχές της Ολλανδίας που βρίσκονται πάνω (γαλάζιο χρώμα) και κάτω (μπλέ σκούρο χρώμα) από την μέση στάθμη της θάλασσας.

Αξιοσημείωτο επίσης είναι ότι το 1/3 της ολλανδικής οικονομίας βρίσκεται σε κίνδυνο σε περίπτωση καταστροφής από πλημμύρες. Λόγω της συνεχιζόμενης διαδικασίας της κλιματικής αλλαγής και της επακόλουθης απειλής από καταστροφικές πλημμύρες, οι περιοχές της χώρας που είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες και οι οποίες καλύπτουν το 1/3 της συνολικής έκτασης της χώρας, απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή. Περίπου 6 εκατομμύρια άνθρωποι ζουν σε περιοχές επιρρεπείς σε πλημμύρες ενώ το 2007 το 1/3 του ΑΕΠ παράχθηκε σε αυτές τις περιοχές.⁶³

Όπως είναι γνωστό, η κλιματική αλλαγή έχει ήδη αρχίσει και αυτή είναι μια πραγματικότητα που δεν μπορεί να αγνοηθεί. Η προβλεπόμενη άνοδος της στάθμης της θάλασσας και οι μεγάλες διακυμάνσεις στις ποτάμιες εκροές αναγκάζουν την Ολλανδία να κοιτάξει μακριά στο μέλλον και να προετοιμαστεί κατάλληλα ώστε να εξασφαλίσει ότι δεν θα κινδυνεύσει από τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στο μέλλον ενώ ταυτόχρονα θα παραμείνει μια χώρα ελκυστική προς όλους.

Το 2006 το Υπουργικό Συμβούλιο της Ολλανδίας πρότεινε την απόφαση περί χωροταξικού σχεδιασμού (Spatial Planning Key Decision), η οποία περιελάμβανε ένα σχέδιο, το σχέδιο Room for the River. Πρόκειται για ένα τιτάνιο έργο σύμφωνα με το οποίο θα πρέπει δεκάδες αναχώματα να μετακινηθούν προς τα πίσω για να δημιουργηθεί περισσότερος χώρος για τα ποτάμια Ρήνο, Μεύση, Waal και IJssel όταν τα νερά τους διογκώνονται. Το έργο με συνολικό προϋπολογισμό 2.2 δις ευρώ αναμένεται να έχει ολοκληρωθεί έως το 2015 και θα έχει ως άμεση θετική συνέπεια τη μείωση της στάθμης των υδάτων στους ποταμούς.

Επιπλέον, το 2008 συστάθηκε η δεύτερη επιτροπή Δέλτα (Second Delta Committee) με την εντολή να διατυπώσει ένα όραμα για τη μακροπρόθεσμη προστασία της ολλανδικής ακτής και της ενδοχώρας. Η επιτροπή αυτή αναμένει μια άνοδο της στάθμης της θάλασσας από 65 μέχρι 130 εκατοστά μέχρι το έτος 2100 και 4 μέτρα μέχρι το έτος 2200. Οι πιο σημαντικές προτάσεις της επιτροπής σχετικά με αυτή την πρόβλεψη είναι μεταξύ άλλων:

⁶³ Mayer, IS, Most, H van der & Bots, PWG (2003). "Dam the river or go with the flow? Changing views on policy analysis in Dutch water management". 24th Conference of the Association for Public Policy Analysis and Management.: Dallas, Texas

- Να αυξηθούν τα ήδη ισχύοντα πρότυπα ασφαλείας κατά δέκα φορές και κατά συνέπεια να ενισχυθούν τα αναχώματα
- Να γίνει αναπλήρωση άμμου ώστε να διευρυνθούν οι ακτές της Βόρειας Θάλασσας και να τους επιτραπεί να αναπτυχθούν φυσικά
- Να χρησιμοποιηθούν οι λίμνες στα νοτιοδυτικά του ποτάμιου Δέλτα ως λεκάνες απορροής των ποτάμιων υδάτων και
- Να ανέβει η στάθμη των υδάτων στη λίμνη IJsselmeer για την παροχή γλυκού νερού⁶⁴

Όλα αυτά τα μέτρα θα κοστίσουν περίπου 1 δις ευρώ το χρόνο.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η αντιπλημμυρική προστασία της Ολλανδίας αποτελεί πρότυπο καθώς θεωρείται ως η πιο σύγχρονη και αποτελεσματική παγκοσμίως. Μάλιστα, τα έργα Δέλτα της Ολλανδίας έχουν ανακηρυχθεί ως ένα από τα επτά θαύματα του σύγχρονου κόσμου από την Αμερικανική εταιρεία Πολιτικών Μηχανικών (American Society of Civil Engineers) και πολλές είναι οι χώρες παγκοσμίως που ζητούν την βοήθεια και την εμπειρία των Ολλανδών για να κατασκευάσουν το ίδιο ασφαλή έργα αντιπλημμυρικής προστασίας και στην χώρα τους, αφού είναι γεγονός ότι όσον αφορά την διαχείριση των υδάτων, οι Ολλανδοί είναι οι καλύτεροι.

Υπάρχει όμως και κάτι αρνητικό όσον αφορά τους Ολλανδούς. Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει σχετικά με την αντίληψη που έχουν οι κάτοικοι της Ολλανδίας απέναντι στις πλημμύρες, πολλοί από αυτούς αγνοούν τον κίνδυνο από την κλιματική αλλαγή και τις πλημμύρες⁶⁵, νομίζοντας ότι είναι κάτι τόσο μακρινό που το θεωρούν ανύπαρκτο, ενώ ξεχνούν συχνά το γεγονός ότι ζουν σε μια χώρα που βρίσκεται κάτω από τη στάθμη της θάλασσας. Ωστόσο, η κυβέρνηση δεν μπορεί να ξεχάσει ούτε να αγνοήσει κάτι τέτοιο.⁶⁶

⁶⁴ Bergh, J., C., J., M., Botzen W., J., W., Insurance Against Climate Change and Flooding in the Netherlands: Present, Future, and Comparison with Other Countries, Risk Analysis, Vol.28, No.2, 2008

⁶⁵ Brinksma, H., Flood Preparedness, Thoughts, Feelings and Intentions of the Dutch Public, University of Twente, 2009

⁶⁶ <http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=18229027&ps=rs>

Πάντως, χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι οι περιοχές της Ολλανδίας που είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς σε πλημμύρες, είναι και οι πιο πυκνοκατοικημένες. Αυτό συμβαίνει γιατί τα ποτάμια δέλτα κινδυνεύουν μεν από πλημμύρες, όμως, η τοποθεσία τους και τα γόνιμα εδάφη τους από πάντα αποτελούσαν ελκυστικά μέρη για κατοίκηση. Επίσης, τα δέλτα προσφέρουν πολλές ευκαιρίες για καλλιέργειες, αλιεία, εμπόριο και βιομηχανία. Γι' αυτό ακριβώς τον λόγο η Ολλανδία αντιμετωπίζει από τα πολύ παλιά χρόνια προβλήματα που σχετίζονται με την αστικοποίηση.

4.3 Εναλλακτικοί τρόποι αντιπλημμυρικής προστασίας

Το 1993 και το 1995, η Ολλανδία ήρθε αντιμέτωπη με δύο πλημμυρικά φαινόμενα που έκαναν τους αρμόδιους να επαναπροσδιορίσουν την προσέγγισή τους ως προς την διαχείριση των υδάτων. Τα πλημμυρικά αυτά φαινόμενα οφείλονταν σε ισχυρές βροχοπτώσεις που προκάλεσαν πλημμύρες στους ποταμούς Μεύση και Ρήνο. Μάλιστα στην δεύτερη περίπτωση, το 1995, τα νερά έφτασαν τα υψηλότερα επίπεδα που είχαν καταγραφεί από το 1926 ενώ 250000 άνθρωποι χρειάστηκε να εκκενώσουν τα σπίτια τους.⁶⁷

Μετά από αυτές τις πλημμύρες, η ολλανδική ομοσπονδιακή κυβέρνηση κατέληξε στο συμπέρασμα ότι δεν θα μπορεί για πάντα να αντιμετωπίζει την άνοδο της στάθμης των υδάτων χτίζοντας κάθε φορά όλο και πιο ψηλά αναχώματα. Έτσι, μετά από χίλια χρόνια όπου η λύση ενάντια στις πλημμύρες ήταν η προσπάθεια εμποδισμού του νερού από το να εισχωρήσει στο εσωτερικό της χώρας, σήμερα η νέα στρατηγική είναι να αφήσουν το νερό να εισχωρήσει. Σύμφωνα με μοντέλα κλιματικής αλλαγής θα αυξηθούν οι βροχές τους χειμώνες στην Ευρώπη. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα να αυξηθούν τα νερά των ποταμών Μεύση και Ρήνου ξανά όπως το 1993 και 1995. Όμως, αντί να χτιστούν ακόμη μεγαλύτερα αναχώματα, η κυβέρνηση έχει αποφασίσει να χαμηλώσει το ύψος των αναχωμάτων σε περίπου 40 αγροτεμάχια, επιτρέποντας σε αυτά να πλημμυρίσουν όταν ανέβει η στάθμη του νερού. Αυτό θα μειώσει την πίεση των ήδη υπάρχοντων αναχωμάτων. Το σύστημα αυτό είναι γνωστό ως το έργο "Room for the River" και υιοθετήθηκε το 1997. Οι κύριοι στόχοι του είναι: να αυξηθεί η παροχευτικότητα των

⁶⁷ Rosenthal, U (et al). (Eds.), The 1993 and 1995 Floods in Western Europe, A Comparative Study of Disaster Response, Leiden: COT Rosenthal, U., Hart, P. 't (eds.) (1997) Flood response and crisis management in Western Europe: a comparative analysis. Berlin: Springer-Verlag

παραπόταμων του Ρήνου μέχρι το 2015, να αυξηθεί η ασφάλεια, να βελτιωθεί η περιβαλλοντική ποιότητα της ποτάμιας περιοχής και να διευρυνθεί η χωρητικότητα των ποταμών ώστε να μπορούν να αντιμετωπιστούν οι υψηλές εκροές λόγω της κλιματικής αλλαγής στο μέλλον. Για να πραγματοποιηθεί αυτό το έργο όμως θα αναγκαστούν να μετεγκατασταθούν πολλοί άνθρωποι οι οποίοι κατοικούν ή εργάζονται σε αυτά τα αγροτεμάχια.⁶⁸ Είναι όμως κάτι που είναι αναγκαίο να γίνει γιατί οι ολλανδοί έχουν πια καταλάβει ότι παρόλο που έχουν μάθει να δαμάζουν την φύση, κάποιες φορές πρέπει να μάθουν και να υποχωρούν κι έτσι θα πρέπει να υπάρξει πνεύμα συνεργασίας μεταξύ κυβέρνησης και του κοινού ώστε να παραχωρηθεί μέρος της ολλανδίας πίσω στα νερά για το καλό της χώρας. Το σχέδιο Room for the River, μαζί με τα πλεονεκτήματα τα οποία περιλαμβάνει σχετικά με την αυξημένη αντιπλημμυρική ασφάλεια και την βελτιωμένη ποιότητα του περιβάλλοντος, θεωρείται πλέον η πιο μοντέρνα προσέγγιση που έχει σχεδιαστεί όσον αφορά την μείωση των ποτάμιων πλημμυρών.⁶⁹ Μεταξύ άλλων, το σχέδιο Room for the River, περιλαμβάνει έργα όπως: μείωση του ύψους της κοίτης των ποταμών, μετατόπιση των ποτάμιων αναχωμάτων προς τα πίσω, εμβάθυνση του ποτάμιου πυθμένα και δημιουργία δευτερευόντων καναλιών υπερχείλισης.

Η Ολλανδική κυβέρνηση έχει αρχίσει επίσης να εξετάζει εναλλακτικούς, καινοτόμους τρόπους προστασίας όπως η κατασκευή νησιών στη Βόρεια θάλασσα που θα λειτουργούν σαν φράγματα, ελεγχόμενες πλημμύρες σε ορισμένες περιοχές με σκοπό να μειωθεί η πίεση στα αναχώματα, η κατασκευή πλωτών σπιτιών και εναλλακτικοί τρόποι ενίσχυσης των αναχωμάτων. Η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής είναι μια διαδικασία που δεν πρόκειται να τελειώσει ποτέ για τους ολλανδούς οι οποίοι έχουν μάθει να προσαρμόζονται συνεχώς ανάλογα με τις συνθήκες.⁷⁰

Όσον αφορά την ιδέα των πλωτών σπιτιών, πλέον υπάρχουν κατασκευαστικές εταιρείες που έχουν αναπτύξει μεθόδους με τις οποίες μπορούν να χτιστούν σπίτια

⁶⁸ Kielen, N., Water Management In The Netherlands in Transition, Wiley Interscience, 2009

⁶⁹ Berg, M., M., Coenen, F., H., J., M., Civil Protection and Climate Change impacts in the Netherlands: Local Risk perceptions and actions, for the International Conference "Climate Adaptation in the Nordic Countries", Sweden, 2010

⁷⁰ <http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=18080442&ps=rs>

που μπορούν να επιπλέουν με την άνοδο των υδάτων. 37 τέτοια σπίτια έχουν ήδη χτιστεί στην περιοχή Maasbommel, στις όχθες του ποταμού Μεύση.⁷¹ Αυτές οι κατασκευές διαθέτουν ένα άδριο τσιμεντένιο κιβώτιο στην βάση τους το οποίο τους δίνει άνωση, έτσι την επόμενη φορά που ο Μεύσης θα υπερχειλίσει, τα σπίτια αυτά θα ανέβουν μαζί με τα νερά. Ηλεκτρικό ρεύμα και νερό παρέχονται στα σπίτια μέσω εύκαμπτων σωλήνων. Γενικά, τα σπίτια αυτά έχουν σχεδιαστεί να αντέξουν σε άνοδο των υδάτων μέχρι και 4 περίπου μέτρα και παρόλο που η τιμή τους είναι αρκετά υψηλή (260000 ευρώ), το ίδιο υψηλή είναι και η ζήτησή τους.⁷²

Σιγά σιγά, μάλιστα, καθώς η άνοδος της στάθμης της θάλασσας λόγω της κλιματικής αλλαγής φαίνεται να είναι αναπόφευκτη, οι Ολλανδοί αρχίζουν να υιοθετούν την ιδέα των πλωτών σπιτιών και η Ολλανδική κυβέρνηση μοιάζει πρόθυμη να δοκιμάσει ένα τέτοιο σχέδιο.⁷³ Έτσι γίνονται πολλές μελέτες κινδύνου ώστε να αποφασιστεί που θα επιτραπεί το χτίσιμο, που θα απαγορευτεί και που θα πρέπει να αλλάξουν οι κατασκευαστικές τεχνικές.⁷⁴

Μάλιστα, καθώς έχει αρχίσει να υιοθετείται το σχέδιο για το χτίσιμο πλωτών σπιτιών, σιγά σιγά γίνονται μελέτες που αφορούν και την δημιουργία ολόκληρων πλωτών χωριών ή πόλεων (hydrometropole). Έτσι με τη γενική ιδέα της δημιουργίας χώρου για τα νερά (make room for the river), οι Ολλανδοί δίνουν καινούργιο νόημα στις μικτές χρήσεις γης αφού άνθρωποι και νερό πλέον θα συνυπάρχουν αρμονικά.⁷⁵

⁷¹ Deutch, A., These homes are built for climate change floods? No problem, they just float above the current, in Associate Press (Από: <http://msnbc.msn.com/id/4852739>)

⁷² <http://www.treehugger.com/sustainable-product-design/floating-eco-homes-in-the-netherlands.html>

⁷³ <http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=18480769>

⁷⁴ <http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=18229027&ps=rs>

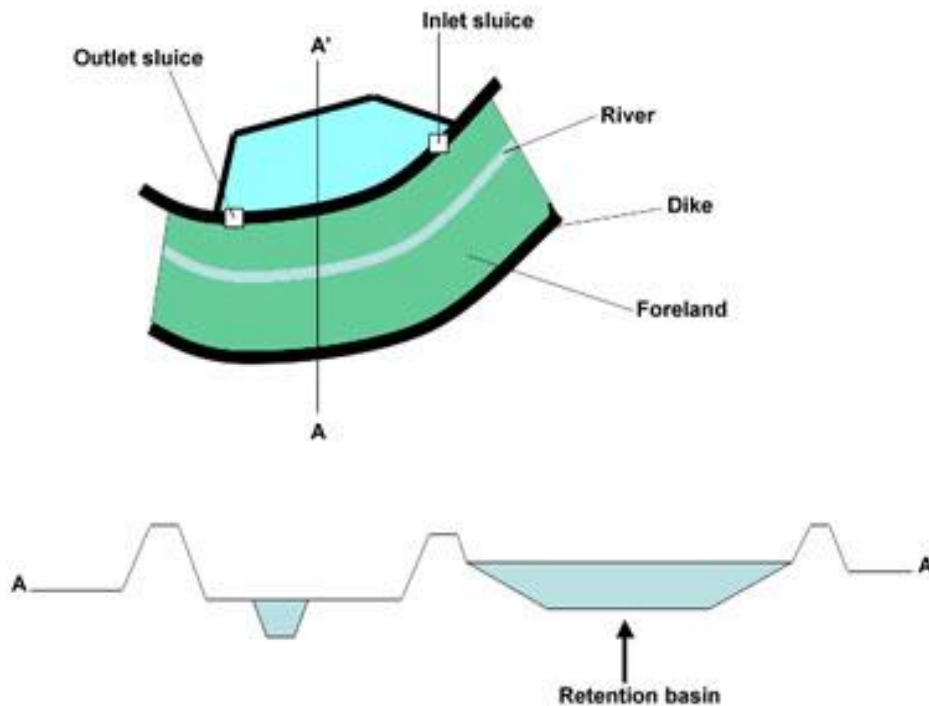
⁷⁵ Kabat, P., van Vierssen, W., Veraart, J., Vellinga, P., Aerts, J., Climate proofing the Netherlands, Nature, 2005



Εικ.26: Εικόνες πλωτών σπιτιών που έχουν ήδη κατασκευαστεί σε περιοχές της Ολλανδίας

Για την μείωση των επιπτώσεων της αστικοποίησης και της κλιματικής αλλαγής, έχει γίνει πρόταση να επαναφερθούν κάποια από τα ιστορικά ευέλικτα συστήματα ποτάμιας άμυνας καθώς και να δημιουργηθούν πιο μοντέρνες λύσεις όπως η τοπική κατακράτηση των υδάτων για την καταπολέμηση των υψηλών μέγιστων εκροών. Η τοπική κατακράτηση υδάτων είναι ένα σύστημα βασισμένο στην κατασκευή λεκανών κατακράτησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την

αποθήκευση νερού σε περιόδους όπου το επίπεδο της στάθμης των υδάτων είναι αυξημένο. Όταν οι πλημμύρες αποχωρούν το νερό αποστραγγίζεται μέσα από τις λεκάνες αυτές. Το μειονέκτημα αυτού το συστήματος είναι ότι δεν αυξάνει την δυνατότητα εκροής των ποταμών, απλά μειώνει την μέγιστη εκροή τους.



Εικ.27: Τομή μιας λεκάνης κατακράτησης υδάτων

Ένας άλλος τρόπος μείωσης της μέγιστης εκροής των ποταμών είναι η επιβράδυνση της ροής των νερών. Αυτό μπορεί να γίνει με την διεύρυνση των περιοχών γύρω από το ποτάμι (foreland) που θα οδηγήσει στην αύξηση της χωρητικότητας του ποταμού και την ενθάρρυνση της βλάστησης σε αυτές τις περιοχές που θα επιβραδύνει τη ροή των υδάτων μειώνοντας έτσι την μέγιστη εκροή.

Επίσης, έχει προταθεί να δημιουργηθούν κανάλια υπερχείλισης και πλευρικές εκτροπές των ποταμών για να αυξηθεί η χωρητικότητά τους. Ωστόσο, σε μια πυκνοκατοικημένη χώρα όπως η Ολλανδία κάτι τέτοιο είναι δύσκολο αφού θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν αγροκτήματα και κατοικημένες περιοχές για την

κατασκευή αυτών των έργων. Συνεπώς, για να πραγματοποιηθούν αυτά τα έργα θα πρέπει πρώτα να σχεδιαστούν προσεκτικά.⁷⁶



Εικ.28: Προσομοίωση δορυφορικής εικόνας της Ολλανδίας με ένα νησί σε σχήμα τουλίπας: Μια από τις πολλές προτάσεις που έχουν γίνει για την κατασκευή ενός νησιού που θα λειτουργεί ως προστατευτικό φράγμα ενάντια στα νερά της Βόρειας θάλασσας

⁷⁶ <http://www.eh-resources.org/floods.html>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Συμπεράσματα

Η κλιματική αλλαγή είναι πλέον γεγονός. Η θερμοκρασία της γης έχει ήδη αυξηθεί ενώ οι εκτιμήσεις των επιστημόνων για το μέλλον είναι δυσοίωνες καθώς είναι πλέον σίγουρο ότι η μέση θερμοκρασία της γης θα συνεχίσει να αυξάνεται στα επόμενα χρόνια. Οι επιπτώσεις αυτού του φαινομένου θα είναι τεράστιες καθώς θα αυξηθεί η συχνότητα και η ένταση των φυσικών καταστροφών.

Μεταξύ αυτών των φυσικών καταστροφών συναντάμε και τις πλημμύρες οι οποίες θεωρούνται από τους πλέον συχνούς και καταστρεπτικούς τύπους φυσικών καταστροφών σε παγκόσμιο επίπεδο. Το ζήτημα, λοιπόν, μιας πιθανής αύξησης του πλημμυρικού κινδύνου σε περίπτωσης κλιματικής αλλαγής είναι εξαιρετικά σημαντικό.

Μικρή και πυκνοκατοικημένη, η Ολλανδία είναι μια από τις χώρες που κινδυνεύουν περισσότερο από την κλιματική αλλαγή και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Τα 2/3 της χώρας βρίσκονται σε άμεσο κίνδυνο από πλημμύρες και πάνω από 5 εκατομμύρια κάτοικοι ζουν στην κυριολεξία κάτω από την στάθμη της θάλασσας. Γι' αυτό τον λόγο, για μια ιδιαίτερα επιρρεπή στις πλημμύρες μικρή χώρα όπως η Ολλανδία, οι συνέπειες των πλημμυρών μπορούν να είναι τόσο μεγάλες που ολόκληρη η ύπαρξη της χώρας βρίσκεται σε κίνδυνο.⁷⁷

Η ανάγκη, λοιπόν, για προστασία ενάντια στις πλημμύρες είναι επιτακτική γι' αυτή τη χώρα. Έτσι, μετά από αιώνες μάχης με τις πλημμύρες οι Ολλανδοί πλέον έχουν καταφέρει και έχουν αναπτύξει ένα ιδιαίτερα αποτελεσματικό σύστημα αντιπλημμυρικής προστασίας που όμοιό του δεν υπάρχει πουθενά αλλού στον κόσμο. Τα περίφημα Delta Works θεωρούνται ένα από τα 7 θαύματα του σύγχρονου κόσμου και αποτελούν το καλύτερο παράδειγμα επιτυχούς αντιπλημμυρικής προστασίας.

Ωστόσο, η 100% προστασία από τις πλημμύρες δεν μπορεί ποτέ να είναι εγγυημένη ενώ το μέλλον σύμφωνα με μερικούς επιστήμονες μοιάζει δυσοίωνο όσον αφορά την κλιματική αλλαγή και τις συνέπειές της. Όμως, οι ολλανδοί

⁷⁷ <http://www.geog.cam.ac.uk/research/projects/northseastormsurges/>

αποδεικνύουν ότι έχουν τον τρόπο να μετατρέπουν τις αντιξοότητες σε ευκαιρίες για καινοτομία. Γι' αυτό λοιπόν, οι Ολλανδοί κάνουν συχνές μελέτες αξιολόγησης του αντιπλημμυρικού τους συστήματος, μελετούν την λήψη πρόσθετων μέτρων, ενώ βρίσκουν συνέχεια νέους εναλλακτικούς και καινοτόμους τρόπους ώστε να μπορέσουν να είναι κατάλληλα προετοιμασμένοι και να αποφύγουν τις απώλειες όταν μια πλημμύρα συμβεί.⁷⁸

Ακόμα, οι Ολλανδοί έχουν αποδείξει ότι μπορούν να προσαρμόζονται στα εκάστοτε δεδομένα της χώρας τους. Μετά τις παρολίγο καταστροφικές ποτάμιες πλημμύρες του 1993 και 1995 και, παρόλο που μέχρι τότε είχαν αφιερώσει όλες τους τις προσπάθειες για να κρατάνε τα νερά μακριά μέσω αναχωμάτων, φραγμάτων κ.ά., δημιούργησαν ένα σχέδιο σύμφωνα με το οποίο έπρεπε πλέον να δημιουργήσουν χώρο για τα νερά των ποταμών. Το σχέδιο αυτό ονομάστηκε Room for the River και μέσω αυτού οι Ολλανδοί απέδειξαν για ακόμη μια φορά πόσο καλοί είναι στην διαχείριση των υδάτων ακολουθώντας πολιτικές σύμφωνα με τις οποίες το νερό δεν αποτελεί απαραίτητα απειλή αλλά μπορεί να γίνει και σύμμαχος των ανθρώπων.

Η Ολλανδία, λοιπόν, αποτελεί το τέλειο παράδειγμα μιας χώρας που έχει συνειδητοποιήσει πλήρως και από πολύ νωρίς τους κινδύνους που ενέχει η κλιματική αλλαγή και οι επακόλουθες συνέπειές της. Η ικανότητα αυτής της χώρας να προσαρμόζεται συνεχώς υιοθετώντας καινοτόμες ιδέες είναι μοναδική.

Συμπερασματικά, υπάρχουν κάποια σημαντικά μαθήματα που θα μπορούσαν πολλές χώρες να πάρουν μέσα από το ολλανδικό μοντέλο αντιπλημμυρικής προστασίας, κι αυτά είναι τα ακόλουθα:

- Κατανόηση των κινδύνων και των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής.
- Προσαρμοσμένα μέτρα προστασίας σημαίνουν όχι μόνο επιθετικά μέτρα αντιμετώπισης των καταστροφών αφού αυτές συμβούν αλλά και προληπτικά μέτρα για την αποφυγή τους.

⁷⁸ <http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=18480769>

- Ο διαχωρισμός των υδάτων από τις πόλεις μέσω τεχνολογικών μέτρων μπορεί να δώσει την ψευδαίσθηση ασφάλειας από τις πλημμύρες όμως τα τεχνολογικά μέτρα αποτελούν μια βραχυπρόθεσμη λύση σε ένα μακροπρόθεσμο πρόβλημα σαν αυτό της κλιματικής αλλαγής. Η εξάρτηση μόνο από την τεχνολογία δεν μπορεί να έχει καλά αποτελέσματα.
- Το νερό είναι ένας φυσιολογικός παράγοντας από τον οποίο δεν μπορεί να υφίσταται η ύπαρξή μας. Αντί να προσπαθούμε να το αποφεύγουμε και να το απομακρύνουμε αλλάζοντας το φυσικό περιβάλλον, μπορούμε να προσπαθήσουμε να δημιουργήσουμε τις κατάλληλες συνθήκες ώστε να υπάρχει αρμονική συνύπαρξη του νερού με τον άνθρωπο, μέσω δημιουργικών και καινοτόμων ιδεών χρήσης γης. Είναι σημαντικό να αντιμετωπίζουμε την φύση με σεβασμό.
- Το κοινό χρειάζεται να είναι περισσότερο ενημερωμένο σχετικά με τους κίνδυνους και τις πιθανές καταστροφές και τι πρέπει να κάνουν αν αυτές συμβούν για να εμποδίσουν τις αρνητικές συνέπειές τους.
- Η συνεχής επαγρύπνηση είναι το κλειδί για μια σωστή προστασία ενάντια στις πλημμύρες. Οι Ολλανδοί φαίνονται πάντα πρόθυμοι να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα που τους παρουσιάζονται προσαρμόζοντας συνεχώς το αντιπλημμυρικό τους σύστημα ανάλογα με τις απαιτήσεις των συνθηκών.
- οι αντιξοότητες πρέπει να αποτελούν πρόκληση και ευκαιρία για την εύρεση νέων τρόπων αντιμετώπισης των προβλημάτων μιας χώρας

Οι πολιτικές που ακολουθεί η Ολλανδία σχετικά με την διαχείριση των υδάτων και την αντιπλημμυρική προστασία θα μπορούσαν να υιοθετηθούν και από άλλες χώρες που είναι επιρρεπείς σε πλημμυρικά φαινόμενα. Στις ΗΠΑ, μεγάλες παράκτιες περιοχές όπως η Νέα Ορλεάνη, το Μαϊάμι και η Νέα Υόρκη έχουν ανάγκη αναβάθμισης των αντιπλημμυρικών τους συστημάτων αλλιώς θα αντιμετωπίσουν στο μέλλον σοβαρά προβλήματα εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής.⁷⁹ Στη Νέα Υόρκη, πάνω από 2.5 εκατομμύρια άνθρωποι θα χρειαστεί να

⁷⁹ Neumann, J., E., Sea Level rise and global climate change: a review of impacts to U.S. coast, Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change, 2000

εκκενώσουν την πόλη σε περίπτωση που θα πληγεί από κάποιον τυφώνα.⁸⁰ Στη περίπτωση δε, της Νέας Ορλεάνης οι καταστροφικές συνέπειες του τυφώνα Κατρίνα το 2005 απέδειξαν πόσο φτωχά σχεδιασμένο ήταν το αντιπλημμυρικό σύστημα και οι πολιτικές που ακολουθήθηκαν από την κυβέρνηση. Μάλιστα, η Νέα Ορλεάνη παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με την Ολλανδία καθώς κι αυτή βρίσκεται σε περιοχή με υψόμετρο μικρότερο από την στάθμη της θάλασσας με αποτέλεσμα να είναι ιδιαίτερα ευάλωτη σε πλημμύρες.⁸¹ Καθώς οι ΗΠΑ είναι ένα πλούσιο έθνος, το αντιπλημμυρικό σύστημα της Νέας Ορλεάνης στηριζόταν από το παρελθόν κυρίως σε αναχώματα τα οποία όμως διαρρηγνύονταν σχεδόν κάθε φορά που τυφώνες χτυπούσαν την ενδοχώρα. Η λύση για την προστασία από τις πλημμύρες ήταν κάθε φορά η επισκευή των αναχωμάτων και η ανύψωσή τους σε ύψος ανάλογο με το ύψος που είχε φτάσει η στάθμη του νερού στην τελευταία καταιγίδα.⁸² Οι συνέπειες του τυφώνα Κατρίνα το 2005 ήταν μεταξύ άλλων: ο θάνατος 1800 ανθρώπων, η κατάρρευση του συστήματος φραγμάτων στην πλειοψηφία του και η κάλυψη του 80% της πόλης από νερά.⁸³ Η Νέα Ορλεάνη, λοιπόν, αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα του τι μπορεί να συμβεί αν υπάρχουν αστοχίες στα τεχνολογικά μέτρα προστασίας και θα μπορούσε να εξασφαλίσει επιτέλους την ασφάλειά της απέναντι στις πλημμύρες υιοθετώντας ιδέες από το αντιπλημμυρικό σύστημα της Ολλανδίας.

Η κλιματική αλλαγή είναι ένα θέμα που η παγκόσμια κοινότητα καλείται πλέον να αντιμετωπίσει. Οι επιρρεπείς σε πλημμύρες περιοχές απέχουν ακόμα πολύ από το να προσαρμόσουν τις πολιτικές αντιμετώπισής τους ενάντια στις πλημμύρες με τα σημερινά δεδομένα της κλιματικής αλλαγής. Από τις πολιτικές αυτές λείπει εντελώς η έννοια των προσαρμοσμένων στην κλιματική αλλαγή χρήσεων γης ενώ η μόνη λύση συνήθως είναι τα τεχνολογικά μέτρα. Είναι όμως ευθύνη όλων των χωρών να βοηθηθούν βρίσκοντας μέτρα προσαρμογής που όχι μόνο θα μειώσουν τις

⁸⁰ Nicholls, R., J., Coastal megacities and climate change, *Geo Journal*

⁸¹ Congleton, D., R., The story of Katrina: New Orleans and the political economy of catastrophe, *Public Choice*, 2006

⁸² Rogers, J., D., ASCE, M., Development of the New Orleans Flood Protection System prior to hurricane Katrina, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 2008

⁸³ Sherman, A., Shapiro, I., Essential facts about the victims of Hurricane Katrina, *Center on budget and policy priorities*, 2005.

συνέπειες της κλιματικής αλλαγής αλλά και θα προάγουν την διατήρηση της βιωσιμότητας μέσα σε ένα περιβάλλον ποιοτικό και σε αρμονία με την φύση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βαφειάδης, Εισαγωγή στην επιφανειακή υδρολογία, 2000, σελ. 1-4
- Δανδουλάκη Μιράντα, Καλλικράτης Πολιτική Προστασία και Διοίκηση, ΕΕΤΑΑ, 2011, σελ. 11
- Διακάκης, Μ., Παπανικολάου, Δ., *Μεταβολές στην Ένταση και την Κατανομή των Φυσικών Καταστροφών*, Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, 2011
- Δρίτσας Σ. Κλιματική Αλλαγή- Άνοδος της Σταθμής της θάλασσας: Συνέπειες στις παράκτιες περιοχές. Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Πολεοδομίας, Χωροταξίας και Περιφερειακής Αναπτυξης, Τομος III, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, σελ 1465- 1471 (2005)) (Από: Ρετσίνης, Ε., Λειτουργία Σύνθετων Υδραυλικών Έργων-Η Περίπτωση του Σχεδίου Δέλτα στην Ολλανδία, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία ΕΜΠ, Αθήνα 2011)
- Καρύμπαλης, Ε., Θ., Παράκτια Γεωμορφολογία, Εκδόσεις Ίων, 2010
- Κατσαφάδος, Π., Μαυροματίδης, Η., Αρχές Μετεωρολογίας- Κλιματολογίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα 2010
- Μαμάσης Ν., Φυσικό και πιθανοτικό πλαίσιο πλημμυρών, πρόληψη και μετριασμός των συνεπειών τους, Αθήνα 2010
- Μελάς, Δ., Ασωνίτης, Γ., Αμοιρίδης, Β., *Κλιματική Αλλαγή [Οδηγός Εκπαιδευτικών]*, ΥΕΠΘ, Αθήνα 2000, σελ. 6
- Μπεζιργιαννίδης, Α., Πλημμύρες και Αντιπλημμυρικά Έργα κατά Μήκος του Ποταμού Έβρου, Διπλωματική εργασία, ΑΠΘ, 2007, σελ 5
- Πιστρικά Α, Διδακτορική Διατριβή, Εκτίμηση άμεσης πλημμυρικής ζημιάς σε δομημένο περιβάλλον, Αθήνα 2010, σελ. 2-5
- «Αναφορά στα ακραία καιρικά φαινόμενα, στα αποτελέσματα και στα αίτια εμφανισής των», Σημειώσεις ΤΕΙ Ηρακλείου (Από: <http://www.teicrete.gr/diatmim/>)

- Berg, M., M., Coenen, F., H., J., M., Civil Protection and Climate Change impacts in the Netherlands: Local Risk perceptions and actions, for the International Conference "Climate Adaptation in the Nordic Countries", Sweden, 2010
- Bergh, J., C., J., M., Botzen W., J., W., Insurance Against Climate Change and Flooding in the Netherlands: Present, Future, and Comparison with Other Countries, Risk Analysis, Vol.28, No.2, 2008
- Brinksma, H., Flood Preparedness, Thoughts, Feelings and Intentions of the Dutch Public, University of Twente, 2009
- Congleton, D., R., The story of Katrina: New Orleans and the political economy of catastrophe, Public Choice, 2006
- Deutch, A., These homes are built for climate change floods? No problem, they just float above the current, in Associate Press (Από: <http://msnbc.msn.com/id/4852739>)
- Dijkman, J, Klomp, R and Villars, M. (1997) "Flood management strategies for the Rivers Rhine and Meuse in the Netherlands", Destructive water: Water-caused natural disasters, their abatement and control (proceedings of the Conference held at Anaheim, California, June 1996) IAHS Publ. No. 239
- Hoeksema, R., J., Three Stages in the History of Land Reclamation in the Netherlands, Wiley Interscience, 2007
- Jonkman, S.N., Kok, M. and Vrijling, J.K. (2008) "Flood risk assessment in the Netherlands: A case study for dike-ring South Holland, Risk Analysis, Vol. 28, No. 5, pg. 1358
- Kabat, P., van Vierssen, W., Veraart, J., Vellinga, P., Aerts, J., Climate proofing the Netherlands, Nature, 2005
- Kielen, N., Water Management In The Netherlands in Transition, Wiley Interscience, 2009
- Mayer, IS, Most, H van der & Bots, PWG (2003). "Dam the river or go with the flow? Changing views on policy analysis in Dutch water management". 24th Conference of the Association for Public Policy Analysis and Management.: Dallas, Texas
- McRobie, A., Spencer, T., Gerritsen, H., The Big Flood: North Sea storm surge, Philosophical Transactions of The Royal Society, 2005

- Neumann, J., E., Sea Level rise and global climate change: a review of impacts to U.S. coast, Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change, 2000
- Nicholls, R., J., Coastal megacities and climate change, Geo Journal
- Peter C. G. Glas, *The Dutch approach*, Unie Van Waterschappen, Paris, 2010
- Rogers, J., D., ASCE, M., Development of the New Orleans Flood Protection System prior to hurricane Katrina, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2008
- Rosenthal, U (et al). (Eds.), The 1993 and 1995 Floods in Western Europe, A Comparative Study of Disaster Response, Leiden: COT Rosenthal, U., Hart, P., (eds.) (1997) Flood response and crisis management in Western Europe: a comparative analysis. Berlijn: Springer-Verlag
- Sherman, A., Shapiro, I., Essential facts about the victims of Hurricane Katrina, Center on budget and policy priorities, 2005.
- Stalenberg, B., Vrijling, J., K., Interaction between Dutch flood protection and Urbanisation, International Symposium of Lowland Technology, Japan, 2006
- The Delta Project for safety, wildlife, space and water, Published by The Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 2001
- United Nations Framework Convention on Climate Change, United Nations, 1992, Αρ.1, παρ.3 (Από: Wikipedia.org)
- 50th Anniversary of the North Sea Flood of Hamburg, Munich Re, 2012

Διαδίκτυο

- <http://www.guardian.co.uk/environment/2011/feb/09/volcanoes-climate>
- http://dmod.physics.auth.gr/klima_02.htm
- http://www.windows2universe.org/earth/climate/cli_define.html
- http://www.ohiallokarvouno.gr/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=44&Itemid=83
- http://climate.wwf.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=26&Itemid=88
- <http://knowledge.allianz.com/climate/politics/?652/five-things-governments-pictures>
- http://www.ohiallokarvouno.gr/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=67&Itemid=83
- <http://www.learn-hazards.org/5.php?l=gr>
- <http://www.gscp.gr/ggpp/site/home/ws/promote/fisikes/plimires.csp>

- <http://www.coastlearn.org/gr/pp-gr/caseholland.html>
- <http://www.deltawerken.com>
- <http://www.geog.cam.ac.uk/research/projects/northseastormsurges/>
- <http://www.nederlandleeftmetwater.nl>
- http://www.amsterdam.no/norske_spor/NAP-project/nap-project-no.html
- <http://www.naturegrid.org.uk/rivers/gt%20stour%20case%20study-pages/fld-cstl.html>
- <http://www.metoffice.gov.uk/education/teens/case-studies/floods>
- <http://www.deltaworks.org>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Delta_Works
- <http://ashleycarew.hubpages.com/hub/Netherlands-North-Sea-Protection>
- <http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=18229027&ps=rs>
- <http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=18080442&ps=rs>
- <http://www.treehugger.com/sustainable-product-design/floating-eco-homes-in-the-netherlands.html>
- <http://www.eh-resources.org/floods.html>
- <http://www.nytimes.com/2008/11/07/world/europe/07dutch.html?pagewanted=1&sq=netherlands&st=cse&scp=2>
- <http://www.geog.cam.ac.uk/research/projects/northseastormsurges/>

Παράρτημα εικόνων (πηγές)

Εικ.1: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/atmospheric-concentration-of-co2-ppm>

Εικ.2: Πιστρικά Α, Διδακτορική Διατριβή, *Εκτίμηση άμεσης πλημμυρικής ζημιάς σε δομημένο περιβάλλον*, Αθήνα 2010, σελ. 2-5

Εικ.3: <http://www.turkey-visit.com/netherlands-map.asp>

Εικ.4: <http://www.nederlandleeftmetwater.nl>

Εικ.5: The Delta Project for safety, wildlife, space and water, Published by The Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 2001

Εικ.6: <http://www.deltawerken.com>

Εικ.7: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Satellite_image_of_Afsluitdijk,_Netherlands_\(5.19E_53.02N\).png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Satellite_image_of_Afsluitdijk,_Netherlands_(5.19E_53.02N).png)

Εικ.8: <http://www.marinet.org.uk/mad/nseasurges.html>

Εικ.9: <http://www.marinet.org.uk/mad/nseasurges.html>

Εικ.10: <http://www.naturegrid.org.uk/rivers/gt%20stour%20case%20study-pages/fld-cstl.html>

Εικ.11: <http://www.deltawerken.com>

Εικ.12: <http://www.deltawerken.com>

Eik.13: http://www.technologyreview.com/prINTER_friendly_article.aspx?id=18890

Eik.14: <http://www.deltawerken.com>

Eik.15: <http://www.deltawerken.com>

Eik.16:
http://www.rijkswaterstaat.nl/water/plannen_en_projecten/vaarwegen/hollandsche_ijssel/hollandsche_ijssel_onderhoud_hollandsche_ijsselkering/index.aspx

Eik.17: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Zandkreekdam-01.jpg>

Eik.18: <http://users.telenet.be/twanmeiresonne/Zipfeltour/Hoofdstuk%202.htm>

Eik.19: <http://www.onwijsnat53.nl/sporen/deltawerken/grevelingendam/bouw.htm>

Eik.20: http://architecture.mit.edu/class/nature/student_projects/2006/analivia/11.308/volkerak.html

Eik.21: <http://www.podiumcafe.com/2010/5/9/1457831/giro-stage-03-preview-amsterdam>

Eik.22: http://architecture.mit.edu/class/nature/student_projects/2006/analivia/11.308/brouwers.html

Eik.23:
http://architecture.mit.edu/class/nature/student_projects/2006/analivia/11.308/scheIdt.html

Eik.24:
http://architecture.mit.edu/class/nature/student_projects/2006/analivia/11.308/maeSlant.html

Eik.25: <http://www.pbl.nl/en/dossiers/Climatechange/content/correction-wording-flood-risks>

Eik.26: <http://www.technologyreview.com/player/07/07/MagHolland/3.aspx>

Eik.27: <http://www.eh-resources.org/floods.html>

Eik.28: <http://river2sea72.wordpress.com/>