



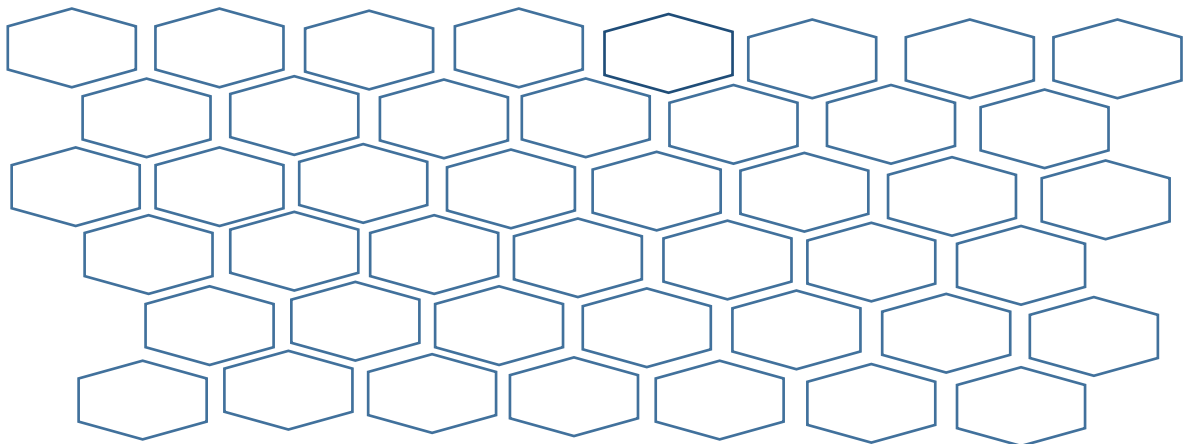
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική εργασία:

**Η επίδραση της κλιματικής κρίσης στο σχεδιασμό των
τεχνικών έργων**



Μπίσσας Αθανάσιος

AM:45592

Επιβλέπων καθηγητής: ΚΕΡΠΕΛΗΣ ΠΛΟΥΤΑΡΧΟΣ

Λέκτορας Εφαρμογών

Ιούνιος, 2022



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Diploma Thesis

The impact of the climate crisis on the design of technical projects

Student: MPISSAS ATHANASIOS
Registration Number: 45592

Supervisor

KERPELIS PLOUTARCHOS
Lecturer of Applications

ATHENS-EGALEO, JUNE, 2022

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

(Όνοματεπώνυμο), (βαθμίδα)	(Όνοματεπώνυμο), (βαθμίδα)	(Όνοματεπώνυμο), (βαθμίδα)
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.Allrightsreserved.

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ, ΜΠΙΣΣΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ,
ΙΟΥΝΙΟΣ, 2022**

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος ...Μπίσσας Αθανάσιος..... του....., με αριθμό μητρώου 45592 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

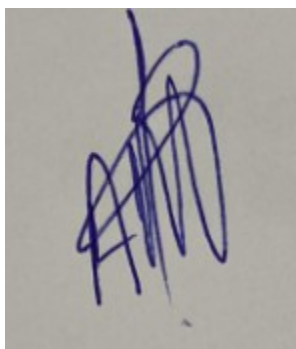
«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι και έπειτα από αίτησή μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντος καθηγητή.»

Ο Δηλών

ΜΠΙΣΣΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ



(Υπογραφή φοιτητή/ήτριας)

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. ΚΕΡΠΕΛΗ ΠΛΟΥΤΑΡΧΟ, αλλά και όλους όσους μου στάθηκαν κατά την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	VII
Abstract	VIII
1.Εισαγωγή.....	1
2. Σκοπός	2
3. Μεθοδολογικό πλαίσιο	2
4. Το φαινόμενο της κλιματικής κρίσης: έννοιες και προσεγγίσεις	3
4.1. Ορισμός και ανάλυση εννοιών.....	3
4.2. Αίτια της κλιματικής κρίσης	5
4.3. Κλιματική κρίση και φυσικές καταστροφές.....	11
5. Σχεδιασμός τεχνικών έργων.....	13
5.1. Τεχνικά έργα: ανάλυση εννοιών	13
5.2. Παράγοντες κατασκευής	15
5.3. Επιπτώσεις κλιματικής κρίσης στον σχεδιασμό τεχνικών έργων.....	20
6.Επίδραση κλιματικής κρίσης στον σχεδιασμό τεχνικών έργων	23
6.1. Παράγοντες που πρέπει να ενσωματωθούν στη φάση του σχεδιασμού	24
6.2. Προτεινόμενα μέτρα για τον περιορισμό των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης στα τεχνικά έργα.....	28
6.3. Μελέτες περίπτωσης: διεθνή παραδείγματα	32
7. Συμπεράσματα.....	35
Ακρωνύμια.....	38
Κατάλογος Πινάκων.....	38
Κατάλογος Εικόνων.....	38
Βιβλιογραφία	39

Περίληψη

Ήδη οι επιπτώσεις από την μεταβολή του κλίματος είναι εμφανής τόσο για τις αστικές όσο και για τις μη αστικές περιοχές. Η αύξηση της εμφάνισης και της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων είναι από τους σημαντικότερες παράγοντες που προκαλούν επιπτώσεις. Δυστυχώς, οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης δεν γνωρίζουν χωρικούς περιορισμούς και δεν μπορούν να περιοριστούν σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Ενδεχομένως όλες οι περιοχές του κόσμου κάποια στιγμή θα έρθουν αντιμέτωπες με αυτές τις επιπτώσεις. Διευκρινίζεται ότι κάθε περιοχή εμφανίζει διαφορετικό βαθμό ευαλωτότητας απέναντι στα ξεσπάσματα ακραίων καιρικών φαινομένων και αυτό οφείλεται στις μορφολογικούς, κλιματικούς και ανθρώπινους παράγοντες.

Όπως τονίστηκε οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης θα επηρεάσουν άμεσα τις ανθρώπινες κοινωνίες, και τις δραστηριότητες τους. Με βάση αυτήν την παραδοχή, σημειώνεται ότι και τα τεχνικά έργα, και ιδιαίτερα οι υποδομές μιας περιοχής ενδέχεται να επηρεαστούν εξίσου από την κλιματική κρίση. Στην παρούσα εργασία, επιδιώκεται να εξεταστεί η επίδραση της κλιματικής κρίσης στο σχεδιασμό των τεχνικών έργων. Ειδικότερα, αποσαφηνίζονται ορισμένες έννοιες όπως αυτή της 'κλιματικής κρίσης' και της 'ευαλωτότητας'. Έπειτα, εξετάζονται οι παράγοντες που επιδρούν στην κατασκευή των τεχνικών έργων και παράλληλα μελετώνται και οι πιθανές επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης που θα τα επηρεάσουν. Τέλος, διερευνώνται οι παράγοντες που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά των σχεδιασμό των τεχνικών και μέτρα περιορισμού των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης σε αυτά.

Ακόμη, από την παρούσα εργασία προκύπτει ότι οι επιπτώσεις από τις κλιματικές μεταβολές, είναι εμφανείς τόσο στους ανθρώπους όσο και στο ανθρωπογενές περιβάλλον και δεν γνωρίζουν συννοριακούς περιορισμούς. Για το λόγο αυτό οι επιπτώσεις της ενδέχεται να επηρεάσουν το σύνολο του πλανήτη, θέτοντας σημαντική πίεση στον τομέα των τεχνικών έργων. Επίσης συμπεραίνεται ότι τα τεχνικά έργα είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στα ακραία καιρικά φαινόμενα που ενισχύονται από την κλιματική κρίση, κάνοντας την ανάγκη για ανάπτυξη δράσεων αντιμετώπισης επιτακτική και άμεση.

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος προπτυχιακών σπουδών του Τμήματος Πολίτικων Μηχανικών, του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής από το φοιτητή Μπίσσα Αθανάσιο. Το θέμα της είναι η επίδραση της κλιματικής κρίσης στο σχεδιασμό των τεχνικών έργων.

Λέξεις κλειδιά: τεχνικά έργα, υποδομές, επιπτώσεις κλιματικής αλλαγής, κλιματική κρίση, μέτρα προστασίας τεχνικών έργων

Abstract

Changes in Earth's climate are already evident in both urban and non-urban areas. One of the most important things that societies should face is the increase in the appearance and intensity of extreme weather phenomena. Unfortunately, the effects of climate crisis know no spatial constraints and can not be limited to a specific area. Possibly all parts of the world will at some point face these effects. It is clarified that each region shows a different degree of vulnerability to the outbreaks of extreme weather events and this is due to morphological, climatic and human factors.

As referred above, the effects of the climate crisis will directly affect human societies and therefore this implies that both people and their activities will be affected. Based on this assumption, it is noted that the technical projects, ie the infrastructure of an area may be equally affected by the climate crisis. The present work, seeks to examine the impact of the climate crisis on the design of technical infrastructure projects. In particular, some concepts such as 'climate crisis' and 'vulnerability' are being clarified. Then, it examines the factors that affect the construction of the technical projects and at the same time it studies the possible effects of the climate crisis that will affect them. Finally, the factors that should be taken into account when designing techniques and measures to limit the impact of the climate crisis on them are investigated.

Furthermore, the present work shows that the effects of climate crisis are obvious to both humans and the anthropogenic environment and know no boundaries. For this reason, its effects may affect the whole planet, putting significant pressure on the field of technical infrastructures. It is also concluded that the technical infrastructures are particularly vulnerable to extreme weather phenomena that are amplified by the climate crisis, making the need for response measures urgent and immediate.

The present work was prepared in the framework of the undergraduate program of the Department of Civil Engineering, University of West Attica by the student Mpissa Athanasio. Its theme is the impact of the climate crisis on the design of technical projects.

Keywords: technical projects, infrastructure, effects of climate change, climate crisis, protection measures for technical projects

1.Εισαγωγή

Από το σύνολο της βιβλιογραφίας προκύπτει ότι τα τεχνικά έργα που αναπτύσσονται σε κάθε περιοχή συμβάλουν σημαντικά στην κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη και ευημερία της εκάστοτε περιοχής. Διευκρινίζεται ότι τα τεχνικά έργα, διαθέτουν διαφορετικά κλίμακες και διαφέρει ο βαθμός εξυπηρέτησης τους. Για παράδειγμα τεχνικό έργο αποτελεί ένας αυτοκινητόδρομος που διατρέχει το σύνολο μιας χώρας, αποτελείται από πολλές λωρίδες δρόμου και έχει την δυνατότητα υπεροπτικής εξυπηρέτησης των πολιτών. Ωστόσο, τεχνικό έργο αποτελεί και το τοπικό οδικό δίκτυο μια γειτονιάς. Αμέσως γίνεται κατανοητό ότι αν και η κλίμακα των τεχνικών έργων διαφέρει, ο στόχος τους όμως παραμένει κοινός, και είναι η διασφάλιση της κοινωνικής συνοχής. Για το λόγο αυτό πληθώρα ερευνητών και μελετητών του κατασκευαστικού κλάδου τονίζουν ότι τα τεχνικά έργα αποτελούν ουσιαστικά την ραχοκοκαλιά της παγκόσμιας οικονομίας. Συνεπώς, κάθε διαταραχή των τεχνικών έργων ενδέχεται να συμβάλει στην διατάραξη της οικονομικής και κοινωνικής συνοχής μια περιοχής.

Ενδεικτικά αναφέρονται οι παρακάτω περιπτώσεις τεχνικών έργων και υποδομών που υπέστησαν σημαντικές ζημιές από ακραία καιρικά φαινόμενα. Αρχικά, στην περίπτωση του τυφώνα Κατρίνα (23 Αυγούστου 2005 – 31 Αυγούστου 2005) επηρεάστηκαν σημαντικά τα δίκτυα και συστήματα ύδρευσης. Χαρακτηριστικά σημειώνεται ότι λόγω των πλημμυρών που προκάλεσε ο τυφώνας Κατρίνα το 70% των συστημάτων ύδρευσης επλήγησαν και χρειάστηκαν περισσότερες από δύο εβδομάδες για να αποκατασταθούν πλήρως. Στην συνέχεια την περίοδο 2015-2016, το Ηνωμένο Βασίλειο αντιμετώπισε σφοδρές και εκτεταμένες βροχοπτώσεις που οδήγησαν σε πλημμύρες, επηρεάζοντας τα συστήματα τηλεπικοινωνιών της χώρας. Αντίστοιχα προβλήματα στα δίκτυα τηλεπικοινωνιών προκάλεσαν και οι τυφώνες Ίρμα και Μαρία (2017) πλήττοντας υποδομές στην Καραϊβική, Χαρακτηριστικά σημειώνεται ότι το 90% των υποδομών παροχής δικτύου για κινητές συσκευές είχε καταστραφεί στο Πουέρτο Ρίκο, στο Σεντ Μάρτιν, στη Ντομίνικα και στην Αντίγκουα και Μπαρμπούντα. Τέλος τον Ιούλιο του 2017, περίπου 50 πτήσεις ακινητοποιήθηκαν για φυσικούς και ρυθμιστικούς λόγους όταν οι θερμοκρασίες στο Φοίνιξ της Αριζόνα εκτοξεύτηκαν στους 48°C (McKinseyGloboInstitute, 2020).

Σημειώνεται ότι τα τεχνικά έργα, ενδέχεται να επηρεαστούν από πολλούς παράγοντες και ένας από αυτούς είναι και η μεταβολή του κλίματος. Πράγματι η κλιματική αλλαγή (η οποία μπορεί να καταλήξει σε κλιματική κρίση) που αντιμετωπίζει ο πλανήτης έχει την δυνατότητα να επηρεάσει σημαντικά την απόδοση των τεχνικών έργων, θέτοντας σε κίνδυνο την περιβαλλοντική ισορροπία, τις ανθρώπινες ζωές, με μεγάλο οικονομικό κόστος. Ουσιαστικά, η μεταβολή του κλίματος οδηγεί στην αύξηση της εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων, τα οποία ασκούν σημαντική πίεση αναφορικά με την αντοχή και την επίδοση των τεχνικών έργων. Η κλιματική κρίση αποτελεί ένα στοιχείο που εντάχθηκε πρόσφατα, σχετικά, στην διαδικασία του σχεδιασμού των τεχνικών έργων. Αυτό αποτελεί και το αντικείμενο της παρούσας εργασίας η οποία επιδιώκει να εξετάσει το βαθμό που επηρέασε η κλιματική κρίση τον σχεδιασμό των τεχνικών έργων.

Η εργασία διαρθρώνεται σε τρία διακριτά κεφάλαια. Αρχικά, στόχος του πρώτου κεφαλαίου είναι η αποσαφήνιση ορισμένων όρων και εννοιών για την αποτελεσματικότερη κατανόησή της καθώς και η σύνδεση της κλιματικής κρίσης με τα τεχνικά έργα. Έπειτα, στο δεύτερο κεφάλαιο διευκρινίζεται ποια είναι τα σημαντικότερα τεχνικά έργα, αναλύονται οι

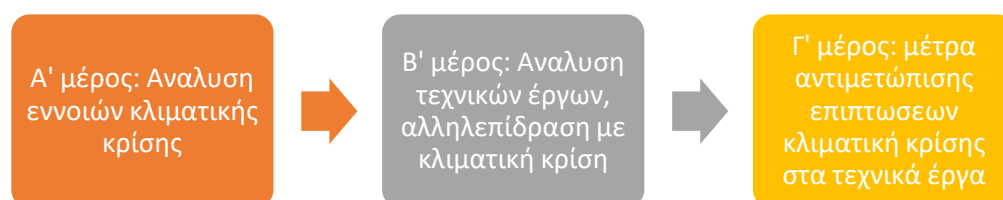
παράγοντες που επηρεάζουν την κατασκευή τους και οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης για αυτά. Στο τελευταίο κεφάλαιο μελετώνται οι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό των τεχνικών έργων, αναφέρονται μέτρα περιορισμού των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης και εξετάζονται και ορισμένες μελέτες περιπτώσεις.

2. Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας αποτελεί η μελέτη της ενδεχόμενης επίδρασης που θα έχει η κλιματική κρίση στην κατασκευή των τεχνικών έργων. Ουσιαστικά, επιδιώκεται να εξεταστεί πως και αν θα μεταβληθεί ο σχεδιασμός των τεχνικών έργων, λαμβάνοντας πλέον υπόψη τον παράγοντα της κλιματικής κρίσης. Ακόμη γίνεται προσπάθεια να απαντηθούν τα εξής ερωτήματα: Επηρεάζει η μεταβολή του κλίματος τις υπάρχοντες υποδομές και αν ναι με ποιόν τρόπο; Ποιες είναι οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης που καλούνται να αντιμετωπίσουν τα τεχνικά έργα υποδομών; Με ποιο τρόπο μπορούν να προστατευτούν τα τεχνικά έργα από τις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης; Αυτά αποτελούν τα βασικά ερωτήματα στα οποία η παρούσα εργασία καλείται να δώσει απαντήσεις.

3. Μεθοδολογικό πλαίσιο

Αναφορικά με το μεθοδολογικό πλαίσιο που ακολουθήθηκε για την συγγραφή της παρούσας εργασίας, τονίζεται ότι αυτή βασίστηκε σε βιβλιογραφική έρευνα. Ακόμη οι πίνακες και οι εικόνες δημιουργήθηκαν μέσα από την μακροσκοπική εξέταση. Η εργασία διαρθρώθηκε σε τρία διακριτά κομμάτια. Αρχικά στο πρώτο μέρος επιδιώχθηκε να αναλυθούν οι έννοιες της κλιματικής κρίσης, να εξεταστούν τα αίτια που οδηγούν σε αυτή και να διερευνηθεί ο τρόπος σύνδεσης της με τα τεχνικά έργα. Στο δεύτερο μέρος, έγινε προσπάθεια μελέτης του τομέα των τεχνικών έργων. Αναλύθηκαν οι έννοιες των τεχνικών έργων, των κρίσιμων υποδομών και της ευαλωτότητας που είναι έννοιες άμεσα συνδεδεμένες με αυτά. Στο τρίτο μέρος της εργασίας, εξετάστηκαν οι παράγοντες που επηρεάζουν τον σχεδιασμό των τεχνικών έργων και διερευνήθηκε αν υπάρχει ανάγκη ενσωμάτωσης τους στην διαδικασία του σχεδιασμού τους. Ακόμη, αναλύθηκαν ορισμένα μέτρα για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης στα τεχνικά έργα και τέλος εξετάστηκαν ορισμένες περιπτώσεις μελέτης.



Εικόνα 1: Διάρθρωση εργασίας

4. Το φαινόμενο της κλιματικής κρίσης: έννοιες και προσεγγίσεις

Η αλλαγή του κλίματος αποτελεί το ταχύτερα αναπτυσσόμενο πρόβλημα που καλείται ήδη σήμερα να αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα. Ύστερα από πολλά χρόνια μελέτης και έρευνας του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής, έχει γίνει πλέον κατανοητό ότι κάθε τομέας της καθημερινότητας των ανθρώπων αλλά και του φυσικού περιβάλλοντος είναι ευάλωτος απέναντι στις επιδράσεις αυτού του φαινομένου. Η κλιματική κρίση δεν είναι ένα φαινόμενο που επηρεάζει κάποια συγκεκριμένη περιοχή αλλά απειλεί το σύνολο του πλανήτη. Ακόμη, σημειώνεται ότι αυτό το φαινόμενο δεν περιορίζεται σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές αλλά οι επιπτώσεις του είναι εμφανής από τους πόλους μέχρι τους τροπικούς και από τα βουνά μέχρι τους ωκεανούς. Ήδη οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης γίνονται αντιληπτές, ολοένα και περισσότερο τόσο στο ανθρωπογενές όσο και στο φυσικό περιβάλλον: τα αποθέματα νερού συρρικνώνονται, παρατηρείται αύξηση στην ένταση και την συχνότητα εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων, οι δασικές πυρκαγιές είναι συχνότερες, κοραλλιογενείς ύφαλοι πεθαίνουν κλπ. (WWF, 2021).

Στην παρούσα ενότητα, επιδιώκεται να αποσαφηνιστεί ο όρος της κλιματικής αλλαγής, να αποσαφηνιστεί η έννοια της κλιματικής κρίσης και ποια είναι η διαφορά μεταξύ των δύο εννοιών και να εξηγηθούν έννοιες που σχετίζονται με το φαινόμενο της “κλιματικής κρίσης”. Θα αναλυθούν τα αίτια της “κλιματικής κρίσης” και θα δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην μελέτη της επίδραση αυτής στα ακραία καιρικά φαινόμενα και στην εμφάνιση των φυσικών καταστροφών. Τέλος θα παρουσιαστεί το μεθοδολογικό πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, όπου θα αναλυθεί η δομή της εργασίας και ο τρόπος και η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την συγγραφή του κάθε κεφαλαίου.

4.1. Ορισμός και ανάλυση εννοιών

Σύμφωνα με εκθέσεις και έρευνες των Ηνωμένων Εθνών, σχετικά με το φαινόμενο της αλλαγής που παρατηρείται στο κλίμα, προκύπτει ότι αυτό θα είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που θα απασχολήσει την παγκόσμια κοινότητα για πολλά έτη. Οι επιπτώσεις που σημειώνονται από αυτή την αλλαγή του κλίματος ήδη επηρεάζουν αρνητικά την ανάπτυξη των πόλεων και θέτουν σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές. Γίνεται ολοένα και πιο κατανοητό ότι η κλιματική κρίση επιδρά αρνητικά με την βιώσιμη αστική ανάπτυξη, δημιουργώντας συχνά σημαντικούς κινδύνους για τις πόλεις και τις υποδομές αυτών. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίοδο των τελευταίων 30 ετών έχει αυξηθεί σημαντικά η ένταση και συχνότητα εμφάνισης των φυσικών καταστροφών. Αυτός ο ρυθμός αύξησης δείχνει ότι οι φυσικές καταστροφές έχουν σχεδόν τετραπλασιαστεί, έχοντας ως επακόλουθο την κλιμάκωση των ανθρώπινων και οικονομικών ζημιών (UNISDR, 2012).

Παρά τις πολλές αμφιβολίες σχετικά με το μέγεθος και τη συχνότητα των κινδύνων και τις συγκεκριμένες επιπτώσεις τους, η κλιματική κρίση θα αυξήσει αναγκαστικά την ευαισθησία των αστικών κοινωνιών (λόγω των επιπτώσεων τους), εάν δεν είναι αποτελεσματική η προσαρμογή που πραγματοποιείται (IPCC, 2014). Ιστορικά, οι πόλεις ήταν και συχνά ακόμα εξακολουθούν να θεωρούνται ως καταφύγιο από καταστροφές και ως αποθέματα κατά της κλιματικής αλλαγής. Σήμερα, ωστόσο, περιγράφονται καλύτερα ως εστίες κινδύνου και καταστροφών (UNISDR, 2012). Οι περιβαλλοντικές αλλαγές που αντιμετωπίζουν οι

κοινωνίες είναι βαθιά συνυφασμένες με πολύπλοκες διαδικασίες αστικοποίησης και συμβαίνουν σε ένα πρωτοφανή ρυθμό και μέγεθος. Το καθαρό αποτέλεσμα είναι μια γενική επιστημονική αποδοχή ότι ορισμένες επιπτώσεις στην αλλαγή του κλίματος είναι πλέον αναπόφευκτες (IPCC, 2014 ; Davoudi , 2012). Ο αντίκτυπος αυτών θα είναι πιθανώς αισθητός σε ένα αυξανόμενο βαθμό κατά τις επόμενες δεκαετίες και ενδεχομένως για πολύ πέρα από αυτές. Για την καλύτερη κατανόηση των θεμάτων που χειρίζεται η παρούσα εργασία είναι απαραίτητη η επεξήγηση του όρου της κλιματικής αλλαγής.

Μέσα από την μελέτη αυτού του παγκόσμιου φαινομένου από τους ερευνητές έχει προκύψει πληθώρα ορισμών για την κλιματική κρίση. Από τους ευρύτερα διαδεδομένους αποτελούν αυτοί της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική κρίση (Intergovernmental Panel on Climate Change -IPCC) και των Ηνωμένων Εθνών. Σύμφωνα, λοιπόν με την IPCC ως κλιματική κρίση ορίζεται : «Μια αλλαγή στην κατάσταση του κλίματος που μπορεί να ταυτοποιηθεί (π.χ. χρησιμοποιώντας στατιστικές δοκιμές) με μεταβολές του μέσου όρου και / ή με τη μεταβλητότητα των ιδιοτήτων του, και αυτό εξακολουθεί να υφίσταται για μια εκτεταμένη περίοδο, συνήθως δεκαετίες ή μακρύτερα. Η αλλαγή του κλίματος μπορεί να οφείλεται σε φυσικά φαινόμενα, εσωτερικές διεργασίες ή εξωτερικές δυνάμεις, ή σε επίμονες ανθρωπογενείς αλλαγές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας ή στις χρήσεις γης» (UNISDR Terminology, 2009).

Ένας ακόμη σημαντικός ορισμός αναφέρεται και από τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ). Ειδικότερα, στη Σύμβαση για τις κλιματικές μεταβολές (UNFCCC) ορίζεται ότι η κλιματική κρίση θα αποτελεί η *"αλλαγή του κλίματος που αποδίδεται άμεσα ή έμμεσα στην ανθρώπινη δραστηριότητα που αλλάζει τη σύνθεση της παγκόσμιας ατμόσφαιρας και η οποία θα αλληλοσυμπληρώνεται από τη μεταβλητότητα που παρατηρήθηκε στο φυσικό κλίμα σε συγκρίσιμες χρονικές περιόδους"* (UNISDR Terminology, 2009).

Σημειώτέο είναι ότι εμφανίζεται ολοένα και περισσότερο στην διεθνή βιβλιογραφία ο όρος " κλιματική κρίση". Ουσιαστικά αποτελεί σχεδόν ταυτόσημη έννοια με αυτή της κλιματικής αλλαγής, παρουσιάζοντας όμως κάποιες διαφορές. Ακόμη και η επιτροπή του ΟΗΕ για την κλιματική κρίση αναγνωρίζει τα τελευταία χρόνια ότι η αλλαγή του κλίματος πρόκειται για την καθοριστικότερη κρίση της σύγχρονης εποχής που διανύουμε (UN, 2021). Σημειώνεται ότι ο όρος "κλιματική κρίση" δημιουργήθηκε για να αποτυπώσει καλύτερα το παγκόσμιο πρόβλημα που προκαλεί το φαινόμενο της αλλαγής του κλίματος και της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Αυτός ο όρος αρχίζει να υιοθετείται από πολλούς, από τη στιγμή που όλες οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής εν δυνάμει αποτελούν κρίσεις. Για παράδειγμα, τα εκτενή και ολοένα συχνότερα κύματα καύσωνα και οι εκτενείς περίοδοι ξηρασίας μπορούν να χαρακτηριστούν ως κρίσεις (Climate Reality Project, 2019), καθώς με ίδια μέσα δεν μπορεί να ανταποκριθεί πχ μια τοπική κοινωνία και αιτείται παροχή βοήθειας έξωθεν αυτής .

Για να γίνει κατανοητή, η διαφορά της κλιματικής αλλαγής και της "κλιματικής κρίσης" κρίνεται αναγκαίο να αποσαφηνιστεί και ο όρος της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Αυτό το παγκόσμιο φαινόμενο σχετίζεται με την αύξηση των μέσων ετήσιων θερμοκρασιών που έχουν καταγραφεί από την περίοδο της Βιομηχανικής Επανάστασης. Από την άλλη πλευρά η κλιματική κρίση αναφέρεται στις μεταβολές των εποχιακών προτύπων που σημειώνονται. Συνεπώς, η έννοια της "κλιματικής κρίσης" σχετίζεται με την μελέτη των επιπτώσεων που προκαλούνται από την κλιματική κρίση σε συνδυασμό με την υπερθέρμανση του πλανήτη (Climate Reality Project, 2019).

Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί ότι υπάρχει ένας μικρός αριθμός επιστημόνων που θεωρούν ότι η κλιματική αλλαγή είναι μέρος του φυσικού κύκλου των κλιματικών μεταβολών. Σύμφωνα με τον Wolff (2011), οι κυκλικές μεταβολές στο κλίμα της Γης παρατηρούνται να συμβαίνουν σε πολλές και διαφορετικές χρονικές περιόδους και κλίμακες (από χρόνια έως δεκαετίες, αιώνες και χιλιετίες). Αυτές οι μεταβολές ενδέχεται να προκαλούνται από μια ποικιλία φυσικών μηχανισμών, οι οποίοι αλληλεπιδρούν συνεχώς με το κλίμα. Ο ίδιος υποστηρίζει ότι μέσα από την παρατήρηση των διαχρονικών κλιματικών μεταβολών μπορούν να κατανοηθούν τα τωρινά και μελλοντικά κλιματικά πρότυπα (Wolff,2021). Ωστόσο, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οι τρέχοντες ρυθμοί της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής είναι εξαιρετικά γρήγοροι σε σύγκριση με τις προηγούμενες αλλαγές και μπορεί να δημιουργήσουν συνθήκες που δεν έχουν προβλεφθεί (IPCC,2013).

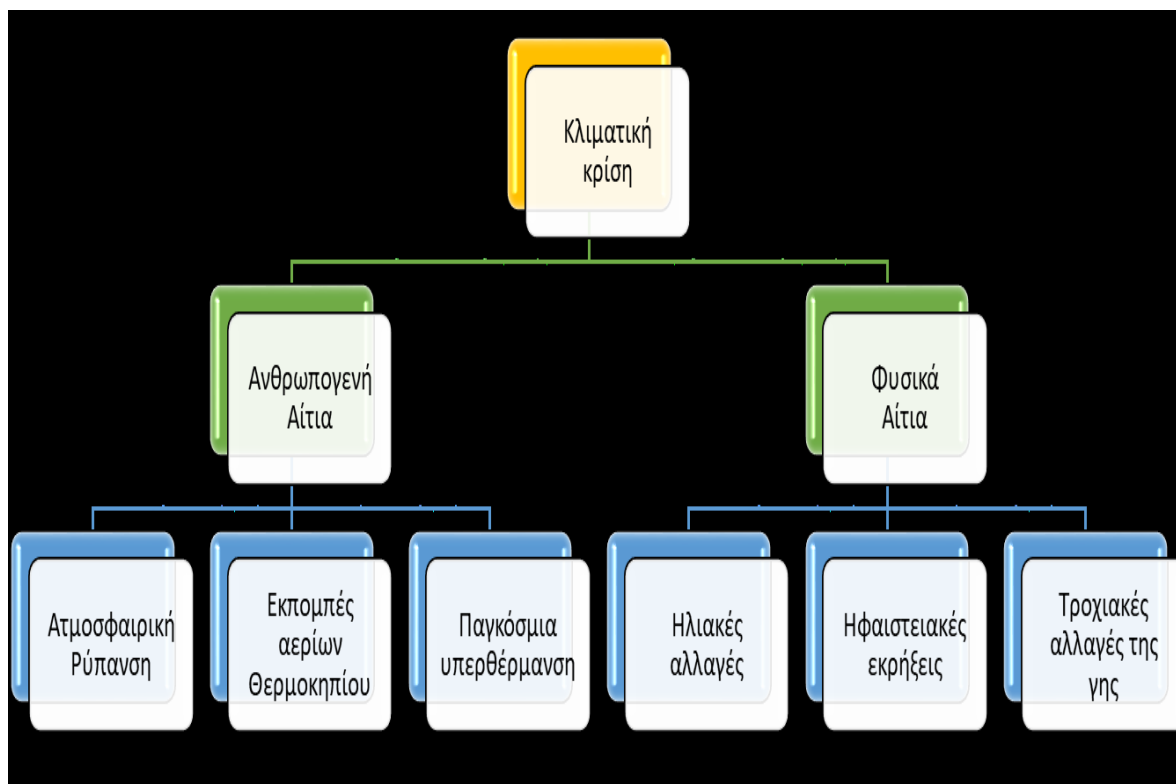
Ακόμη, σύμφωνα με την Rosen (2021), εντοπίζεται ένα μικρός αριθμός ερευνητών που δραστηριοποιούνται στον ευρύτερο τομέα μελέτης της κλιματικής αλλαγής και του περιβάλλοντος, που αντιτίθενται στην ύπαρξη του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι, επί του παρόντος, περισσότερο από το 97% των επιστημόνων που δημοσιεύουν επιστημονικά άρθρα αναφορικά με το κλίμα συμφωνούν σχετικά με την ύπαρξη και την αιτία της κλιματικής αλλαγής. Η ίδια, επισημαίνει ότι οι ερευνητές που αρνούνται την ύπαρξη της κλιματικής αλλαγής βασίζονται στην αβεβαιότητα που συχνά υπάρχει στις επιστήμες του περιβάλλοντος. Ωστόσο, αναφορικά με το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής οι επιστήμονες έχουν προβλέψει μελλοντικές αλλαγές στη θερμοκρασία, τις βροχοπτώσεις και άλλες σημαντικές μεταβλητές, οι οποίες θα εξαρτηθούν σε μεγάλο βαθμό από το πόσο γρήγορα θα μειωθούν οι εκπομπές αέριων του θερμοκηπίου, χωρίς η αβεβαιότητα να επηρεάζει την πίστη τους ότι η κλιματική αλλαγή είναι πραγματική και ότι οι άνθρωποι την προκαλούν (Rosen, 2021).

4.2. Αίτια της κλιματικής κρίσης

Όπως έγινε κατανοητό από την προηγούμενη ενότητα, η κλιματική κρίση αποτελεί ένα παγκόσμιο ζήτημα, που απειλεί ολόένα και εντονότερα τις ανθρώπινες δραστηριότητες και άρα και το περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσονται αυτές, δηλαδή κυρίως τις πόλεις. Στην σημερινή εποχή, η ανάπτυξη των νέων τεχνολογιών και η γενικότερη βελτίωση των μέσων παρατήρησης παρέχει την δυνατότητα στους ερευνητές να κατανοήσουν καλύτερα αυτό το φαινόμενο καθώς και τις πιθανές επιπτώσεις που θα έχει για τους ανθρώπους. Πράγματι, η επιστημονική πρόοδος και η διαρκής μελέτη του φαινομένου της κλιματικής κρίσης συνέβαλε στην αποτελεσματική αποτύπωση του κλιματικού συστήματος της Γης και της πιθανής απόκρισης του στις ανθρώπινες δραστηριότητες και φυσικοχημικές διεργασίες του περιβάλλοντος. Σημειωτέο είναι ότι οι αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, έχουν ένα καθοριστικό αντίκτυπο για το σύνολο του πλανήτη λόγω της παγκοσμιοποίησης. Αυτές οι συνέπειες αποτυπώνονται τόσο στο ανθρωπογενές όσο και στο φυσικό περιβάλλον. Έτσι, αρχικά θα πρέπει να μελετηθούν και να κατανοηθούν τα αίτια που οδηγούν στην κλιματική κρίση και έπειτα να αναπτυχθούν οι εκάστοτε τρόποι αντιμετώπισης των συνεπειών της.

Το μέγεθος και η έκταση των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης εξαρτώνται τόσο από την ανταπόκριση του γήινου συστήματος σε αυτή την αλλαγή του κλίματος, αλλά και στον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι αντιδρούν, αντιμετωπίζουν και ανταποκρίνονται σε αυτές. Στην παρούσα, ενότητα θα αναλυθούν τα αίτια της κλιματικής κρίσης, διότι πριν από την αντιμετώπιση οποιασδήποτε κρίσης είναι αναγκαίο να αποσαφηνιστεί ποιά είναι τα αίτια

που την προκαλούν. Παρακάτω, στο Σχήμα 1 αναφέρονται σχηματικά τα κυριότερα αίτια της κλιματικής κρίσης.



Σχήμα 1: Κυριότερες αιτίες της κλιματικής κρίσης, (ιδία επεξεργασία)

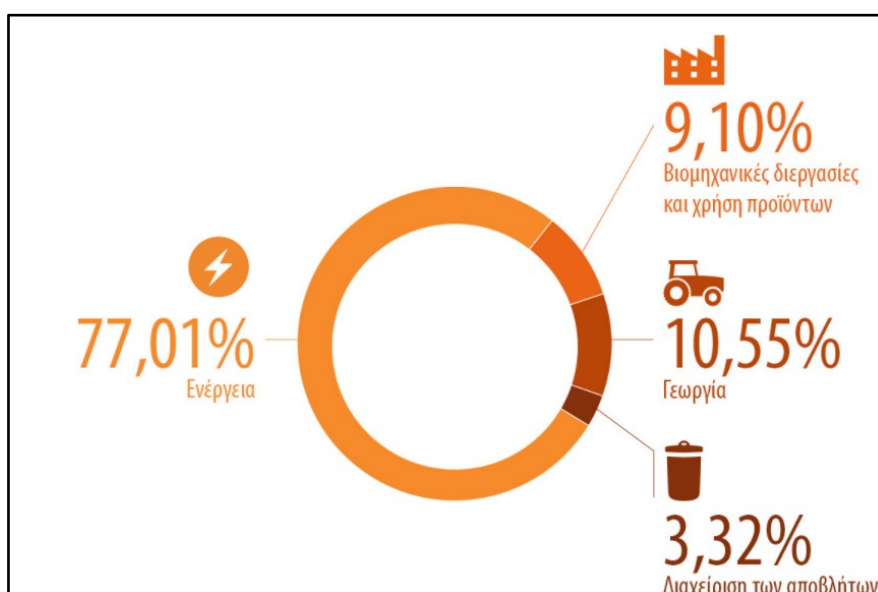
Από τα στοιχεία και τα δεδομένα που προέρχονται από την Παγκόσμια Διάσκεψη για την κλιματική κρίση (2019), γίνεται αντιληπτό ότι τα βασικότερα αίτια που συμβάλουν στην ενίσχυση του φαινομένου της κλιματικής κρίσης είναι τόσο ανθρωπογενή όσο και φυσικά. Σύμφωνα με τη NASA, οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που χαρακτηρίζονται ως τα φυσικά αίτια που προκαλούν αλλαγές στο κλίμα είναι: τα ηφαίστεια, ήλιος και οι αλλαγές τροχιάς. Ειδικότερα, η έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα που σημειώνεται σε κάποια περιοχή, τα ρεύματα που εντοπίζονται στους ωκεανούς, η ηλιακή ακτινοβολία και η τροχιακές μεταβολές μπορούν να συνεισφέρουν στην αλλαγή του κλίματος. Ωστόσο, οι μελετητές του φαινομένου της κλιματικής κρίσης σημειώνουν ότι η μεγαλύτερη συνεισφορά στην αλλαγή του κλίματος προέρχεται από τις ανθρωπογενής δραστηριότητες. Ανέκαθεν οι ανθρώπινες δραστηριότητες φαινόταν να έχουν έντονη αλληλεπίδραση με το φυσικό περιβάλλον γύρω τους. Μέσα από την αλόγιστη χρήση ορυκτών καυσίμων, την αποψίλωση τεράστιων εκτάσεων για την ανάπτυξη γεωργικών δραστηριοτήτων και την παραγωγή και εκπομπή τεράστιων ποσοτήτων αερίων του θερμοκηπίου συμβάλουν στην ενίσχυση της κλιματικής κρίσης (UN, CLIMATE SUMMIT 2019).

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι στο σύνολο της βιβλιογραφίας τα ανθρωπογενή αίτια είναι αυτά που ευθύνονται κυρίως για την κλιματική κρίση και λιγότερο τα φυσικά αίτια. Για το λόγο αυτό παρακάτω αναλύονται εκτενώς οι ανθρώπινες δραστηριότητες που ενισχύουν το φαινόμενο της κλιματικής κρίσης. Στα ανθρωπογενή αίτια περιλαμβάνονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, η ατμοσφαιρική ρύπανση και η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας.

4.2.1. Εκπομπές αερίων του Θερμοκηπίου

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες αποτελούν τις βασικές πηγές παραγωγής αερίων του θερμοκηπίου. Λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα από την 6η έκθεση αξιολόγησης της Διακυβερνητικής Ομάδας για τις Κλιματικές Μεταβολές (IPCC), σημειώνεται ότι οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου έχουν συμβάλει στην παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1,1°C για την περίοδο από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα μέχρι και σήμερα. Οι δραστηριότητες που οδήγησαν σε μεγάλες ποσότητες εκπομπών αερίων θερμοκηπίου αφορούν στην καύση άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου, στην αποψίλωση των δασών και στη γεωργία. Σημειώνεται ότι η συνάντηση για τη σύνταξη του σχεδίου της Έκθεσης Αξιολόγησης πραγματοποιήθηκε στην Αντίς Αμπέμπα (Αιθιοπία) τον Μάιο του 2017. Τα προσχέδια εγκρίθηκαν από την 46η σύνοδο της ομάδας τον Σεπτέμβριο του 2017, ενώ η τελική μορφή της έκθεσης οριστικοποιήθηκε στις 6 Αυγούστου του 2021. Ακόμη, διευκρινίζεται ότι έκθεση παρέχει μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση των τρεχόντων στοιχείων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή. (IPCC, 2021).

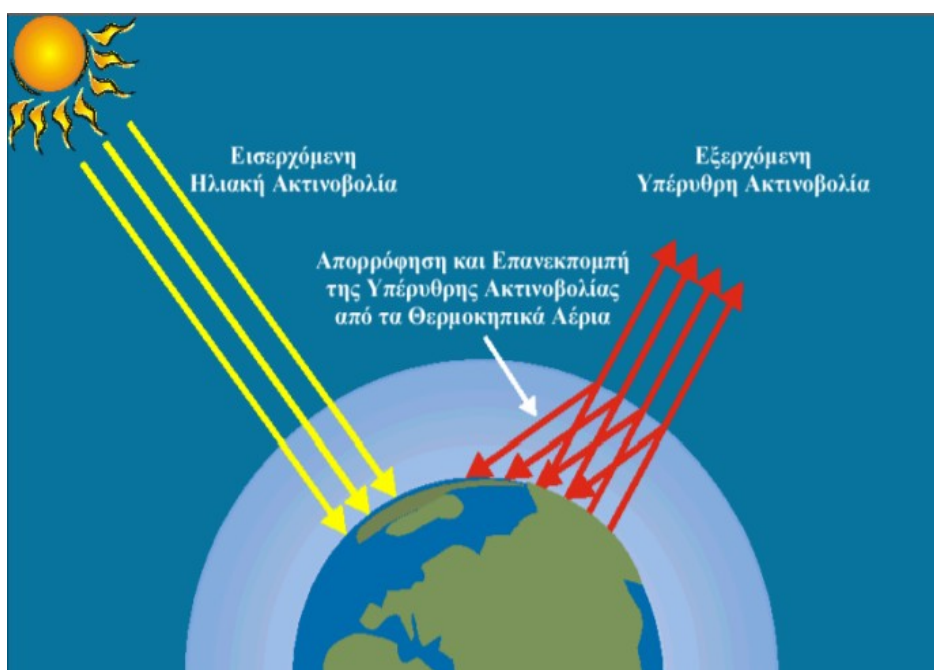
Πράγματι, αυτό αποτυπώνεται και στην Εικόνα 2, η οποία απεικονίζει το σύνολο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ το 2019, ταξινομημένες ανά βασικούς τομείς πηγών. Ο ενεργειακός τομέας συμμετέχει στην παραγωγή εκπομπών αερίων θερμοκηπίου με ποσοστό 77% τα οποία παράχθηκαν για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Από αυτό το ποσοστό το 1/3 περίπου σχετίζεται με τις μεταφορές. Έπειτα, ο τομέας με τον μεγαλύτερο ποσοστό ήταν αυτός της Γεωργίας. Από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και ειδικότερα από τις γεωργικές παράχθηκε περίπου το 11% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως. Τέλος οι τομείς με τα μικρότερα ποσοστά παραγωγής εκπομπών ήταν αυτοί των βιομηχανικών διεργασιών και χρήσης προϊόντων και αυτοί της διαχείρισης των αποβλήτων. Από την συνολική παραγωγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για το έτος 2019 οι βιομηχανικές διεργασίες ευθύνονται περίπου για 9% και οι δραστηριότητες διαχείρισης αποβλήτων περίπου για 3% (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος-ΕΟΠ, 2019)



Εικόνα 2: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ, ανά τομέα το 2019, (ΕΟΠ, 2019)

Είναι αναγκαίο να διευκρινιστεί ότι τα αέρια του θερμοκηπίου είναι σε ένα βαθμό χρήσιμα και απαραίτητα για τον πλανήτη. Ωστόσο οι ανθρώπινες δραστηριότητες παράγουν επιπλέον από τις αναγκαίες ποσότητες αερίων θερμοκηπίου με αποτέλεσμα να συμβάλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Πρωταρχικά, αξίζει να αναλυθεί η διαδικασία με την οποία “λειτουργούν” τα αέρια του θερμοκηπίου. Είναι πλέον γνωστό ότι για την διατήρηση, ανάπτυξη και ευημερία της ζωής στον πλανήτη είναι απαραίτητη η ηλιακή ενέργεια. Με βάση, λοιπόν τα δεδομένα της NASA, από την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην ατμόσφαιρα, περίπου το 50% την απορροφούν τα σύννεφα και ο αέρας και στη συνέχεια την εκπέμπουν προς τα πάνω με τη μορφή υπέρυθρης θερμότητας. Περίπου το 90% αυτής της θερμότητας απορροφάται από τα αέρια του θερμοκηπίου και ακτινοβολείται πίσω στην επιφάνεια, η οποία θερμαίνεται σε μέσο όρο κατά 15°C , απαραίτητους για την υποστήριξη της ζωής. Ωστόσο, όταν τα ποσοστά των αερίων του θερμοκηπίου αυξάνονται συνεχώς από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, ξεπερνούν τις αναγκαίες για τον πλανήτη ποσότητες και ενεργώντας σαν το γυαλί σε ένα θερμοκήπιο, παγιδεύουν τη θερμότητα του ήλιου και τη σταματούν από το να διαρρέυσει πίσω στο διάστημα, οδηγώντας στην υπερθέρμανσή του πλανήτη (European Commission,2019).

Οι πόλεις συμβάλλουν σημαντικά στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Το ήμισυ του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σε πόλεις, ποσοστό που ενδέχεται να φτάσει το 70% το 2050. Οι πόλεις καταναλώνουν το 80% της παγκόσμιας παραγωγής ενέργειας και αντιπροσωπεύουν περίπου το ίδιο ποσοστό των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Καθώς προχωρά η ανάπτυξη, οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου προέρχονται λιγότερο από τις βιομηχανικές δραστηριότητες και περισσότερο από τις ενεργειακές υπηρεσίες που απαιτούνται για τον φωτισμό, τη θέρμανση και την ψύξη. Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (IEA), οι αστικές περιοχές αντιπροσωπεύουν επί του παρόντος πάνω από 67% των παγκόσμιων αερίων θερμοκηπίου που σχετίζονται με την ενέργεια και αναμένεται να αυξηθούν στο 74% έως το 2030. Εκτιμάται ότι το 89% θα είναι από αναπτυσσόμενες χώρες (IEA 2008).



Εικόνα 3: Η διαδικασία που οδηγεί στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, (Μελάς κ.α. 2000)

Ειδικότερα, κατά τον τελευταίο αιώνα, η καύση ορυκτών καυσίμων όπως ο άνθρακας και το πετρέλαιο αύξησαν τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα. Ωστόσο, η καύση αυτών των ορυκτών καυσίμων συμβαίνει με πολύ υψηλότερο ρυθμό από εκείνον της παραγωγής τους. Επιπλέον, η καύση των δασών απελευθερώνει διοξείδιο του άνθρακα, αλλά και η αποψίλωση των δασών μπορεί επίσης να επηρεάσει το αντίστοιχο επίπεδο, λόγω του ότι τα δέντρα μειώνουν την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας φωτοσύνθεσης, οπότε λιγότερα δέντρα σημαίνουν περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα που απομένει στην ατμόσφαιρα (NASA,2021). Αντίστοιχα, το μεθάνιο (CH₄) που είναι το δεύτερο σημαντικότερο μακρόβιο αέριο θερμοκηπίου προέρχεται από ανθρώπινες δραστηριότητες(περίπου 60%), όπως η εκτροφή βοοειδών, η καλλιέργεια ρυζιού, η εκμετάλλευση ορυκτών καυσίμων, οι χώροι υγειονομικής ταφής και η καύση βιομάζας (WMO,2018).Συνεπώς, είναι κοινή αποδοχή ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν αυξήσει τις ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις και άλλων σημαντικών αερίων του θερμοκηπίου και ότι ο αντίκτυπος των πόλεων είναι ανάλογος με το επίπεδο της παραγωγής ενέργειας και τον συνδυασμό πηγών ενέργειας που χρησιμοποιούνται. Πλουσιότερες πόλεις, πυκνές πόλεις και πόλεις που εξαρτώνται κυρίως από τον άνθρακα για την παραγωγή ενέργειας εκπέμπουν περισσότερα αέρια θερμοκηπίου.

4.2.2. Ατμοσφαιρική ρύπανση

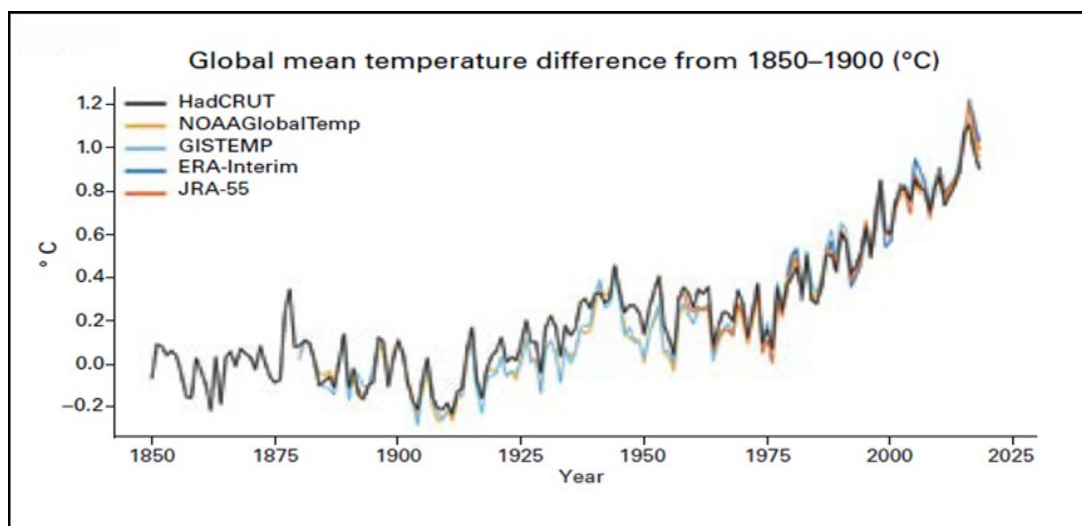
Παρόλο που η κλιματική κρίση και η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι στενά συνδεδεμένες, αυτές οι δύο περιβαλλοντικές προκλήσεις εξακολουθούν να εμφανίζονται και να αντιμετωπίζονται ως ξεχωριστά ζητήματα, από διάφορες επιστημονικές κοινότητες, μέσω της χρήσης διαφορετικών πλαισίων πολιτικής (WMO, 2018). Ωστόσο, η αλλαγή του κλίματος δεν μπορεί να διαχωριστεί από το θέμα της ποιότητας του αέρα, διότι το CO₂ και οι ατμοσφαιρικοί ρύποι, μοιράζονται πολλές από τις ίδιες πηγές και αυτές είναι κυρίως η καύση καυσίμων με βάση τον άνθρακα, συμπεριλαμβανομένων των ορυκτών καυσίμων και των βιοκαυσίμων. Επειδή οι περισσότερες οικονομικές δραστηριότητες συγκεντρώνονται σε αστικές περιοχές, οι πόλεις διαδραματίζουν βασικό ρόλο στην αλλαγή του κλίματος. Οι επιλογές ευεξίας και τρόπου ζωής καθορίζουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και οι ιστορικά ανεπτυγμένες χώρες έχουν μεγαλύτερες εκπομπές τέτοιων αερίων από τις αναπτυσσόμενες χώρες. Ο κόσμος αστικοποιείται γρήγορα και οι εκπομπές αυτές προβλέπεται ότι θα αυξηθούν δραματικά (IEA, 2008).

Αναφορικά με την κατάσταση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Ελλάδα, σημειώνεται ότι για την παρακολούθηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης θεσπίστηκε από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας ένα εργαλείο, η Ετήσια Έκθεση Ποιότητας της Ατμόσφαιρας. Σύμφωνα με αυτή την έκθεση (2020) ως ατμοσφαιρική ρύπανση «καλείται, η παρουσία στην ατμόσφαιρα κάθε είδους ουσιών, σε συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του». Ακόμη, από τις συγκρίσεις των συγκεντρώσεων των μετρούμενων ρύπων με τα ισχύοντα όρια ποιότητας ατμόσφαιρας και τις οριακές ενδεικτικές τιμές που καθορίζονται στις Ενωσιακές Οδηγίες, προκύπτουν υπερβάσεις σε ορισμένους ρύπους, όπως αυτοί των Αιωρούμενων Σωματιδίων (ΑΣ10) . Διευκρινίζεται ότι τα Αιωρούμενα Σωματίδια αποτελούν υλικά σε στερεή ή υγρή φάση που μπορούν να αιωρούνται στην

ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα και προκαλούνται από βιομηχανικές δραστηριότητες, παραγωγή τσιμέντου, γύψου, χυτήρια μεταλλεύματος, αυτοκίνητα (κυρίως πετρελαιοκίνητα οχήματα) (ΥΠΕΝ, 2020).

4.2.3 Παγκόσμια υπερθέρμανση

Η υπερθέρμανση του πλανήτη ορίζεται ως μια αύξηση στις συνδυασμένες θερμοκρασίες του επιφανειακού αέρα και της επιφάνειας της θάλασσας κατά μέσο όρο σε ολόκληρο τον πλανήτη σε περίοδο 30 ετών (IPCC, 2018). Η μέση παγκόσμια θερμοκρασία για το 2018 εκτιμάται ότι είναι $0,99 \pm 0,13$ °C πάνω από την προβιομηχανική βασική γραμμή (1850-1900). Η εκτίμηση περιλαμβάνει πέντε ανεξάρτητα διατηρημένα σύνολα δεδομένων παγκόσμιας θερμοκρασίας και το εύρος, που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα, αντιπροσωπεύει τη διαφορά τους (WMO,2018).



Σχήμα 2: Παγκόσμια μέση διαφοροποίηση θερμοκρασίας σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1850-1900 για τα πέντε σύνολα δεδομένων παγκόσμιας θερμοκρασίας, (Met Office, 2021).

Η Ειδική έκθεση του IPCC (2014) για τις επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη κατά (Global Warming των $1,5$ °C) ανέφεραν ότι η μέση παγκόσμια θερμοκρασία για την περίοδο 2006-2015 ήταν $0,86$ °C πάνω από την προβιομηχανική γραμμή βάσης. Για σύγκριση, η μέση ανωμαλία πάνω από το η ίδια γραμμή βάσης για την πιο πρόσφατη δεκαετία 2009-2018 ήταν $0,93 \pm 0,07$ °C, και ο μέσος όρος των τελευταίων πέντε ετών, 2014-2018, ήταν $1,04 \pm 0,09$ °C πάνω από αυτόν της γραμμή βάσης. Και οι δύο αυτές οι περιόδους περιλαμβάνουν το θερμό αποτέλεσμα του ισχυρού El Niño του 2015-2016 (IPCC,2014). Διευκρινίζεται ότι σύμφωνα με τον Karagiannidis (2022), το El Niño αποτελεί ένα κλιματικό φαινόμενο που προκύπτει από συνδυασμένη δράση μεταβολών στους ωκεανούς και στην ατμόσφαιρα. Ειδικότερα, συνδέεται με τη θέρμανση των επιφανειακών υδάτων των ανατολικών τμημάτων του τροπικού Ειρηνικού Ωκεανού. Γενικά κατά τη φάση αυτή οι δυτικές ακτές της Νότιας Αμερικής δέχονται μεγάλα ποσά βροχής ενώ στην Ινδονησία, στη Νότια Ασία και τμήματα της Αυστραλίας επικρατεί ξηρασία. Ακόμη και οι τροπικοί κυκλώνες και οι τυφώνες του Ατλαντικού είναι λιγότεροι και ασθενέστεροι κατά την φάση El Niño (Karagiannidis, 2022).

4.3. Κλιματική κρίση και φυσικές καταστροφές

Η συχνότητα και η σοβαρότητα των καταστροφών, που οφείλονται σε συναφείς με το κλίμα λειτουργίες και γεγονότα, αυξάνονται σε όλο τον κόσμο. Ως καταστροφή ορίζεται μια σοβαρή διατάραξη της λειτουργίας μιας κοινότητας ή μιας κοινωνίας που περιλαμβάνει ευρεία διάδοση ανθρώπινων, υλικών, οικονομικών ή περιβαλλοντικών απωλειών και επιπτώσεων, οι οποίες υπερβαίνουν την ικανότητα της πληγείσας κοινότητας ή κοινωνίας να τις αντιμετωπίσει χρησιμοποιώντας τους δικούς της πόρους (UNISDR, 2009). Παρατηρήσεις της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC) μέσω της τέταρτης και της πέμπτης έκθεσης αξιολόγησής τους και της ειδικής έκθεσης για τη διαχείριση των κινδύνων από ακραίες καταστροφές για την εκ των προτέρων προσαρμογή της αλλαγής του κλίματος (SREX) υποδεικνύει ότι υπάρχει σχέση μεταξύ κλιματικής κρίσης και ακραίων καιρικών και κλιματικών συμβάντων που έχουν επιπτώσεις στην κοινωνία και στην αειφόρο ανάπτυξη (IPCC,2014). Οι κλιματικές αλλαγές, που προέρχονται από ανθρωπογενείς παράγοντες είναι μια από τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές απειλές.(Gurta, 2019).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το ζήτημα της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων λόγω των κλιματικών μεταβολών αποτελεί σημαντικό κομμάτι ήδη για πολλές χώρες ανά τον κόσμο, που ενδέχεται ή ήδη αντιμετωπίζουν τέτοια προβλήματα (UNISDR, 2017). Έτσι, δημιουργήθηκε το πλαίσιο Sendai για τη μείωση των κινδύνων καταστροφών 2015-2030, το οποίο εγκρίθηκε από τα κράτη μέλη των Ηνωμένων Εθνών το 2015. Πιο συγκεκριμένα έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίζει τη μείωση του υφιστάμενου επιπέδου κινδύνων και να αποτρέπει την εμφάνιση νέων κινδύνων. Στοχεύει ουσιαστικά στη μείωση του κινδύνου καταστροφών και των απωλειών ζωής, επιβίωσης και υγείας, καθώς και απώλειας οικονομικών, φυσικών, κοινωνικών, πολιτιστικών και περιβαλλοντικών περιουσιακών στοιχείων προσώπων, επιχειρήσεων, κοινοτήτων και χωρών (UN,2015).

Η αλλαγή του κλίματος προσθέτει ακόμα μία πίεση σε αυτές που επηρεάζουν το περιβάλλον, όπως η υποβάθμιση και η ταχεία μη προγραμματισμένη σχεδιασμένη αστική ανάπτυξη, μειώνοντας περαιτέρω τις ικανότητες των κοινοτήτων να αντιμετωπίσουν ακόμη και τα υφιστάμενα επίπεδα κλιματικών συνθηκών. Στο UNISDR,(2009) ως “ικανότητα” μια κοινότητας ορίζεται ο συνδυασμός όλων των πλεονεκτημάτων, των χαρακτηριστικών και των πόρων που διατίθενται εντός μιας κοινότητας, κοινωνίας ή οργάνωσης που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την επίτευξη των συμφωνηθέντων στόχων (UNISDR, 2009).

Η κλιματική κρίση αποτελεί σοβαρή απειλή για την ανάπτυξη των πόλεων, πρώτον, λόγω της αυξημένης συχνότητας και έντασης των υδρομετεωρολογικών κινδύνων όπως οι πλημμύρες, οι ξηρασίες, τα κύματα καύσωνα, οι κυκλώνες κλπ. και , δεύτερον, λόγω της υποβάθμισης και της εναλλαγής των οικοσυστημάτων, με αποτέλεσμα την αύξηση της ευπάθειας των ανθρώπων απέναντι στις φυσικές καταστροφές. Η έννοια της “ευπάθειας” ορίζεται ως τα χαρακτηριστικά και οι περιστάσεις μιας κοινότητας, ενός συστήματος ή ενός περιουσιακού στοιχείου που τα κάνουν να είναι ευαίσθητα στις επιβλαβείς επιδράσεις ενός κίνδυνου (UNISDR, 2009).Ερευνητές επιχειρούν να εκτιμήσουν ποιοτικά ταχέως την ευαλωτότητα κρίσιμων υποδομών όπως Εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων με μεθόδους οι οποίες κάλλιστα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση της εκτίμησης της τρωτότητας των κατασκευών λόγω κλιματικής αλλαγής- κρίσης (Kerpelis et al, 2021).

Η αναγνώριση των επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος επιδρά όχι μόνο στους κινδύνους, αλλά ταυτόχρονα και στις ευπάθειες και στην ικανότητα διαχείρισης του κινδύνου καταστροφών. Η διαχείριση κινδύνων αναφέρεται στη συστηματική διαδικασία χρήσης των διοικητικών οδηγιών, των οργανώσεων και των επιχειρησιακών δεξιοτήτων και δυνατοτήτων εφαρμογής στρατηγικών, πολιτικών και βελτιωμένων ικανοτήτων αντιμετώπισης, προκειμένου να μειωθούν οι δυσμενείς επιπτώσεις των κινδύνων και η πιθανότητα καταστροφής (UNISDR, 2009). Ως εκ τούτου, η αλλαγή του κλίματος θα ενισχύσει τον κίνδυνο καταστροφών με δύο τρόπους, πρώτον, μέσω της πιθανής αύξησης των ακραίων κλιματικών συνθηκών και, δεύτερον, μέσω της αύξησης της ευπάθειας των κοινοτήτων στους φυσικούς κινδύνους, ιδίως λόγω της υποβάθμισης των οικοσυστημάτων. Έτσι, το θέμα της προσαρμογής της κλιματικής κρίσης με την μείωση του κινδύνου καταστροφών συνδέονται στενά (Gurta, 2016). Η μείωση του κινδύνου καταστροφών ορίζεται πρακτικά ως μείωση των κινδύνων αυτών, μέσω συστηματικών προσπαθειών για την ανάλυση και τη διαχείριση των αιτιών των καταστροφών, συμπεριλαμβανομένης της μείωσης της έκθεσης σε κινδύνους, της μείωσης της ευπάθειας των ανθρώπων και των περιουσιακών στοιχείων, της συνετούς διαχείρισης της γης και του περιβάλλοντος και της βελτιωμένης ετοιμότητας για ανεπιθύμητες ενέργειες (UNISDR, 2009).

Η κλίμακα των καταστροφών στους αστικούς πληθυσμούς και τις οικονομίες οι οποίες προκλήθηκαν από ακραία καιρικά φαινόμενα τα τελευταία χρόνια υπογραμμίζει την ευπάθειά τους. Σε παγκόσμιο επίπεδο σημειώθηκε ραγδαία αύξηση του αριθμού των ανθρώπων που έχασαν τη ζωή τους ή που υπέστησαν σοβαρές επιπτώσεις από τις καταιγίδες και τις πλημμύρες, καθώς και από την οικονομική ζημία που προκλήθηκε (WMO, 2018). Ένα μεγάλο και αυξανόμενο ποσοστό αυτών των επιπτώσεων είναι σε αστικές περιοχές. Η αλλαγή του κλίματος (ως το πρωταρχικό αίτιο) μαζί με την ευπάθεια των αστικών πληθυσμών σε πλημμύρες και καταιγίδες (των οποίων η συχνότητα και η ένταση της κλιματικής αλλαγής είναι πιθανό να αυξηθούν στις περισσότερες περιοχές) συμβάλουν στην συνεχιζόμενη αύξηση των επιπτώσεων. Η αλλαγή του κλίματος επιφέρει και άλλες δευτερεύουσες πιέσεις στις διάφορες περιοχές, όπως τα κύματα καύσωνα, για πολλές αστικές περιοχές, μείωση της διαθεσιμότητας γλυκού νερού και αύξηση της στάθμης της θάλασσας για όλες τις παράκτιες πόλεις. Αποτελεί κοινή αποδοχή πως χωρίς σημαντικές αλλαγές στους τρόπους με τους οποίους οι κυβερνήσεις και οι διεθνείς οργανισμοί εργάζονται σε αστικές περιοχές, η κλίμακα αυτών των επιπτώσεων θα αυξηθεί.

Η επέκταση των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης θα μεταβεί στο τομέα των τεχνικών έργων. Όπως έγινε κατανοητό στις προηγούμενες ενότητες η κλιματική κρίση ήδη επηρεάζει και ενδέχεται να ενισχυθεί η επίδραση της τόσο στους ανθρώπους όσο και στο περιβάλλον που αυτοί δραστηριοποιούνται. Διευκρινίζεται λοιπόν ότι εντός του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος αναπτύσσονται και τα τεχνικά έργα, που αποτελούν ουσιαστικά υποδομές για την βελτίωση των κοινωνικών συνθηκών. Αξίζει να σημειωθεί ότι πολλές υποδομές αντιμετωπίζουν κινδύνους λόγω της κλιματικής κρίσης, με αυξητική τάση. Ενδεικτικά τονίζεται ότι οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες και οι ακραίες βροχοπτώσεις ενδέχεται να επηρεάσουν την δομική ακεραιότητα και την αξιοπιστία των τεχνικών έργων και να μειώσουν το χρόνο ζωής τους. Αυτά εξετάζονται και αναλυτικότερα στο επόμενο κεφάλαιο.

5. Σχεδιασμός τεχνικών έργων

Από την εξέταση της βιβλιογραφίας προκύπτει ότι τα τεχνικά έργα και γενικότερα οι τεχνικές υποδομές μια πόλης, αποτελούν σημαντικό καταλύτη για την ανάπτυξη και την ευημερία της. Σύμφωνα με τον Juneja (2022), τονίζεται ότι τα τεχνικά έργα συμβάλουν σημαντικά στην οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη μιας χώρας και για το λόγο αυτό παρατηρούνται διαφορές στο επίπεδο ανάπτυξης των χωρών. Ο ίδιος τονίζει την σημαντικότητα των υποδομών αναφέροντας ότι οι δυτικές χώρες τείνουν να είναι πιο 'προηγμένες' από ορισμένες Ασιατικές. Οι λόγοι που συμβαίνει αυτό είναι πολλοί, ένας εκ των οποίων είναι ότι οι δυτικές χώρες διαθέτουν πολύ καλές τεχνικές υποδομές (Juneja, 2022).

Πράγματι, το γεγονός ότι τα δυτικά κράτη έχουν καλύτερους δρόμους, λιμάνια, αυτοκινητόδρομους, αεροδρόμια και άλλα στοιχεία υποδομής είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους ενδέχεται να έχουν σημειώσει ταχύτερη οικονομική ανάπτυξη. Στην παρούσα ενότητα επιδιώκεται να αναλυθεί και να αποσαφηνιστεί η έννοια των τεχνικών έργων, να μελετηθούν οι προδιαγραφές με τις οποίες αυτά κατασκευάζονται και τελικά να εξεταστεί η επίδραση της κλιματικής κρίσης στον σχεδιασμό τεχνικών έργων.

5.1. Τεχνικά έργα: ανάλυση εννοιών

Μέσα από ενδελεχή ανασκόπηση της βιβλιογραφίας εντοπίζεται μια κοινή συνιστώσα που υπάρχει μεταξύ των διαφόρων ορισμών των τεχνικών έργων, και αυτή είναι 'η βελτίωση της ποιότητας των κατοίκων μια περιοχής'. Ακόμη σχεδόν από το σύνολο της βιβλιογραφίας συμφωνείται ότι τα σημαντικότερα τεχνικά έργα είναι, ουσιαστικά, έργα υποδομής, που λαμβάνουν χώρα σε διαφορετικές χωρικές περιοχές και σε διαφορετικά πεδία (πχ υδρευση, αποχέτευση, μεταφορές κλπ), αποσκοπώντας στην κάλυψη των βασικών αναγκών του κοινωνικού συνόλου. Σύμφωνα με τους Adhikary & Khatun (2017) τα τεχνικά έργα υποδομών είναι ικανά να συμβάλλουν στην ανάπτυξη των παραγωγικών δυνατοτήτων μια περιοχής, στην αύξηση του εθνικού προϊόντος, στην ασφάλεια της χώρας και γενικά να διασφαλίσουν και να ενισχύσουν την ποιότητας της ζωής ενός κοινωνικού συνόλου (Adhikary & Khatun, 2017).

Λόγω του γεγονότος, ότι τα τεχνικά έργα αποτελούν ένα σύνολο υποδομών κρίνεται αναγκαίο να αποσαφηνιστεί και να αναλυθεί η έννοια της «υποδομής». Κατά τον Boyle (2022), η έννοια «υποδομή» αποτελεί έναν ευέλικτο όρο, ο οποίος βρίσκει εφαρμογή στα συστατικά στοιχεία μιας επιχείρησης, μιας περιοχής ή μιας χώρας. Ειδικότερα, οι υποδομές συχνά συνδέονται με επενδύσεις έντασης κεφαλαίου και με επενδύσεις υψηλού κόστους, καθιστώντας τες κείριο και καταλυτικό παράγοντα για την οικονομική ανάπτυξη και ευημερία μιας χώρας. Από μια οικονομική σκοπιά οι υποδομές έχουν την δυνατότητα να παράγουν δημόσια αγαθά για την χωρική ενότητα στην οποία αναπτύσσονται. Σύμφωνα με το ίδιο ενδεικτικά παραδείγματα υποδομής αποτελούν: συστήματα μεταφορών, δίκτυα

επικοινωνιών, δίκτυα αποχέτευσης και ύδρευσης, φράγματα, γέφυρες κλπ. (Boyle, 2022). Αξίζει να σημειωθεί ότι για την ανάπτυξη των τεχνικών έργων απαιτούνται οικονομικοί πόροι, που μπορούν να αντληθούν από δημόσιες πηγές χρηματοδότησης, ιδιωτικά κεφάλαια και επενδύσεις ή μέσω συμπράξεων δημόσιου και ιδιωτικού τομέα.

Ακόμα μια έννοια που πρέπει να αποσαφηνιστεί είναι αυτή των κρίσιμων υποδομών (critical infrastructure). Σύμφωνα με τον Graham (2011), οι κρίσιμες υποδομές ορίζονται «ως εκείνες οι υποδομές που σχετίζονται με βασικές εγκαταστάσεις, δίκτυα, υπηρεσίες και περιουσιακά στοιχεία τεχνολογίας και πληροφοριών, οι οποίες, εάν διαταραχθούν ή καταστραφούν, θα είχαν σοβαρό αντίκτυπο στην υγεία, την ασφάλεια, την οικονομική ή κοινωνική ευημερία ή την αποτελεσματική λειτουργία της κυβέρνησης». Σύμφωνα με τον ίδιο οι κρίσιμες υποδομές διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: τις υλικές υποδομές (physical), τις κυβερνοχωρικές υποδομές (cybernetic) και τον άνθρωπο, οι οποίες αναλύονται παρακάτω (Graham, 2011):

1. **Υλικές υποδομές:** σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται κατά κύριο λόγο οι υποδομές με φυσική-υλική υπόσταση, όπως δρόμοι, αγωγοί πετρελαίου και φυσικού αερίου, δίκτυα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, δίκτυα τηλεπικοινωνιών, φράγματα κλπ. Σημειώνεται ότι αυτές οι υποδομές αποτελούν καίριο παράγοντα για την διατήρηση της κοινωνικής συνοχής.
2. **Κυβερνοχωρικές υποδομές:** σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται όλες οι άυλες υποδομές, που δεν διαθέτουν υλική υπόσταση, Παραδείγματα τέτοιων υποδομών, αποτελούν η τεχνολογική εξέλιξη, οι ηλεκτρονικές πληροφορίες, το λογισμικό, τα δεδομένα και δίκτυα που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο των κρίσιμων υποδομών.
3. **Άνθρωπος:** σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται, όπως είναι κατανοητό, οι άνθρωποι. Συχνά στο τομέα των υποδομών ο ανθρώπινος παράγοντας παραμερίζεται και υποβαθμίζεται. Ωστόσο, τονίζεται ότι το σύνολο το συστημάτων και των υποδομών, προγραμματίζονται από ανθρώπους. Συνεπώς οι άνθρωποι διαθέτουν απαραίτητη γνώση, τεχνογνωσία και εμπειρία που, εάν χαθούν, αποτελεί σημαντική απειλή για την διαχείριση των κρίσιμων υποδομών. Χαρακτηριστική περίπτωση είναι η περίπτωση της αντίληψης – αποδοχής του σεισμικού κινδύνου στην περίπτωση του σεισμού στην πόλη L' Aquila στην Ιταλία (Kerpelis & Karamanou, 2019).

Μια άλλη έννοια που είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον τομέα των τεχνικών έργων είναι αυτή της ευαλωτότητας. Σύμφωνα με το εγχειρίδιο των Ηνωμένων Εθνών που αναφέρεται στη μείωση του κινδύνου των καταστροφών (UNISDR, 2009), διατυπώνεται ο εξής ορισμός: «Η ευαλωτότητα αναφέρεται στα χαρακτηριστικά και τις συνθήκες μιας κοινότητας, συστήματος ή περιουσιακού στοιχείου που την καθιστούν επιρρεπή στις καταστροφικές συνέπειες ενός κινδύνου. Υπάρχουν πολλές πτυχές της ευπάθειας, που προκύπτουν από διάφορους φυσικούς, κοινωνικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες». Σημειώνεται ότι σύμφωνα με το ίδιο εγχειρίδιο, περιπτώσεις ευαλωτότητας ενδεχομένως αποτελούν ο κακός σχεδιασμός των υποδομών, η ανεπαρκής και ελλιπής προστασία τους,

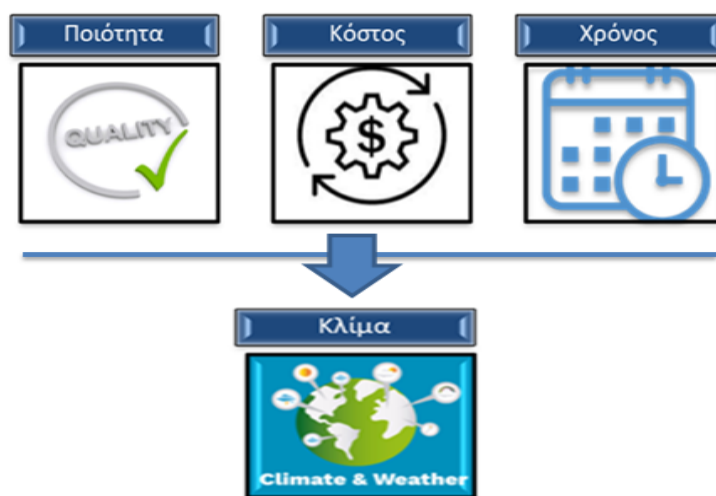
η έλλειψη ενημέρωσης και λήψης προληπτικών μέτρων, η μη αναγνώριση των κινδύνων, τα ελλιπή μέτρα ετοιμότητας κλπ (UNISDR, 2009).

5.2. Παράγοντες κατασκευής

Όπως έγινε κατανοητό στην παραπάνω ενότητα, οι τεχνικές υποδομές, που αναπτύσσονται σε μια περιοχή μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στην γενικότερη ανάπτυξή της. Σύμφωνα με τον Cohen (2013), το σύνολο των χωρών στον πλανήτη δίνουν ιδιαίτερη έμφαση και επικεντρώνονται στην ενίσχυση της βιωσιμότητας και τη διασφάλιση της βιώσιμης ανάπτυξής τους. Ο ίδιος τονίζει ότι η επιδίωξη για την επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης στηρίζεται στην κατασκευή υποδομών οι οποίες επικεντρώνονται στην προστασία του περιβάλλοντος (Cohen, 2013). Το ίδιο υποστηρίζει και η Zeybek (2008), σημειώνοντας ότι οι χώρες που επιδιώκουν την βιώσιμη ανάπτυξη στοχεύουν, ουσιαστικά, στην οικονομική τους ανάπτυξη και την ενίσχυση των κοινωνικών οφελών χωρίς να διακυβεύεται η οικολογία και το περιβάλλον (Zeybek, 2008),

Ακόμη ο Khan (2008) επισημαίνει ότι η επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης αλλά και της οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης των χωρών υλοποιείται μέσα από την εκπόνηση διαφόρων κοινωνικοοικονομικών έργων ανάπτυξης. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι τέτοια έργα υποδομής αποτελούν βιομηχανικά έργα, έργα που σχετίζονται με τον τομέα των μεταφορών, της ενέργειας, της ύδρευσης –αποχέτευσης, των επικοινωνιών κλπ. (Khan, 2008). Σημειωτέο είναι ότι θέτοντας ως βάση την χωρική κλίμακα επιπέδου χώρας και περιφέρειας, τα τεχνικά έργα απαιτούν σύνθετες και μεγάλης κλίμακας κατασκευαστικές δραστηριότητες.

Στην παρούσα ενότητα επιδιώκεται να εξεταστούν ορισμένοι ενδεικτικοί παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για την κατασκευή των τεχνικών έργων. Είναι κατανοητό ότι κάθε περιοχή διαθέτει το δικό της μορφολογικό ανάγλυφο, συγκεκριμένες οικονομικές και κοινωνικές ιδιαιτερότητες, με αποτέλεσμα η κατασκευή των τεχνικών έργων να διαφοροποιείται και να προσαρμόζεται αναλόγως.



Εικόνα 4: Βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την κατασκευή των τεχνικών έργων

Όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 4 οι σημαντικότεροι παράγοντες που ενδέχεται να καθορίσουν την επιτυχή εκπόνηση ενός τεχνικού έργου είναι τέσσερις. Οι πρώτοι τρεις αφορούν την ποιότητα της κατασκευής, το κόστος και το χρόνο περαίωσης του έργου. Ο τέταρτος παράγοντας αναδείχθηκε ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια και αφορά τους κλιματικούς παράγοντες. Από μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προκύπτει ότι όσο οι ανθρώπινες δραστηριότητες αναπτύσσονται τόσο μεγαλύτερη σύγκρουση παρατηρείται με το φυσικό περιβάλλον. Διευκρινίζεται ότι ο βασικότερος λόγος αλλαγής του κλίματος προέρχεται από τα αέρια του θερμοκηπίου που εκλύονται από το σύνολο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Συνεπώς, οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε μια περιοχή καθώς και οι επικείμενες στο άμεσο μέλλον, και οι οποίες προέρχονται λόγω της κλιματικής αλλαγής, είτε οποιεσδήποτε άλλες μεταβολές οφείλουν να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη κατά την ανάπτυξη και κατασκευή των τεχνικών έργων.

Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τους Joslin & Müller (2015), αυτοί οι τέσσερις παράγοντες που επηρεάζουν την κατασκευή ενός έργου είναι κοινά αποδεκτοί ως προϋπόθεση για την εξασφάλιση της αποτελεσματικής κατασκευής των τεχνικών έργων (Joslin & Müller, 2015). Ωστόσο, αυτοί οι παράγοντες δεν είναι στο σύνολο τους όλοι το ίδιο εύκολο να αξιολογηθούν. Πιο συγκεκριμένα οι Jha&Iyer (2006), υποστηρίζουν ότι ο παράγοντας της ποιότητας στα τεχνικά έργα αποτελεί ίσως το λιγότερο σαφές χαρακτηριστικό της επιτυχίας του έργου. Οι ίδιοι τονίζουν ότι όλοι οι παράγοντες δεν διαθέτουν την ίδια βαρύτητα κατά την διάρκεια του σχεδιασμού και της κατασκευής των τεχνικών έργων με την ποιότητα και το κλίμα συχνά να αγνοούνται (Jha & Iyer, 2006). Στην συνέχεια αναλύονται ενδελεχώς οι τέσσερις παράγοντες που προαναφέρθηκαν.

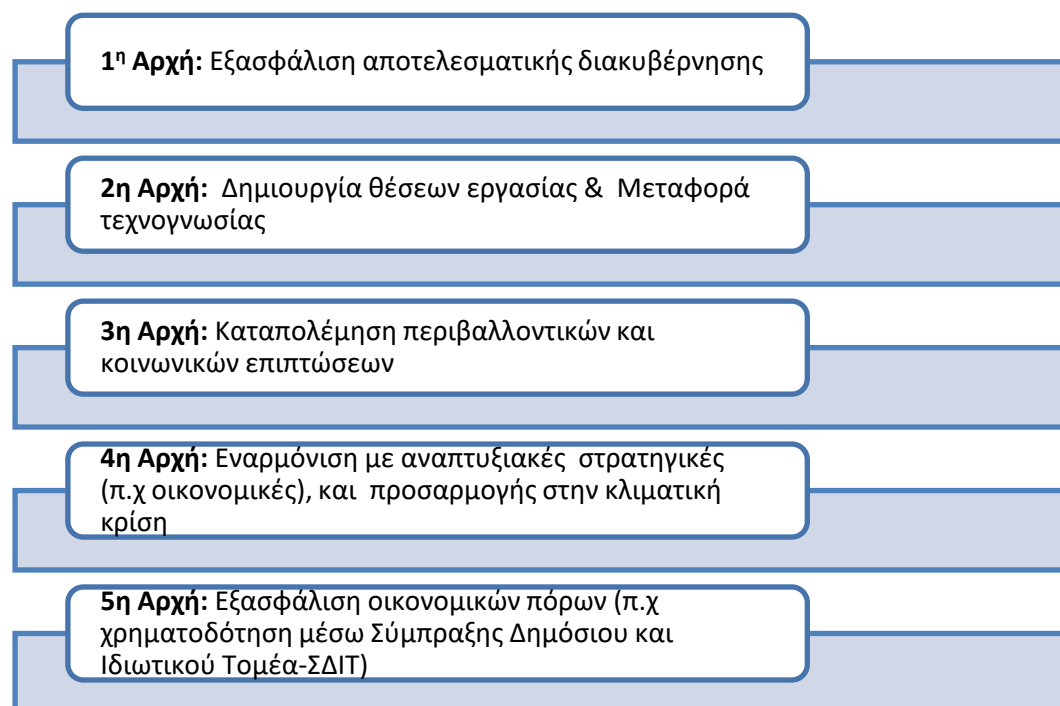
5.2.1 Ποιότητα

Αρχικά αναλύεται ένας παράγοντας ο οποίος συχνά δεν λαμβάνεται σοβαρά υπόψη αν και αποτελεί ένα καίριο στοιχείο για την κατασκευή των τεχνικών έργων. Την παραπάνω πρόταση επιβεβαιώνει και ο Turk (2006), σημειώνοντας ότι μέσα από την διαρκή επιδίωξη, των μερών που διαχειρίζονται ένα τεχνικό έργο, για μείωση του κόστους και ταυτόχρονα του χρονικού πλαισίου κατασκευής παραβλέπεται το στοιχείο της ποιότητας. Σύμφωνα με τον ίδιο είναι ευρέως γνωστό μεταξύ του κατασκευαστικού κλάδου στον δημόσιο τομέα, στο σύνολο σχεδόν των χωρών του κόσμου, ότι η διασφάλιση της καλής ποιότητας ενός έργου συνεπάγεται την επιτυχία και τη βιωσιμότητα των έργων (Turk, 2006).

Για την αποτελεσματικότερη κατανόηση της σημαντικότητας που επιτελεί ο παράγοντας της ποιότητας στην κατασκευή των τεχνικών έργων παρακάτω διατυπώνεται ένας ορισμός. Κατά τον Fan (1995) η έννοια της ποιότητας αφορά στην συμμόρφωση με τις προδιαγραφές και στην επίτευξη των συμβατικών στόχων ενός έργου. Πιο συγκεκριμένα, ο ίδιος ορίζει την ποιότητα «ως την αποτελεσματική και επιτυχημένη ολοκλήρωση και επίτευξη των συμβατικών στόχων του έργου, ανάμεσα στον 'πελάτη' και τον ανάδοχο ή κύριο εργολάβο του έργου και την συμμόρφωση με τις απαιτήσεις του αυτού (Fan, 1995).

Με την διασφάλιση υψηλής ποιότητας κατά την κατασκευή ενός τεχνικού έργου, ενδέχεται να προκύψουν σημαντικά οφέλη. Αυτά αφορούν στην επίτευξη υψηλότερων αποδόσεων, στην ενίσχυση της ασφάλειας, στον περιορισμό και την μείωση ενδεχόμενων περιβαλλοντικών επιπτώσεων και επαρκούς και απρόσκοπτης παροχής δημόσιων αγαθών

και υπηρεσιών. Ακόμη, σημειώνεται ότι το Μάϊο του 2016 στην συνδιάσκεψη των επτά (7) οικονομικά ισχυρότερων χωρών , καθορίστηκαν πέντε (5) κατευθυντήριες αρχές, οι λεγόμενες “Αρχές Ise-Shima” για την ανάπτυξη υποδομών ποιότητας (Εικόνα 5) (Rundle, 2017). Διευκρινίζεται ότι η έννοια της ποιότητας στα τεχνικά έργα έχει δύο πτυχές, αυτή της ποιότητας κατασκευής των έργων, η οποία εξετάζεται ενδελεχώς στην παρούσα εργασία, και αυτή της ποιότητα ζωής όπως αυτή θα επηρεαστεί από την ανάπτυξη του έργου. Οι “Αρχές Ise-Shima” περιέχουν και τις δύο αυτές πτυχές.



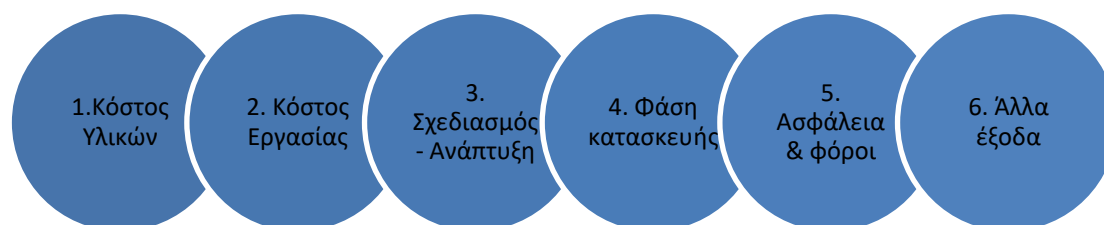
Εικόνα 5: Οι πέντε (5) “Αρχές Ise-Shima” για την ανάπτυξη υποδομών ποιότητας, (Rundle, 2017; ιδία επεξεργασία)

5.2.2 Κόστος

Στο σύνολο, σχεδόν, της βιβλιογραφίας ο παράγοντας του κόστους στην κατασκευή τεχνικών έργων αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα σε συνδυασμό με τον παράγοντα του χρόνου. Αναφορικά με την έννοια του κόστους, σημειώνεται ότι διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο σε όλες τις φάσεις εκπόνησης ενός τεχνικού έργου. Ήδη από την φάση του σχεδιασμού του έργου υπολογίζεται και εκτιμάται το κόστος κατασκευής, διαμορφώνοντας τελικά τον προϋπολογισμό του έργου. Για την αποτελεσματική κατανόηση της έννοιας του κόστους, αναφέρεται ότι αυτό το στοιχείο επιμερίζεται σε πολλούς τομείς. Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν πολλοί τομείς και πολλά διαφορετικά στοιχεία που συμβάλουν σημαντικά στον καθορισμό του κόστους κατασκευής των τεχνικών έργων. Ενδεικτικά σύμφωνα με την AssociationforConsultancyandEngineering(ACE, (2010), οι τομείς που επηρεάζουν το κόστος είναι αρκετοί, όμως οι βασικοί συνοψίζονται και απεικονίζονται παρακάτω (Εικόνα 6).

Αυτοί αφορούν στο κόστος των υλικών που απαιτούνται για την κατασκευή, στο κόστος εργασίας (αμοιβές, μισθοί κλπ.), στα έξοδα για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη του έργου

(αρχιτεκτονικές μελέτες, σχέδιο κλπ.), στην διασφάλιση του κατάλληλου εξοπλισμού κατά τη φάση κατασκευής, στο κόστος ασφαλειών και στην φορολογία και τέλος σε άλλα απρόοπτα έξοδα που ενδέχεται να προκύψουν (ACE, 2010).



Εικόνα 6: Τομείς που επηρεάζουν το κόστος κατασκευής των τεχνικών έργων, (ACE,2010)

Λόγω του γεγονότος, ότι το κόστος ενός έργου κατασκευής είναι συχνά σημαντικά υψηλό, αν υπερβεί τον προκαθορισμένο προϋπολογισμό θα οδηγήσει σε καθυστερήσεις και συχνά σε μη ολοκλήρωση του. Συνεπώς, σύμφωνα με τον Guzman (2019), η αποτελεσματική προκαταρκτική εκτίμηση του κόστους για την κατασκευή τεχνικών έργων αποτελεί καίριο παράγοντα για την επιτυχή ολοκλήρωσή τους. Ο ίδιος υποστηρίζει ότι ακόμα και με μια αξιόπιστη εκτίμηση κόστους, υπάρχει ο κίνδυνος υπέρβασης αυτής της εκτίμησης. Σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται εξάλειψη των κεφαλαίων και των πηγών χρηματοδότησης και αμφισβήτηση της αξιοπιστίας όλων των εμπλεκόμενων. Για το λόγο αυτό η εκτίμηση του κόστους και η τήρηση του προϋπολογισμού είναι ένα από τα πιο σημαντικά βήματα στη διαχείριση ενός έργου (Guzman, 2019).

5.2.3 Χρόνος

Όπως έχει προαναφερθεί οι παράγοντες που αναλύονται σε αυτήν την ενότητα δύναται να επηρεάσουν την επιτυχημένη εκπόνηση ενός τεχνικού έργου, ασχέτως με τη κλίμακα στην οποία αναπτύσσεται, με συνέπεια να επηρεασθεί το κόστος αυτού (πχ κατασκευής του, λειτουργίας, συντήρησης κλπ). Σύμφωνα με τους Chin, Rahim&Hanid (2015) ο χρόνος ολοκλήρωσης ενός έργου είναι από τις σημαντικότερες προϋποθέσεις για να θεωρείται αποτελεσματική και επιτυχημένη η διαχείριση ενός έργου. Πιο συγκεκριμένα αναφέρουν ότι η διασφάλιση της εμπρόθεσμης και έγκαιρης ολοκλήρωσης ενός έργου, παραμένοντας εντός του προϋπολογισμού είναι ο παράγοντας που συνεπάγεται την επιτυχία του έργου. Οι ίδιοι συμπεραίνουν ότι είναι ύψιστης σημασίας ο τρόπος διαχείρισης του χρόνου στο κλάδο των τεχνικών έργων και η ξεκάθαρη κατανόηση του χρονικού πλαισίου από όλους τους εμπλεκόμενους στην διαδικασία, για την ενδεχόμενη αποτροπή απρόοπτων καθυστερήσεων (Chin, Rahim&Hanid, 2015).

Η διαχείριση του χρόνου είναι σημαντική σε κάθε κατασκευαστικό έργο, διότι χωρίς σωστή διαχείριση χρόνου, θα προκύψουν πολλά προβλήματα, όπως η διεκδίκηση παρατάσεων του προκαθορισμένου χρόνου και οι χρονικές υπερβάσεις (Burger, 2013). Μερικοί από τους ερευνητές περιγράφουν τις υπερβάσεις χρόνου ως καθυστερήσεις, ενώ άλλοι περιγράφουν τις υπερβάσεις χρόνου ως αποτέλεσμα της καθυστέρησης κατασκευής. Ωστόσο σημειώνεται ότι ανεξάρτητα από το πώς περιγράφονται, οι υπερβάσεις χρόνου, αυτές

αποτελούν το πιο κοινό πρόβλημα στον κατασκευαστικό κλάδο παγκοσμίως (Memon, Rahman, Ismail & Zainun, 2014). Οι κατασκευαστικές εργασίες πρέπει να διαθέτουν καλά και λεπτομερή αρχεία προόδου για την αντιμετώπιση μελλοντικών ζητημάτων.

5.2.4 Κλίμα

Ο τελευταίος παράγοντας που εξετάζεται αφορά στο κλίμα και πως οι διαταραχές σε αυτό μπορούν να επηρεάσουν την κατασκευή των τεχνικών έργων. Γίνεται αντιληπτό ότι οι μεταβολές στο κλίμα, οδήγησαν στο φαινόμενο της κλιματικής κρίσης, το οποίο αποτελεί σημαντικό πεδίο έρευνας για πολλούς μελετητές εδώ και πολλά χρόνια. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης γίνονται ολοένα και πιο αντιληπτά τόσο εντός του αστικού ιστού όσο και στις περιαστικές περιοχές. Τα τελευταία χρόνια το ζήτημα της κλιματικής κρίσης αφύπνισε πληθώρα ανθρώπων, οργανισμών και φορέων, αναγκάζοντας τους στην λήψη μέτρων. Πράγματι η αντιμετώπιση της κλιματικής κρίσης ενσωματώθηκε σε όλους τους τομείς, σε όλα τα σχέδια και μελέτες κατασκευής ακόμα και στην καθημερινότητα των πολιτών. Έτσι λοιπόν γίνεται κατανοητό ότι εφόσον η κλιματική κρίση επηρεάζει όλο το φάσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων είναι αναπόφευκτο ότι θα επηρεάσει και τα τεχνικά έργα.

Τα τεχνικά έργα καθώς και το σύνολο των υποδομών διαθέτουν ένα συγκεκριμένο κύκλο ζωής ή όπως αναφέρεται εντός της βιβλιογραφίας διαθέτουν μια συγκεκριμένη διάρκεια σχεδιασμού. «Η διάρκεια σχεδιασμού (ή διάρκεια ζωής σχεδιασμού) ενός κτιρίου, άλλης κατασκευής ή εξαρτήματος, είναι η περίοδος χρήσης όπως προβλέπεται από τον σχεδιαστή, μετά την οποία μπορεί να χρειαστεί να αντικατασταθεί. Προτού παρέλθει αυτή η περίοδος, θα πρέπει να παραμείνει κατάλληλο για το σκοπό του»(Designing Buildings Ltd, 2022). Ωστόσο, υπάρχει πληθώρα τεχνικών έργων που εμφανίζουν ελλιπή ή κακή συμπεριφορά αναφορικά με την χρήση τους, πριν από την παρέλευση της διάρκειας σχεδιασμού. Αυτό οφείλεται τόσο σε τεχνικούς όσο και κλιματικούς παράγοντες.

Σύμφωνα με τους Pudyastuti & Nugraha (2018), ένα παράδειγμα μια κατηγορίας τεχνικών έργων που επηρεάζονται από την κλιματική κρίση είναι τα δίκτυα αποχέτευσης που διατρέχουν τον αστικό ιστό των πόλεων. Οι ίδιοι σημειώνουν ότι συχνά αυτά τα δίκτυα δεν αποδίδουν σωστά, αδυνατώντας να μεταφέρουν σωστά τα επιφανειακά ύδατα που δημιουργούνται λόγω ακραίων συμβάντων βροχόπτωσης, επειδή απλά δεν έχουν κατασκευαστεί για να υποστηρίξουν τόσο μεγάλη απορροή υδάτων. Ακόμη, μια άλλη κατηγορία τεχνικών έργων που μπορεί να επηρεαστεί από την αλλαγή του κλίματος αφορά στις οδικές υποδομές. Ειδικότερα, παρατηρείται ότι δημιουργούνται ρωγμές στο οδόστρωμα λόγω των πολύ υψηλών θερμοκρασιών (Pudyastuti & Nugraha, 2018). Συμπληρωματικά, αναφέρεται ότι καθοριστικό ρόλο στην αντοχή των τεχνικών έργων αποτελούν τα υλικά κατασκευής, στα οποία μπορεί να προκληθεί κόπωση από τις συχνές κλιματικές μεταβολές, μειώνοντας τη μηχανική αντοχή τους (Bastidas-Arteaga, 2018). Έτσι, γίνεται κατανοητό ότι τα ακραία καιρικά φαινόμενα που ήδη συμβαίνουν και πρόκειται να προκύψουν εξ αιτίας της κλιματικής κρίσης ενδέχεται να μειώσουν την απόδοση των τεχνικών έργων πριν από την παρέλευση του κύκλου σχεδιασμού τους. Αξίζει να τονιστεί ότι στις περιπτώσεις που η απόδοση των τεχνικών έργων διαταράσσεται, αναπόφευκτα θα επηρεαστούν και άλλους τομείς, όπως της οικονομίας και της δημόσιας υγείας.

5.3. Επιπτώσεις κλιματικής κρίσης στον σχεδιασμό τεχνικών έργων

Η ανάπτυξη τεχνικών έργων και υποδομών, όπως έχει ήδη γίνει κατανοητό, συντελεί καίριο στοιχείο για την κοινωνικοοικονομική συνοχή μιας περιοχής. Ειδικότερα, σύμφωνα με άρθρο του Ινστιτούτου Mckinsey, τονίζεται ότι το σύνολο της παγκόσμιας οικονομίας διαρθρώνεται και διαχέεται γύρω από την ανάπτυξη νέων έργων και υποδομών. Στο ίδιο άρθρο αναφέρεται ότι αν και τα τεχνικά έργα υποδομών συμβάλουν στην διευκόλυνση της διασύνδεσης των ανθρώπων και στην βελτίωση της ποιότητας ζωής τους, ενδέχεται να αντιμετωπίσουν σημαντικό πρόβλημα από την κλιματική κρίση. Ο λόγος που τελικά η κλιματική κρίση θα ενισχύσει την ευπάθεια των υποδομών έγκειται στο γεγονός ότι οι υποδομές σχεδιάστηκαν με τη λογική ότι το κλίμα θα παραμείνει ίδιο, χωρίς μεταβολές (Mckinsey Global Institute, 2020).

Ωστόσο, οι διαρκείς μεταβολές στο κλίμα οδήγησαν στην αυξημένη ένταση της εμφάνισης και διάρκειας των ακραίων καιρικών φαινομένων, τα οποία ενδέχεται να ασκήσουν ιδιαίτερη πίεση στην αντοχή των υπάρχοντων τεχνικών έργων (οδικοί άξονες, φράγματα, γέφυρες κλπ.). Ακόμη, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι ο σχεδιασμός των τεχνικών έργων βασίστηκε στην παραδοχή ότι το κλίμα θα παραμείνει σταθερό, οδηγεί τις υποδομές να λειτουργούν εκτός των επιπέδων ανοχής τους. Αυτό μπορεί να παρουσιάσει άμεσες απειλές για τα περιουσιακά στοιχεία καθώς και σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις για όσους βασίζονται στις υπηρεσίες που παρέχουν αυτές (Levinson, 2019).

Στην παρούσα ενότητα θα εξεταστούν οι πιθανές επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης που καλούνται ήδη και θα κληθούν και στο μέλλον να αντιμετωπίσουν τα τεχνικά έργα υποδομών. Ενδεικτικά θα μελετηθούν οι επιπτώσεις για τις εξής κατηγορίες τεχνικών έργων: μεταφορικές υποδομές, φράγματα, δίκτυα όμβριων υδάτων και ενεργειακές υποδομές.

5.3.1 Μεταφορικές υποδομές

Ένας από τους βασικότερους παράγοντες για την διασφάλιση της κοινωνικής συνοχής σε μια περιοχή είναι το μεταφορικό της δίκτυο. Πράγματι, η ύπαρξη ενός αξιόπιστου και αναπτυγμένου μεταφορικού δικτύου μπορεί να συμβάλει σημαντικά στους τομείς της εφοδιαστικής αλυσίδας, στο εμπόριο, στην μεταφορά ενέργειας αλλά και στην καλύτερη προσβασιμότητα των πολιτών. Σε περίπτωση μείωσης της απόδοσης του μεταφορικού δικτύου λόγω της κλιματικής κρίσης θα υπάρξει διαταραχή της κοινωνικής συνοχής, προκαλώντας ενδεχομένως σημαντικές οικονομικές και ανθρώπινες απώλειες (WWF, 2022). Διευκρινίζεται ότι στην κατηγορία των μεταφορικών υποδομών εντάσσονται το οδικό δίκτυο, οι εναέριες και θαλάσσιες μεταφορές.

Όπως προαναφέρθηκε η κλιματική κρίση θα οδηγήσει στην αύξηση της συχνότητας εμφάνισης καθώς και του επιπέδου έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων. Σύμφωνα με την Αμερικανική Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας (US Environmental Protection Agency-USEPA) τα ακραία καιρικά φαινόμενα που ενδέχεται να επηρεάσουν σημαντικά το μεταφορικό δίκτυο είναι τα έντονα και μεγαλύτερης διάρκειας κύματα καύσωνα, οι ακραίες βροχοπτώσεις και οι πλημμύρες. Συνεπώς κρίνεται αναγκαίο να κατανοηθούν οι επιπτώσεις

της κλιματικής κρίσης στις οδικές, εναέριες και θαλάσσιες μεταφορές. Αυτές οι επιπτώσεις αναφέρονται παρακάτω για κάθε κατηγορία ξεχωριστά στον Πίνακα 1 (USEPA, 2017).

Πίνακας 1: Ενδεχόμενες επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης ανά τύπο μεταφορικής υποδομής, (USEPA, 2017; Merkert, 2019)

Τύπος μεταφορικής υποδομής	Επιπτώσεις κλιματικής κρίσης
Επίγεια συστήματα μεταφορών	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Διαστολή οδοστρώματος λόγω καύσιμα. ▪ Μείωση κύκλου ζωής, δρόμων πεζοδρομίων κλπ., λόγω πλημμυρών και χιονιού. ▪ Διαστολή των σιδηροδρομικών γραμμών από τις υψηλές θερμοκρασίες
Υποδομές εναέριων μεταφορών	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Τα αεροδρόμια που χωροθετούνται συνήθως σε παράκτιες περιοχές κινδυνεύουν με άνοδο της στάθμης της θάλασσας. ▪ Ράγισμα αεροδιαδρόμων από τα κύματα καύσιμα.
Παράκτιες υποδομές μεταφορών	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Κίνδυνος των λιμανιών και των υποδομών τους από άνοδο της στάθμης της θάλασσας και ακραίες βροχοπτώσεις. ▪ Τα πλοία επηρεάζονται από το βάθος ενός καναλιού και από τα επίπεδα πάγου σε ορισμένες περιπτώσεις, τα οποία απειλούνται από τις υψηλές θερμοκρασίες.

5.3.2 Φράγματα:

Η κατηγορία των τεχνικών έργων που περιλαμβάνει την κατασκευή φραγμάτων και διαφόρων τύπου αναχωμάτων αποτελούν ιδιαίτερα κρίσιμες υποδομές, που χρήζουν συνεχούς επίβλεψης και ανάπτυξης διαδικασιών αντιμετώπισης των ενδεχομένων κινδύνων και πιέσεων. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα φράγματα, όπως και η πληθώρα των τεχνικών έργων, κατασκευάζονται θεωρώντας ως δεδομένο ότι το κλίμα δεν θα εμφανίσει αλλαγές μελλοντικά. Αυτό αποδεικνύεται σημαντικό μειονέκτημα για την ανθεκτικότητα

τέτοιων υποδομών. Το φαινόμενο της κλιματικής κρίσης διαθέτει αυξημένες πιθανότητες να επηρεάσει σημαντικά τα φράγματα και να ασκήσει πιέσεις που σχετίζονται με την απόδοση και την αξιοπιστία του έργου (Fluixá-Sanmartínet. al., 2018).

Αναφορικά με τα φράγματα, διευκρινίζεται ότι υπάρχουν διαφορετικές κατηγορίες, οι οποίες ενδέχεται να επηρεαστούν σε διαφορετικό βαθμό από την κλιματική κρίση. Ειδικότερα, τα αναχώματα, που αποτελούν φράγματα κατασκευασμένα με διαβρώσιμα υλικά, εμφανίζονται να είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στις μεταβολές του κλίματος. Ενδεικτικές επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης για αυτή την κατηγορία φραγμάτων αποτελούν: οι κίνδυνοι διάβρωσης, οι μεταβολές της στάθμης του νερού λόγω εντόνων βροχοπτώσεων, οι παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας και τα κύματα καύσωνα. Αντίθετα, τα φράγματα που εφαρμόζουν ως υλικό κατασκευής το σκυρόδεμα και άλλα μη διαβρώσιμα υλικά ενδέχεται να επηρεαστούν σε ελάχιστο βαθμό από την κλιματική κρίση. Ωστόσο ακόμα και σε αυτήν την περίοδο τα εκτεταμένα κύματα καύσωνα μπορούν να προκαλέσουν ρωγμές και να επηρεάσουν την ακεραιότητα της υποδομής (Atkins, 2013).

5.3.3 Δίκτυα όμβριων υδάτων:

Όπως και τα φράγματα έτσι και αυτή η κατηγορία τεχνικών έργων, τα δίκτυα όμβριων υδάτων, αποτελούν κρίσιμες υποδομές για την κοινωνία. Πιο συγκεκριμένα τα δίκτυα αποστράγγισης των όμβριων υδάτων είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με την υγεία και την υγιεινή των πολιτών. Συνεπώς η έκθεση τους στην κλιματική κρίση αυξάνει την τρωτότητα των υποδομών θέτοντας σε κίνδυνο την διατήρηση της κοινωνικής συνοχής. Οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, για τα δίκτυα των όμβριων υδάτων ενδέχεται να είναι πολυάριθμες (Hughes et. al., 2021). Ορισμένες από αυτές τις επιπτώσεις είναι οι εξής (DeepSouthChallenge, 2018):

- Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, που ενδεχομένως να εντάξει στην ζώνη επιρροής της το σύνολο των παράκτιων υποδομών. Επίσης, εκτιμάται ότι το φαινόμενο αυτό μπορεί να επιφέρει υπερχειλίσσεις και διαβρωμένους σωλήνες από το αλμυρό νερό και έκθεση στην υγρασία.
- Το φαινόμενο έντασης του ρυθμού εμφάνισης και διάρκειας των παράκτιων καταιγίδων, που ενδέχεται να θέσουν σε σημαντικό κίνδυνο τις υποδομές, προκαλώντας αυξανόμενες πλημμύρες, φυσικές ζημιές και ηλεκτρικές βλάβες σε αυτές.
- Οι αλλαγές στις εκφάνσεις του φαινομένου των ακραίων βροχοπτώσεων θα επηρεάσουν τα δίκτυα, περιορίζοντας τις ευκαιρίες για συντήρηση και αυξάνοντας τη διείσδυση των λυμάτων στα όμβρια ύδατα.
- Η ξηρασία θα επηρεάσει επίσης τα δίκτυα, διακόπτοντας τα συστήματα βαρύτητας επιβραδύνοντας τη ροή και οδηγώντας σε φραγμένους σωλήνες.

5.3.4 Ενεργειακές υποδομές

Ο τομέας της ενέργειας και ιδιαίτερα οι ενεργειακές υποδομές αποτελούν βασικό παράδειγμα ζωτικών υποδομών για την ευημερία μια κοινωνίας. Είναι γεγονός ότι η διασφάλιση της απρόσκοπτης λειτουργίας των ενεργειακών υποδομών, είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την εύρυθμη λειτουργία ενός κοινωνικού συνόλου. Διευκρινίζεται ότι οποιαδήποτε βλάβη ή απειλή αυτών των τύπων υποδομών διαθέτουν σημαντικό αντίκτυπο για άλλους τομείς και ολόκληρη την κοινωνία. Για το λόγο αυτό κρίνεται αναγκαίο να υπάρχει προστασία αυτού του είδους των υποδομών και να συνεχίζεται η συνεχής λειτουργία τους. Οι υποδομές αυτές, ωστόσο, έχουν συχνά πολύ μεγάλη οικονομική διάρκεια ζωής, στην περίπτωση του ενεργειακού τομέα αυτό κυμαίνεται από έως και 40 χρόνια για τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής και ακόμη και έως 80 χρόνια για τα δίκτυα. Λαμβάνοντας υπόψη αυτό το υπόβαθρο, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τις αδυναμίες και τα τρωτά σημεία των ενεργειακών υποδομών σε πρώιμο στάδιο για την εφαρμογή μέτρων για την προστασία τους (European Commission, 2008).

Μια πιθανή απειλή στην οποία είναι ευάλωτες οι τρέχουσες και οι μελλοντικές ενεργειακές υποδομές είναι η κλιματική κρίση. Η γνώση των τρωτών σημείων του ενεργειακού συστήματος λόγω των μεταβολών στο κλίμα που δημιουργεί η κλιματική κρίση είναι ένα απαραίτητο πρώτο βήμα για την προσαρμογή. Ωστόσο, είναι επίσης σημαντικό να καθορίζεται εξ αρχής εάν θα ληφθούν εθελοντικά μέτρα από τις εταιρείες για την προσαρμογή στις πιθανές επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, που ονομάζεται αυτόνομη προσαρμογή ή όχι. Εάν δεν πραγματοποιείται αυτόνομη προσαρμογή, τίθεται αμέσως το ζήτημα της κυβερνητικής παρέμβασης (Cortekara & Grotha, 2015).

6. Επίδραση κλιματικής κρίσης στον σχεδιασμό τεχνικών έργων

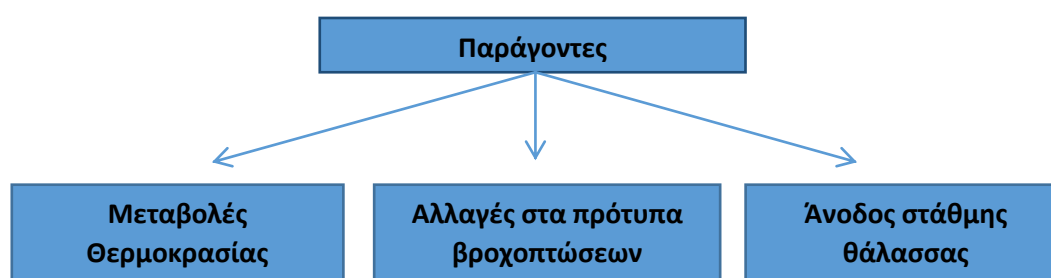
Όπως έγινε κατανοητό από την προηγούμενη ενότητα, οι μεταβολές του κλίματος δύναται να επηρεάσουν και την κατασκευή των τεχνικών έργων αλλά και τις υπάρχοντες υποδομές. Επίσης, επισημαίνεται ότι ο βαθμός επίδρασης ενδέχεται να είναι διαφορετικός, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες μια περιοχής, το υλικά κατασκευής και προφανώς τις μεθόδους σχεδιασμού. Από το σύνολο της βιβλιογραφίας σημειώνεται ότι αν και οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης είναι ήδη εμφανείς, επηρεάζοντας πληθώρα δραστηριοτήτων και κοινωνικών ομάδων, δεν έχει ενσωματωθεί ουσιαστικά αυτός ο παράγοντας στον σχεδιασμό των τεχνικών έργων. Στην παρούσα ενότητα, αρχικά, επιδιώκεται να εξεταστούν οι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη φάση του σχεδιασμού των τεχνικών έργων, υπό το πρίσμα της κλιματικής κρίσης. Έπειτα, μελετώνται και αναλύονται πιθανά μέτρα που ενδεχομένως να συμβάλλουν στον περιορισμό των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης στα τεχνικά έργα, ενώ εν κατακλείδι εξετάζονται ορισμένες περιπτώσεις τεχνικών έργων ανθεκτικών στην κλιματική κρίση.

6.1. Παράγοντες που πρέπει να ενσωματωθούν στη φάση του σχεδιασμού

Υπό το πρίσμα της κλιματικής κρίσης, οι παράγοντες που ενδέχεται να επηρεάσουν τα τεχνικά έργα και τις υποδομές εστιάζουν κατά κύριο λόγο στα καιρικά φαινόμενα και στην παραδοχή ότι αυτά προβλέπεται να ενισχυθούν σε εμφάνιση και ένταση ως αποτελεσμάτων κλιματικών μεταβολών. Σημειώνεται ότι η ευπάθεια και η μείωση της απόδοσης των τεχνικών έργων σχετίζονται (Wilbanks&Fernandez, 2013):

- με αλλαγές στη μέση θερμοκρασία και τις ακραίες θερμοκρασίες, συμπεριλαμβανομένων των κυμάτων καύσωνα και/ή ψυχρών περιστατικών,
- με αλλαγές στις ποσότητες και τα πρότυπα βροχόπτωσης, συμπεριλαμβανομένων ακραίων βροχοπτώσεων και πλημμυρών,
- με μεταβολές στη συχνότητα και την ένταση των καταιγίδων
- με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

Ουσιαστικά τα παραπάνω αφορούν, ουσιαστικά, τους παράγοντες (Σχήμα 3) που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, από τους εμπλεκόμενους, κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού των τεχνικών έργων και αναλύονται παρακάτω.



Σχήμα 3: Παράγοντες που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, από τους εμπλεκόμενους, κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού των τεχνικών έργων, (Ιδία επεξεργασία)

6.1.1 Θερμοκρασία:

Η κλιματική κρίση εκτιμάται ότι θα οδηγήσει σε εκτενέστερες περιόδους φαινομένων καύσωνα, αλλά και ψυχρών περιόδων. Πιο συγκεκριμένα, οι μελετητές εκτιμούν ότι η κλιματική κρίση θα οδηγήσει σε ακραίες μεταβολές της θερμοκρασίας, πλήττοντας τόσο τους ανθρώπους όσο και τις υποδομές. Αναλυτικότερα, σύμφωνα με την American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), οι ολόενα και αυξανόμενες περιόδους καύσωνα μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές κακώσεις στις μεταφορικές υποδομές. Ειδικότερα, τονίζεται ότι οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες ενδέχεται να μειώσουν την απόδοση των υποδομών, ασκώντας τους σημαντική πίεση, μέσα από το φαινόμενο της θερμικής διαστολής, της φθοράς του χάλυβα, της ασφάλτου, των προστατευτικών επενδύσεων και επιστρώσεων κλπ. Ουσιαστικά, από τις υψηλές θερμοκρασίες τίθεται σε κίνδυνο η συνολική ακεραιότητα και αξιοπιστία ενός τεχνικού έργου, επιταχύνοντας την αλλοίωση του και μειώνοντας των κύκλο σχεδιασμού του (AASHTO, 2022). Ερευνητές επιχειρούν να καταγράψουν τις δυνατότητες χρήσης

φυτεμένων οροφών σε κτίρια έτσι ώστε να μειωθεί η θερμοκρασία που λαμβάνουν τα κτίρια (Galanis&Kerpelis, 2021).

Κατά τον Wang (2017), οι ακραίες μεταβολές θερμοκρασίας έχουν την δυνατότητα να επιδράσουν αρνητικά στην ακεραιότητα της κατασκευής πολλών τεχνικών έργων, όπως είναι οι οδικοί άξονες, οι γέφυρες, οι σιδηροδρομικές υποδομές κλπ. Ενδεικτικά, ο ίδιος ερευνητής αναφέρει ότι τα ενισχυμένα κύματα καύσωνα αλλά και τα ψυχρά περιστατικά ενδέχεται να συμβάλλουν στην αύξηση της καταπόνησης των οδοστρωμάτων σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες όπως τα υλικά κατασκευής και τον κυκλοφοριακό φόρτο. Είναι αυτονόητο ότι όσο περισσότερο χρησιμοποιείται μια τεχνική υποδομή, τόσο περισσότερο είναι αναμενόμενο να φθαρεί. Ωστόσο οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες, όπως και οι πολύ χαμηλές, επιταχύνουν αυτή τη φθορά (Wang, 2017).

6.1.2 Βροχοπτώσεις:

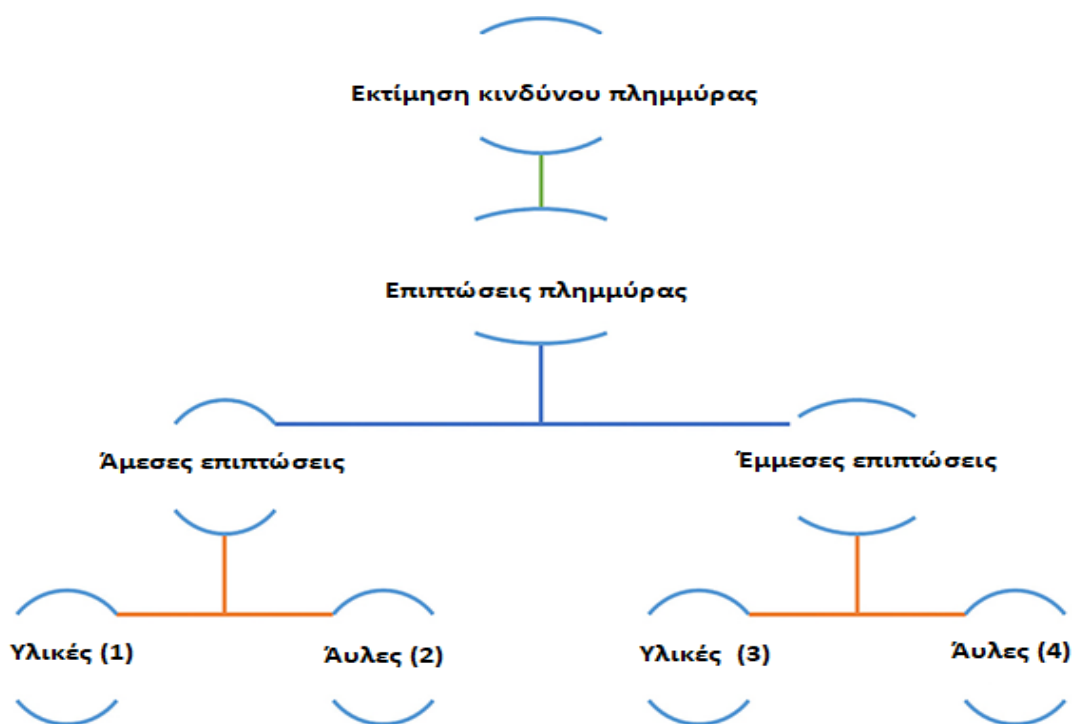
Ένας ακόμα παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό των τεχνικών έργων είναι και η αύξηση των ακραίων φαινομένων βροχοπτώσης. Λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας και του γεγονότος ότι τα θερμά ρεύματα αέρα μπορούν να αλληλοεπιδρούν καλύτερα με τα σταγονίδια του νερού, αναμένεται να υπάρξουν μεταβολές στην ένταση και την εμφάνιση των βροχοπτώσεων. Μέσα από την μελέτη δεδομένων και την εφαρμογή μοντέλων επεξεργασίας κλιματικών δεδομένων, εκτιμάται ότι θα υπάρξει παγκόσμια αύξηση του όγκου των βροχοπτώσεων της τάξης του 2% για κάθε βαθμό κατά τον οποίο αυξάνεται η θερμοκρασία (Kreienkampetal, 2016). Αποτέλεσμα της ενίσχυσης του όγκου των βροχοπτώσεων αποτελεί και η αύξηση εμφάνισης πλημμυρικών φαινομένων. Ειδικότερα, ανάλογα με το ποιο μοντέλο απεικόνισης και πρόβλεψης εφαρμόζεται εκτιμάται ότι η αυξημένη ένταση των βροχοπτώσεων καθώς και τα πλημμυρικά φαινόμενα θα σημειώσουν αύξηση (UBA, 2018).

Οι έντονες βροχοπτώσεις εκτιμάται ότι έχουν και ενδέχεται να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στα τεχνικά έργα και τις υποδομές. Ενδεικτικά, σημειώνεται ότι σε περιπτώσεις τέτοιων έντονων φαινομένων, τα όμβρια ύδατα ενδέχεται να εισχωρήσουν στις ρωγμές και τα ανοίγματα των πεζοδρομίων καλύπτοντας τα κενά αέρος που βρίσκονται στο χώμα που χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα για την κατασκευή τους. Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα την συσσώρευση υγρασίας στα υποστρώματα των δρόμων και των πεζοδρομίων που θα έθεταν σε κίνδυνο την δομική ακεραιότητα της κατασκευής. (Ying, Naser&Ghani, 2019). Σύμφωνα με τους Adamska&Sulewska (2015), ένας τρόπος μέτρησης της αντοχής αυτών των υποστρωμάτων είναι η διεξαγωγή του τεστ «California Bearing Ratio (CBR)». Ουσιαστικά πρόκειται για μια πρότυπη μέθοδο που εξετάζει το βαθμό διείσδυσης στο έδαφος. Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο το υπόστρωμα που εφαρμόζεται στην κατασκευή δρόμων, πεζοδρομίων κλπ. αναμένεται να έχει μεγαλύτερη αντοχή όταν είναι συμπιεσμένο. Στην περίπτωση που αυξηθεί η περιεκτικότητα του σε υγρασία η αντίσταση στη διείσδυση είναι σχεδόν μηδενική, με αποτέλεσμα να προκαλούνται φαινόμενα καθίζησης, ραγίσματος κλπ (Adamska&Sulewska, 2015).

Ένα ζήτημα που προκύπτει από τις ακραίες βροχοπτώσεις είναι αυτό της συχνότερης εμφάνισης πλημμυρικών φαινομένων, από τα οποία απειλούνται στο σύνολο των τεχνικών έργων. Ενδεικτικά, σημειώνεται ότι στην περίπτωση των μεταφορικών δικτύων υπάρχει

δυνατότητα απεικόνισης και ποσοτικοποίησης των επιπτώσεων που ενδέχεται να επιφέρουν οι πλημμύρες. Αυτή η ποσοτικοποίηση μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα από μετρήσεις, όπως η έκταση των λακκουβών ή το συνολικό μήκος της οδού ή της γέφυρας που καθίσταται αδιάβατη. Ακόμη, οι επιπτώσεις των πλημμυρών γίνεται να εκτιμηθούν και με οικονομικούς όρους (De Moelet.al, 2015). Οι φυτεμένες οροφές σε κτίρια αποδεδειγμένα μπορούν να μειώσουν τον πλημμυρικό φόρτο που δέχονται οι κατασκευές (Galanis&Kerpelis, 2021).

Αναφορικά με τις υλικές επιπτώσεις που μπορούν να προκύψουν από πλημμύρα λόγω έντονης βροχόπτωσης, σημειώνεται ότι αυτές ενδέχεται να είναι άμεσες επιπτώσεις (εάν προκύπτουν λόγω της άμεσης επαφής του υδατικού συστήματος με την υποδομή) είτε έμμεσες (πχ όταν δεν έχουν άμεση επαφή με το νερό). Παράδειγμα έμμεσων επιπτώσεων αποτελεί η κυκλοφοριακή συμφόρηση εκτός της ζώνης πλημμύρας. (Hammondetal., 2015; Ryatkoanaetal., 2019). Στην Εικόνα 7 απεικονίζεται μια ταξινόμηση των ζημιών από πλημμύρες.

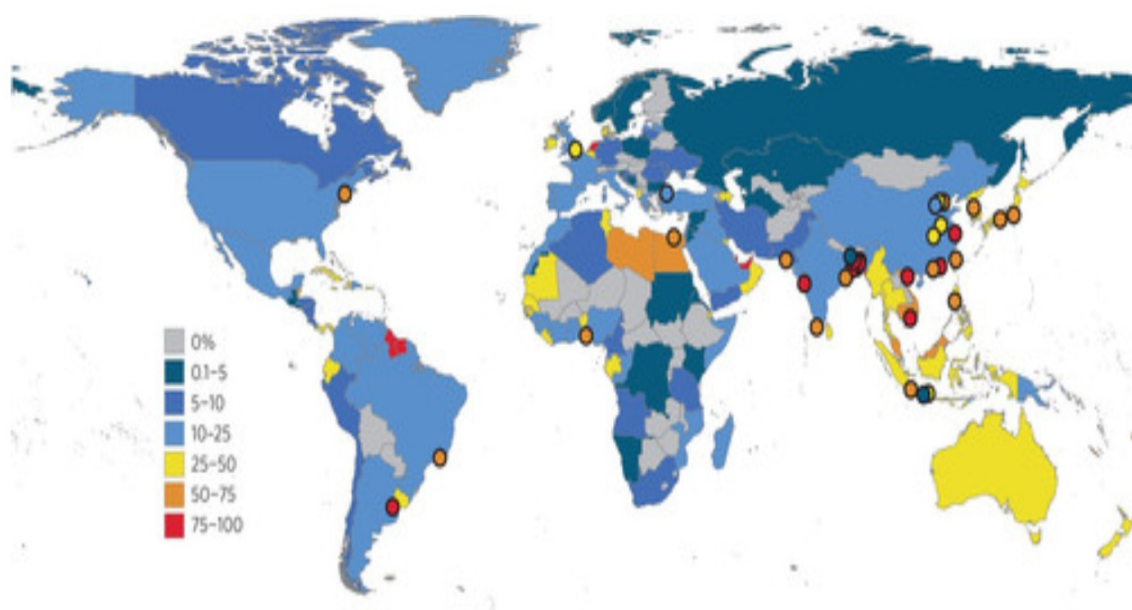


Εικόνα 7: Διάγραμμα ταξινόμησης επιπτώσεων από πλημμύρες, (Zhang&Alipour, 2019; Forero-Ortizetal., 2020)

6.1.3 Άνοδος στάθμης θάλασσας:

Υπάρχει, γενικά ένα προβληματισμός, μεταξύ των ερευνητών και μελετητών αναφορικά με τα υποκείμενα της κλιματικής κρίσης και του καθορισμού των επιπτώσεων της. Εγείρονται συνεχώς ανησυχίες για το ποιοι τομείς είναι πιο ευάλωτοι και σε τι βαθμό θα επηρεαστούν. Σημειώνεται ότι ακόμα και να υπάρχουν πολλά συστήματα πρόβλεψης και ψηφιοποίησης των κλιματικών δεδομένων, έχει διεξαχθεί ελλιπής έρευνα σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στην λειτουργία των τεχνικών έργων (Bosello&DeCian, 2014).

Αναφορικά με της επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, τονίζεται ότι εξίσου σημαντικός παράγοντας που θα έπρεπε να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό των τεχνικών έργων, είναι και το φαινόμενο ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Σύμφωνα με το National Climate Assessment - NCA (U.S. Global Change Research Program, 2014), σημειώνεται ότι τα ακραία καιρικά φαινόμενα αλλά και η άνοδος της Στάθμης της Θάλασσας αλληλοεπιδρούν έντονα με την έντονη αστικοποίηση που παρατηρείται στις παράκτιες περιοχές. Όπως είναι αναμενόμενο η ενδεχόμενη αύξηση στη στάθμη της Θάλασσας θα επέφερε σημαντικό κίνδυνο για τα τεχνικά έργα που εντοπίζονται σε παράκτιες περιοχές. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι οι δρόμοι, τα κτίρια, οι εγκαταστάσεις ενεργειακών υποδομών και τα λιμάνια αποτελούν ορισμένα παραδείγματα τεχνικών έργων που ενδέχεται να πληγούν από την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης (NCA, 2014).



Εικόνα 8: Απεικόνιση των περιοχών που θα επηρεαστούν από την αύξηση της στάθμης της θάλασσας (McDonald, 2016).

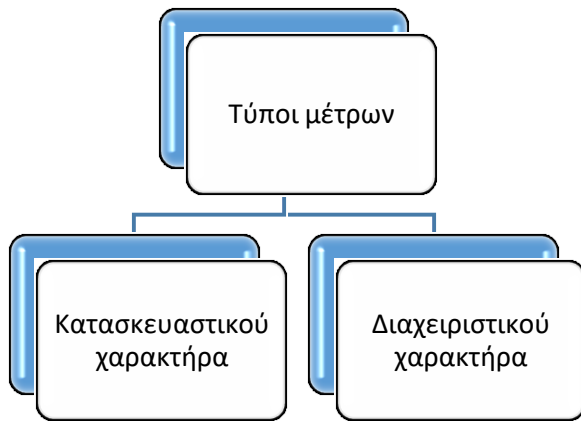
Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας αποτελεί ένα φαινόμενο που ενδέχεται να επηρεαστεί σημαντικά από την αύξηση της έντασης και συχνότητας των καταιγίδων, ιδίως για τις παράκτιες περιοχές. Με βάση αυτή την παραδοχή, οι υποδομές και τα τεχνικά έργα που χωροθετούνται σε παράκτιες περιοχές ή αναπτύσσονται πλησίον άλλων υδάτινων συγκεντρώσεων ενδέχεται να αντιμετωπίσουν κινδύνους από τις μεταβολές στην παλίρροια και από τις μεταβολές στον κύκλο εμφάνισης των καταιγίδων, ενισχύοντας έτσι την ευαλωτότητα τους. Η απειλή από πλημμύρες στις υποδομές ύδρευσης θα συνεχίσει να αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου καθώς αυξάνεται η στάθμη της θάλασσας καθώς και το μέγεθος των καταιγίδων. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας ήδη επιδεινώνει τη στάθμη των υδάτων (πχ κατά τη διάρκεια της παλίρροιας), θέτοντας προκλήσεις στη βραχυπρόθεσμη διαχείριση των υδάτινων υποδομών. (USEPA, 2022).

6.2. Προτεινόμενα μέτρα για τον περιορισμό των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης στα τεχνικά έργα

Σύμφωνα με τον OECD (2017), η ανάγκη λήψης μέτρων για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης είναι επιτακτική. Οι επικείμενες επιπτώσεις ενδέχεται να αφορούν ζημιές ή απώλειες υποδομών, λειτουργικές καθυστερήσεις και διακοπές σε περιφερειακές και παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού. Επίσης, οι παράκτιες πόλεις και τα λιμάνια τους πρέπει να εφαρμόσουν έγκαιρα μέτρα και να επαναξιολογήσουν τις τρέχουσες επενδύσεις τους σε υποδομές (OECD, 2017). Σημειώνεται ότι ήδη υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις όπου μεγάλα λιμάνια υιοθέτησαν μέτρα για την οικοδόμηση άμυνας έναντι των πλημμυρών και των καταιγίδων, περιορίζοντας ταυτόχρονα τα αέρια θερμοκηπίου (GHG) και τους ρύπους που εκπέμπονται από τη μεταφορά εμπορευμάτων μέσω των παγκόσμιων αλυσίδων εφοδιασμού (UN, 2020). Όπως προαναφέρθηκε το 2016, η Σύνοδος Κορυφής της G20 στο Hangzhou εστίασε στην ανάγκη επενδύσεων σε ποιοτικές υποδομές. Σύμφωνα με τα στοιχεία της συνόδου κορυφής προέκυψε ότι στόχος είναι «η διασφάλιση της οικονομικής αποδοτικότητας εν όψει του κόστους του κύκλου ζωής, της ασφάλειας, της ανθεκτικότητας έναντι των φυσικών καταστροφών, της δημιουργίας θέσεων εργασίας... με ταυτόχρονη αντιμετώπιση κοινωνικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων και ευθυγράμμιση με τις οικονομικές και αναπτυξιακές στρατηγικές» (Nezamuddin et. al., 2020).

Όπως τονίστηκε και στην Σύνοδο κορυφής των 20 ισχυρότερων χωρών του κόσμου το 2016, η ανάγκη για ανθεκτικά τεχνικά έργα ως προς τις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, ολοένα αυξάνεται. Σύμφωνα με την έκθεση του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (2018), τα ανθεκτικά τεχνικά έργα ως προς τις κλιματικές μεταβολές έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά. Διευκρινίζεται ότι τα ανθεκτικά τεχνικά έργα είναι αυτά που οργανώνονται, σχεδιάζονται, κατασκευάζεται και βασίζουν τον τόπο λειτουργίας τους με τρόπο που προβλέπει, προετοιμάζεται και προσαρμόζεται στις μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες. Η ιδιαιτερότητα αυτών των τεχνικών έργων είναι η υψηλή αντοχή τους, η έγκαιρη προσαρμογή τους και η γρήγορη ανάκαμψη απέναντι στις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης (OECD, 2018).

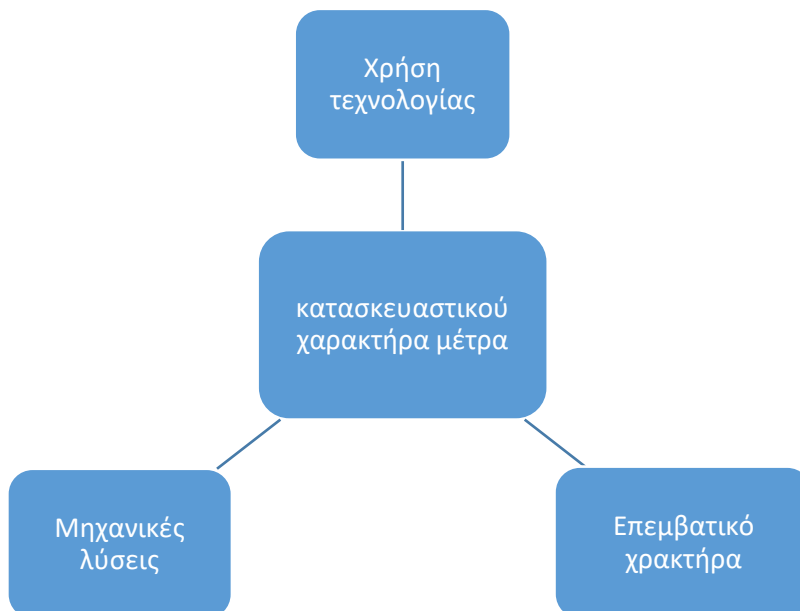
Στην παρούσα ενότητα εξετάζονται ορισμένοι τρόποι και μέτρα που ενδέχεται να συμβάλλουν στην μείωση αλλά και στην προσαρμογή των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης που αυτή επιφέρει στα τεχνικά έργα. Ειδικότερα, παρακάτω αναλύονται δύο κατηγορίες μέτρων (Σχήμα 4), τα κατασκευαστικού τύπου μέτρα και τα διαχειριστικού χαρακτήρα μέτρα. Διευκρινίζεται ότι οι πολιτικές, εντάσσονται στην κατηγορία των διαχειριστικών μέτρων, και δεν επιλέγεται να εξεταστούν χωριστά. Ο λόγος που αυτό γίνεται είναι διότι οι πολιτικές αποτελούν το θεσμικό ανώτερο εργαλείο κάθε χώρας και από αυτές πηγάζουν όλες οι υπόλοιπες κατευθύνσεις που εφαρμόζονται σε χαμηλότερες βαθμίδες διοίκησης.



Σχήμα 4: Τύποι μέτρων που ενδέχεται να συμβάλλουν στην μείωση αλλά και στην προσαρμογή των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης που αυτή επιφέρει στα τεχνικά έργα, (Ιδία επεξεργασία)

6.2.1 Μέτρα κατασκευαστικού χαρακτήρα:

Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται τα μέτρα που διαθέτουν υλική υπόσταση και απαιτούν την εμπλοκή κατασκευαστικών διαδικασιών (Σχήμα 5). Αυτού του είδους τα μέτρα συχνά αναφέρονται στην βιβλιογραφία ως ‘γκρι μέτρα’ και εμπεριέχουν την χρήση τεχνολογικών και μηχανικών λύσεων δίνοντας τους ένα πιο επεμβατικό χαρακτήρα. Παραδείγματα τέτοιων μέτρων αποτελούν η αλλαγή στην χρήση των δομικών υλικών, η κατασκευή προστατευτικών αναχωμάτων κλπ. Ειδικότερα, ένα μέτρο που θα συνέβαλλε στην ανθεκτικότητα των οδικών αρτηριών θα ήταν η ενίσχυση της υπάρχουσας σύνθεσης του οδοστρώματος, ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα δημιουργίας ρωγμών και παραμόρφωσης από τα κύματα καύσωνα (EUFIWACC, 2016).



Σχήμα 5: Σημαντικά στοιχεία μέτρων κατασκευαστικού χαρακτήρα, (Ιδία επεξεργασία)

Ένα άλλο παράδειγμα ενός κατασκευαστικού τύπου μέτρου ενδεχομένως να είναι η χρήση διαπερατών επιφανειών σε δρόμους, πεζοδρόμια κλπ, ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερη

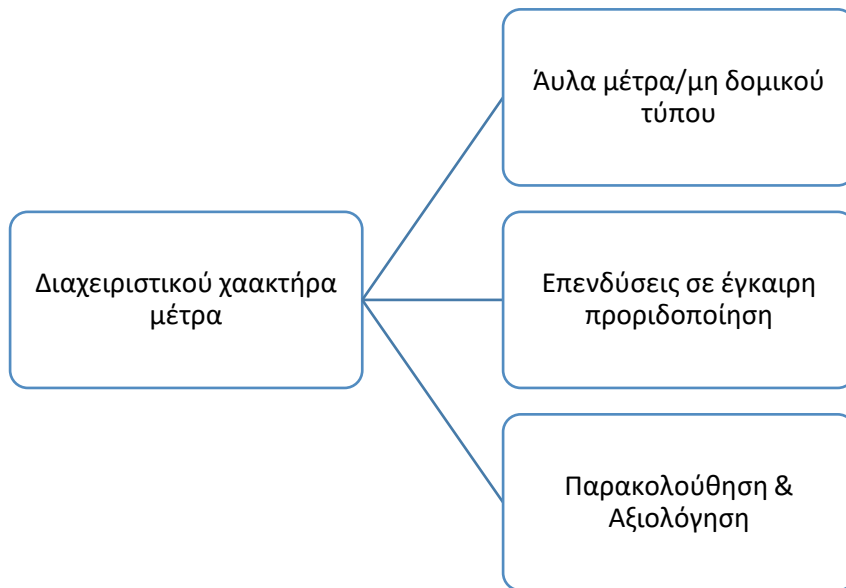
απορροή των όμβριων υδάτων, σε περίπτωση αύξησης των βροχοπτώσεων. Διευκρινίζεται ότι τα διαπερατά οδοστρώματα θα βοηθήσουν στην απορρόφηση μια ποσότητας νερού και έτσι θα σημειώνονται λιγότερα προβλήματα σε περιπτώσεις πλημμυρικών φαινομένων. Με αυτό τον τρόπο διασφαλίζεται η ανθεκτικότητα ορισμένων τεχνικών υποδομών απέναντι σε φαινόμενα ακραίων βροχοπτώσεων, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται σημαντικά και ο κίνδυνος πλημμυρών. Ακόμη, άλλο πιθανό μέτρο αφορά στην δημιουργία προστατευτικών τοιχωμάτων, για την προστασία τεχνικών έργων που χωροθετούνται σε παράκτιες περιοχές (ClimateADAPT, 2022).

Μέσα από την βιβλιογραφία προκύπτουν αρκετές περιπτώσεις μέτρων που στοχεύουν στην ανθεκτικότητα, απέναντι στην κλιματική κρίση, των τεχνικών έργων. Ενδεικτικά, σημειώνεται ότι ενδεχόμενα μέτρα για τις σιδηροδρομικές υποδομές αποτελούν η δημιουργία τοίχων και άλλων κατασκευών για την αποφυγή πτώσης λίθων στις γραμμές και εφαρμογής γεωυφάσματος και γεωπλέγματος. Περαιτέρω μέτρα μετριασμού των επιπτώσεων σε γέφυρες αφορούν (EuropeanUnion, 2018):

- Στην αλλαγή του ύψους των γεφυρών, το οποίο θα καθορίζεται μέσα από την μελέτη παλαιότερων αρχείων καταγραφής ακραίων φυσικών φαινομένων. Έτσι ενδέχεται να προσδιορίζεται με μεγαλύτερη ασφάλεια ένα επιτρεπτό ύψος, ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος πλημμυρών, ανόδου της στάθμης κλπ.
- Στην Κατασκευή / αποκατάσταση αναχωμάτων

6.2.3 Διαχειριστικά μέτρα:

Τα διαχειριστικά μέτρα (Σχήμα 6) αφορούν ουσιαστικά άυλα μη δομικού τύπου μέτρα. Περιπτώσεις τέτοιων μέτρων αποτελούν ο εκ νέου σχεδιασμός των τεχνικών έργων (ώστε να περιλαμβάνουν τους παράγοντες της κλιματικής κρίσης), οι αλλαγές και μεταβολές στα χρονοδιαγράμματα που σχετίζονται με τη συντήρηση των έργων υποδομής, οι επενδύσεις σε συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης ή/και τα οικονομικά μέτρα για την αντιμετώπιση των οικονομικών συνεπειών της κλιματικής κρίσης. Αυτά τα μέτρα μπορούν επίσης να περιλαμβάνουν ενισχυμένη και συνεχή παρακολούθηση των υφιστάμενων τεχνικών έργων για τη μείωση του κινδύνου αστοχίας καθώς αλλάζουν οι κλιματικές συνθήκες. Ακόμη τα διαχειριστικά μέτρα ενδέχεται να περιλαμβάνουν διατάξεις και πολιτικές που θα παρέχουν κατευθύνσεις για την αποτελεσματικότερη προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες συνθήκες κατά τη διάρκεια ζωής των τεχνικών έργων. (OECD, 2018).



Σχήμα 6: Σημαντικά στοιχεία μέτρων διαχειριστικού χαρακτήρα, (ιδία επεξεργασία)

Η επίτευξη της ανθεκτικότητας, απέναντι στις κλιματικές μεταβολές, για τα τεχνικά έργα είναι ένα ζήτημα που αφορά πολλούς διαφορετικούς εμπλεκόμενους (κυβερνήσεις, κοινότητες και επιχειρήσεις). Αυτοί οι φορείς μέσα από την μεταξύ τους συνεργασία ενδεχομένως διαθέτουν την δυνατότητα πρόβλεψης των κινδύνων της κλιματικής κρίσης, σημαντικής απορρόφησης κραδασμών και πιέσεων και αναδιαμόρφωσης και οργάνωσης των αναπτυξιακών κατευθύνσεων. Στην συνέχεια προτείνονται μια σειρά διαχειριστικών μέτρων που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη από τους εμπλεκόμενους, ώστε να επιτευχθεί η ανθεκτικότητα των τεχνικών έργων. Ειδικότερα τα μέτρα είναι (UN, 2022):

1. Ευαισθητοποίηση των φορέων: πρέπει να γίνει κατανοητό ότι λόγω των μεταβαλλόμενων κλιματικών συνθηκών το περιβάλλον δεν πρόκειται να παραμείνει σταθερό. Στόχος είναι η έγκαιρη δράση και η προσπάθεια πρόβλεψης των επερχόμενων επιπτώσεων και μεταβολών.
2. Συνεχής αξιολόγηση των κινδύνων: έκδοση συχνών αναφορών που θα αξιολογούν τους κλιματικούς κινδύνους σε εθνικό, τοπικό (πόλη/περιφέρεια), τομεακό επίπεδο.
3. Εκπόνηση και εφαρμογή κατάλληλων δράσεων και παρεμβάσεων.
4. Κινητοποίηση πόρων – Αξιοποίηση και εύρεση νέων πηγών χρηματοδότησης των δράσεων.
5. Αξιολόγηση και παρακολούθηση της προόδου.
6. Διαμοιρασμό γνώσεων, τεχνογνωσίας, εμπειρών κλπ.

Επιπρόσθετα, για την επίτευξη της ανθεκτικότητας των τεχνικών έργων απέναντι στις επερχόμενες προκλήσεις τις κλιματικής κρίσης είναι αναγκαία η εξειδίκευση των παραπάνω

μέτρων. Αυτή η προσπάθεια εξειδίκευσης αφορά κατά κύριο λόγο σε διαχειριστικές παρεμβάσεις και ελάχιστα σε κατασκευαστικού τύπου επεμβατικές διαδικασίες. Πιο συγκεκριμένα, σε αυτές τις παρεμβάσεις οφείλουν να ενσωματωθούν και οι έννοιες της μείωσης και της διαχείρισης του κινδύνου καταστροφών (συμπεριλαμβανομένης της ετοιμότητας και αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης) και της προσαρμογής στην κλιματική κρίση. Πρακτικά αυτό έγινε για την ανάπτυξη αποτελεσματικότερων παρεμβάσεων για την αντιμετώπιση των κλιματικών κινδύνων και των επιπτώσεων τους στον τομέα των τεχνικών έργων. Αυτή η σειρά παρεμβάσεων περιλαμβάνει (Global Commission on Adaptation, 2019 ; Levermann, 2020):

- Εκτιμήσεις, εντοπισμός και παρακολούθηση των κλιματικών κινδύνων.
- Εκτίμηση και υπολογισμός του βαθμού ευαλωτότητας των τεχνικών έργων.
- Ανάπτυξη συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης και έγκαιρης δράσης.
- Εκπόνηση και κατάρτιση σχεδίων έκτακτης ανάγκης και έγκαιρης απόκριση.
- Ενίσχυση Διακυβέρνησης και ανάπτυξη ικανοτήτων για τους κλιματικούς κινδύνους.
- Εστίαση σε λύσεις βασισμένες στη φύση που χρησιμοποιούνται για τη μείωση των κινδύνων σε όλους τους τομείς.
- Ανταλλαγή γνώσεων και βέλτιστων πρακτικών για τη διαχείριση του κλιματικού κινδύνου.
- Αποτελεσματική ποιότητα και πρόσβαση στη δημόσια και ιδιωτική χρηματοδότηση.

6.3. Μελέτες περίπτωσης: διεθνή παραδείγματα

Μέσα από την μελέτη των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης, έγινε κατανοητό ότι τόσο οι άνθρωποι όσο και το ανθρωπογενές περιβάλλον αναμένεται να επηρεαστούν σημαντικά από αυτές. Διευκρινίζεται ότι εντός του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος, αναπτύσσονται και τα τεχνικά έργα, που αποτελούν από τους βασικότερους παράγοντες διατήρησης της κοινωνικοοικονομικής συνοχής μια περιοχής. Συνεπώς κρίνεται αναγκαίο να ληφθούν μέτρα, που θα καταστήσουν τα τεχνικά έργα ανθεκτικά απέναντι στις κλιματικές μεταβολές. Στην παρούσα ενότητα αναφέρονται παραδείγματα τεχνικών έργων που ακολουθούν τη σωστή κατεύθυνση για την επίτευξη της ανθεκτικότητας τους κατά των επιπτώσεων τις κλιματικής κρίσης.

6.3.1 Χερσόνησος Eyre (Αυστραλία)

Η περιοχή αυτή αντιμετώπιζε σημαντικά ζητήματα αναφορικά με τη συχνότητα των πλημμυρικών φαινομένων που έπλητταν την περιοχή, θέτοντας σε κίνδυνο τόσο τις υποδομές όσο και τις ανθρώπινες ζωές. Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος αναπτύχθηκε μια στρατηγική που εστίαζε στην αντιμετώπιση της αυξανόμενης πλημμύρας των παράκτιων υποδομών. Η ανάπτυξη της στρατηγικής πραγματοποιήθηκε με την χρήση συμμετοχικών διαδικασιών, ώστε να αξιοποιηθεί και η τοπική γνώση. Τα μέτρα αυτής της στρατηγικής αφορούσαν κατασκευαστικού χαρακτήρα αλλά και διαχειριστικά μέτρα (OECD, 2018).

6.3.2 Κοπεγχάγη (Δανία)

Στην προσπάθειά της Δανίας, να διαφυλάξει τις οδικές αρτηρίες της από τα πλημμυρικά φαινόμενα που δημιουργούσαν οι ακραίες βροχοπτώσεις υιοθέτησαν ένα σημαντικό μέτρο. Αυτό αφορούσε στην κατασκευή δρόμων που θα είχαν την δυνατότητα να απορροφούν σημαντικές ποσότητες των όμβριων υδάτων μειώνοντας τις πιθανότητες πλημμύρας και άρα επιπλέον καταπονήσεις του οδοστρώματος. Αυτό το μέτρο εφαρμόστηκε σε ένα δρόμο της πόλης της Κοπεγχάγης το 2017, στον δρόμο 'Helenevej' και αποτελεί μέτρο κατασκευαστικού τύπου (Copenhagenbydesign,2022).



Εικόνα 9: Παράδειγμα δρόμου Helenevej, στην πόλη της Κοπεγχάγης στη Δανία, (Ministry of Environment of Denmark, 2017)

Ειδικότερα για την κατασκευή του δρόμου, ως υλικό επίστρωσης επιλέχθηκαν κάποιου είδους διαπερατά πλακίδια, και όχι άσφαλτος, επιτρέποντας την απορρόφηση των όμβριων υδάτων, διαμέσου των αρμών τους. Το νερό της βροχής κατέληγε μέσω των αρμών, στον υδροφόρο ορίζοντα, ενώ σε περιπτώσεις ακραίων βροχοπτώσεων, τα όμβρια ύδατα αποθηκεύονταν σε μια δεξαμενή κάτω από τα πλακάκια. Σημειώνεται ότι αυτός ο δρόμος έχει την δυνατότητα να απορροφά έως και 30% των όμβριων υδάτων, ενώ ακόμα διαθέτει κλίση περίπου 60 εκατοστά ,κατά μήκος της οδού, από τη μια άκρη στην άλλη. Τέλος για να αποφευχθεί η συλλογή του νερού στο ένα άκρο, έχουν τοποθετηθεί εγκάρσια φράγματα νερού ανά 20 μέτρα κατά μήκος του δρόμου (Ministry of Environment of Denmark, 2017).

6.3.3 SpongeCity (Χονγκ Κονγκ, Κίνα)

Για την προστασία των ανθρώπων αλλά και του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος, άρα και των τεχνικών έργων από τις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, η πόλη του Χονγκ Κόνγκ επενδύει σε φυσικές λύσεις. Ένα μέτρο που υιοθετήθηκε σε αυτή την πόλη εστιάζει στην αντιμετώπιση των πλημμυρικών φαινομένων και αφορά στην δημιουργία μιας λίμνης κατακράτησης των πλημμυρών. Αυτό το έργο βασίζεται στην παραδοχή ότι οι διαπερατές επιφάνειες και οι ανοιχτοί χώροι πρασίνου έχουν την δυνατότητα σημαντικής απορρόφησης των υδάτων, μειώνοντας την απορροή τους στις αστικές μη διαπερατές επιφάνειες των πόλεων (δρόμοι, πεζοδρόμια κλπ.). Ουσιαστικά, οι αρχές του Χονγκ Κόνγκ επέλεξαν αντί για την κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων, να επενδύσουν σε μια ποιο φυσική λύση (Leung, 2017).

6.3.4 (Ιαπωνία)

Ένα σημαντικό ζήτημα που κλήθηκε να αντιμετωπίσει η Ιαπωνία, αφορούσε στις επιπτώσεις από τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, οι υψηλές θερμοκρασίες και τα ολοένα συχνότερα και μεγαλύτερης διάρκειας κύματα καύσωνα διαδραματίζουν καίριο παράγοντα σχετικά με την αντοχή των τεχνικών έργων. Ενδεικτικά σημειώνεται ότι οι υψηλές θερμοκρασίες δημιουργούν ρωγμές στα οδοστρώματα, αλλά προκαλούν και στρέβλωση των σιδηροδρομικών γραμμών. Λόγω του γεγονότος ότι οι υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν την διαστολή του χάλυβα, του υλικού που κατασκευάζονται οι ράγες που κινούνται τα τρένα, ενδέχεται να επηρεαστεί η δομική ακεραιότητα των σιδηροδρομικών γραμμών. Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, δηλαδή της διαστολής του σιδήρου των σιδηροδρομικών γραμμών, η εταιρεία JR έκανε αλλαγές στις παραδοχές σχεδιασμού των έργων αυτών. Συγκεκριμένα, αύξησε τα πρότυπα των μελετών αναφορικά με την εκτιμώμενη μέγιστη θερμοκρασία απόδοσης των σιδηροδρόμων της από 60°C σε 65°C για να καθοδηγήσει τις μελλοντικές επενδύσεις, ενώ παράλληλα ανέπτυξε και οχήματα συντήρησης που ανιχνεύουν πιθανά ανοίγματα αρμών και ασυνέχειες λόγω διαστολής στις ράγες (OECD, 2018).

6.3.5 Η.Π.Α

Η περίπτωση μελέτης που εξετάζεται στις Η.Π.Α σχετίζεται με τον τυφώνα Sandy, ο οποίος ήταν από τα μεγαλύτερα συστήματα τροπικών καταιγίδων που καταγράφηκαν στον Ατλαντικό ωκεανό. Σημειώνεται ότι ο τυφώνας Sandy ήταν ουσιαστικά μια τεράστια καταιγίδα που προκάλεσε σημαντικές ζημιές (από τους θυελλώδεις ανέμους και τις πλημμύρες) στην Τζαμάικα, την Κούβα, την Αϊτή, τη Δομινικανή Δημοκρατία, τις Μπαχάμες και τις πολιτείες του Μεσοατλαντικού και Βορειοανατολικού τμήματος των ΗΠΑ στα τέλη Οκτωβρίου 2012 (Rafferty, 2021). Σύμφωνα με την Gibbens (2019), αυτός ο τυφώνας αποτέλεσε κίνητρο και σημείο εκκίνησης για την εκπόνηση δράσεων για την αντιμετώπιση τέτοιων ακραίων φαινομένων. Η ίδια αναφέρει ότι ο τυφώνας ανέδειξε το βαθμό ευαλωτότητας των Η.Π.Α απέναντι σε ακραία καιρικά φαινόμενα, ιδιαίτερα σε μια εποχή που οι επιστήμονες προειδοποιούν ότι η κλιματική κρίση απειλεί μεάνοδο της στάθμης της θάλασσας και με υψηλότερες θερμοκρασίες (Gibbens, 2019).

Σύμφωνα με σχετική έκθεση του OECD (2014), ένα βασικό μέτρο που υιοθετήθηκε, ύστερα από τον καταστροφικό τυφώνα Sandy, αφορά στην θέσπιση ενός σχεδίου αναδόμησης και ανάκαμψης. Ειδικότερα, στα πλαίσια ανασυγκρότησης από αυτόν τον τυφώνα εκπονήθηκε το στρατηγικό σχέδιο «Στρατηγική ανοικοδόμησης, τυφώνα Sandy». Αυτό το σχέδιο περιείχε κατευθύνσεις για σύσταση πολιτικής για τη διασφάλιση μιας περιφερειακά συντονισμένης και ανθεκτικής προσέγγισης στις επενδύσεις σε υποδομές και τεχνικά έργα. Βασικός σκοπός του ήταν η ανάπτυξη ανθεκτικότερων υποδομών ως προς τις κλιματικές μεταβολές, μέσα από την υιοθέτηση μέτρων που αφορούσαν τις πηγές χρηματοδότησης, εμπλοκή τοπικής γνώσης κλπ. (OECD, 2014α).

Πίνακας 2: Συγκεντρωτική απεικόνιση των περιπτώσεων μελέτης

Χώρα	Είδος επίπτωσης λόγω κλιματικής κρίσης	Είδος μέτρου
Χερσόνησος Eyre (Αυστραλία)	Πλημμύρες	Κατασκευαστικού/Διαχειριστικού χαρακτήρα
Κοπεγχάγη (Δανία)	Πλημμυρικά φαινόμενα	Κατασκευαστικού επεμβατικού χαρακτήρα
Sponge City (ΧονγκΚονγκ, Κίνα)	Πλημμύρες/ξηρασία	Κατασκευαστικού, με έμφαση στη φύση, χαρακτήρα
Ιαπωνία	Υψηλές θερμοκρασίες/κύματα καύσωνα	Κατασκευαστικού, αλλά λιγότερο επεμβατικού χαρακτήρα
Η.Π.Α	Τυφώνας Sandy (2012)	Κατασκευαστικού/διαχειριστικού χαρακτήρα

Στον Πίνακα 2, περιγράφονται συγκεντρωτικά τα βασικά στοιχεία των περιπτώσεων μελέτης που εξετάστηκαν. Από αυτές τις πέντε (5) περιπτώσεις, διαπιστώνεται ότι οι πλειοψηφία από αυτές κλήθηκαν να λάβουν μέτρα που σχετίζονται με τον περιορισμό των κινδύνων πλημμύρας. Σε μια περίπτωση μελετήθηκε η μέριμνα για την λήψη μέτρων σχετικά με την αντιμετώπιση των ζητημάτων που προκαλούν οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες και τα εκτεταμένα κύματα καύσωνα, ενώ στην τελευταία περίπτωση εξετάστηκε η περίπτωση αντιμετώπισης ενός τυφώνα. Αδιαμφισβήτητα, οι μεταβολές που παρατηρούνται στο κλίμα επιφέρουν σημαντικές επιπτώσεις με τη μορφή ακραίων καιρικών φαινομένων, αλλά ο βαθμός που θα πλήξουν μια περιοχή εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Στις περιπτώσεις που εξετάστηκαν παραπάνω, προκύπτει ότι αυτοί οι παράγοντες οδήγησαν και στην υιοθέτηση συγκεκριμένων κυρίως προληπτικών μέτρων. Ειδικότερα, σημειώνεται ότι για το σύνολο των περιπτώσεων μελέτης εφαρμόστηκαν κατασκευαστικού τύπου μέτρα, αλλά με διαφορετικό τρόπο επέμβασης, ενώ μόνο δύο περιπτώσεις επένδυσαν και σε διαχειριστικού τύπου μέτρα.

7. Συμπεράσματα

Στα πλαίσια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής εργασίας εξάχθηκαν ορισμένα συμπεράσματα τα οποία αφορούν το φαινόμενο της κλιματικής κρίσης αλλά και τον τομέα των τεχνικών έργων. Τα συμπεράσματα αυτά αναλύονται παρακάτω.

Αρχικά, η κλιματική κρίση αποτελεί ένα από τα πιο γρήγορα αναπτυσσόμενα ζητήματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι σημερινές κοινωνίες. Οι επιπτώσεις από την μεταβολή που παρατηρείται στο κλίμα αναμένεται να είναι σφοδρές τόσο για τους ίδιους τους

ανθρώπους όσο και για το περιβάλλον στο οποίο δραστηριοποιούνται. Σημειώνεται ότι η μεταβολή του κλίματος θα οδηγήσει στην ενίσχυση των ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως είναι οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες ή αλλιώς κύματα καύσωνα, οι έντονες βροχοπτώσεις, οι καταιγίδες κλπ.. Ουσιαστικά, οι άνθρωποι και το ανθρωπογενές περιβάλλον θα κληθεί να αντιμετωπίσει αυτά τα ακραία φαινόμενα. Η αντιμετώπιση αυτών των φαινομένων, είναι μια πολύπλοκη διαδικασία διότι αυτά τα φαινόμενα δεν περιορίζονται χωρικά σε κάποια περιοχή και υπάρχουν υφιστάμενες κρίσιμες υποδομές και άλλα τεχνικά έργα. Η έκταση και η ζώνη επιρροής τους περιλαμβάνει ολόκληρο τον πλανήτη, λόγω της παγκοσμιοποίησης των επιπτώσεων τους.

Δεύτερον, και πάλι αναφορικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, σημειώνεται ότι ο βαθμός που θα επηρεαστεί κάποια περιοχή ποικίλει και διαφοροποιείται ανάλογα με πολλούς παράγοντες. Αυτοί οι παράγοντες ενδεχομένως να σχετίζονται με τις κλιματικές συνθήκες που χαρακτηρίζουν μια περιοχή, με την κοινωνική και οικονομική της συνοχή κλπ. Αξίζει να σημειωθεί ότι η αντιμετώπιση αυτών των επιπτώσεων αποτελεί μια πολυσύνθετη διαδικασία και απαιτεί την συμμετοχή όλων των εμπλεκόμενων (κυβερνήσεων, πολιτών, επιστημόνων κλπ.). Για την ουσιαστική και αποτελεσματική αντιμετώπισή τους απαιτείται η αξιοποίηση κάθε δυνατού στοιχείου που διαθέτουν οι ανθρώπινες κοινωνίες, όπως είναι ο καθορισμός πολιτικών από τις κυβερνήσεις και η ενσωμάτωση σε αυτές η τοπική γνώση των πολιτών. Η επιστράτευση της τεχνολογίας για την παρακολούθηση κάθε σταδίου της επέλευσης της κλιματικής κρίσης θα βοηθήσει προς τη θετική κατεύθυνση.

Τρίτον, συμπεραίνεται ότι αφού η κλιματική κρίση επηρεάζει όλο το φάσμα του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος, τότε θα επηρεάσει και τις δραστηριότητες που αναπτύσσονται εντός αυτού. Από τα σημαντικότερα στοιχεία που συνθέτουν το ανθρωπογενές περιβάλλον είναι και τα τεχνικά έργα, που αποτελούν τις υποδομές για την διασφάλιση της κοινωνικής και οικονομικής συνοχής κάθε περιοχής. Πράγματι, η διαταραχή των τεχνικών έργων, λόγω της κλιματικής κρίσης θα επέφερε σημαντικές επιπτώσεις, όπως η απώλεια ανθρώπινων ζών και διατάραξη της κοινωνικής ανθεκτικότητας.

Τέταρτον, από την μελέτη της βιβλιογραφίας προέκυψε το συμπέρασμα ότι τελικά τα τεχνικά έργα δύναται να επηρεαστούν σημαντικά από τα ακραία καιρικά φαινόμενα, που θα προκληθούν από την κλιματική μεταβολή. Ειδικότερα, έγινε κατανοητό ότι οι υψηλές θερμοκρασίες θέτουν σε σημαντικό κίνδυνο τα τεχνικά έργα, όπως δρόμους, φράγματα, μεταφορικές υποδομές, δίκτυα κλπ.. Ενδεικτικά σημειώνεται ότι τα προβλήματα που ενδέχεται να προκύψουν από τις υψηλές θερμοκρασίες είναι η δημιουργία ρωγμών στα οδοστρώματα και σε άλλες παρόμοιες τεχνητές επιφάνειες, στην παραμόρφωση των σιδηροδρομικών γραμμών κοκ. Ακόμη, τα πλημμυρικά φαινόμενα θα ασκήσουν σημαντική πίεση στην ακεραιότητα των τεχνικών έργων, ειδικά σε αυτά που αναπτύσσονται κοντά σε παράκτιες περιοχές.

Πέμπτον, αναφορικά με τις περιπτώσεις μελέτης που εξετάστηκαν, συμπεραίνεται ότι το συχνότερα εμφανιζόμενο πρόβλημα είναι τα πλημμυρικά φαινόμενα. Αυτό ενδεχομένως δικαιολογεί και το γεγονός ότι σε όσες περιπτώσεις η επίπτωση της κλιματικής κρίσης αφορούσε στην εμφάνιση πλημμυρών, τα μέτρα που υιοθετήθηκαν ήταν κατασκευαστικού τύπου. Το ίδιο παρατηρείται να συμβαίνει και στις άλλες περιπτώσεις μελέτης, όπου τα ζητήματα της κλιματικής κρίσης αφορούσαν σε εκτεταμένα κύματα καύσωνα και σε εμφάνιση τυφώνων. Συνεπώς, για το σύνολο των περιπτώσεων μελέτης, παρατηρείται ότι ως κύρια επιλογή μέτρων αντιμετώπισης αποτελούν τα κατασκευαστικού τύπου μέτρα, ενώ τα

διαχειριστικά παραμελούνται σημαντικά. Αξίζει να σημειωθεί, ότι αν και σε όλες τις περιπτώσεις μελέτης τα μέτρα είναι δομικού χαρακτήρα, αυτά δεν διαθέτουν ιδιαίτερα επεμβατικό χαρακτήρα.

Τελικά, διαπιστώθηκε ότι για την επίτευξη ανθεκτικών τεχνικών έργων, απέναντι στην κλιματική κρίση απαιτούνται άμεσες ενέργειες και ενσωμάτωση των κλιματικών μεταβολών στην φάση του προκαταρκτικού σχεδιασμού τους.

Ακρωνύμια

ΕΟΠ	Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
CSI	Climate Science Investigation
EUFIWACC	European Financing Institutions Working Group on Adaptation to Climate Change
IEA	International Energy Agency
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
SREX	Special Report on Managing the Risks of Extreme Events
UBA	United Bank for Africa
UN	United Nations
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UNISDR	United Nations Office for Disaster Risk Reduction
US EPA	United States Environmental Protection Agency
WMO	World Meteorological Organization
WWF	World Wide Fund for Nature

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1:	Ενδεχόμενες επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης ανά τύπο μεταφορική υποδομής	σελ. 21
Πίνακας 2:	Συγκεντρωτική απεικόνιση των περιπτώσεων μελέτης	σελ.35

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1:	Διάρθρωση εργασίας	σελ. 2
Εικόνα 2:	Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ, ανά τομέα το 2019	σελ. 7
Εικόνα 3:	Η διαδικασία που οδηγεί στο φαινόμενο του θερμοκηπίου	σελ. 8
Εικόνα 4:	Βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την κατασκευή των τεχνικών έργων	σελ. 15
Εικόνα 5:	Οι 5 “Αρχές Ise-Shima” για την ανάπτυξη υποδομών ποιότητας,	σελ. 17
Εικόνα 6:	Τομείς που επηρεάζουν το κόστος κατάσκιες των τεχνικών έργων	σελ. 18
Εικόνα 7:	Διάγραμμα ταξινόμηση επιπτώσεων από πλημμύρες	σελ. 26
Εικόνα 8:	Απεικόνιση των περιοχών που θα επηρεαστούν από την αύξηση της στάθμης της θάλασσας	σελ. 27
Εικόνα 9:	Παράδειγμα δρόμου Helenevej, στην πόλη της Κοπεγχάγης στη Δανία	σελ. 33

Βιβλιογραφία

AASHTO (2022). «Extreme weather and transportation systems». American Association of State Highways and Transportation Officials. Ανακτήθηκε από: http://climatechange.transportation.org/pdf/extreme_weather_briefings/AASHTO_Heat_Waves.pdf.

ACE (2010). «The cost drivers of infrastructure projects. Why costs vary». Association for Consultancy and Engineering. Ανακτήθηκε από: <https://www.acenet.co.uk/media/1480/the-cost-drivers-of-infrastructure.pdf>.

Adamska, K. Z. & Sulewska, M. J. (2015). «Dynamic CBR Test to Assess the Soil Compaction. Journal of Testing and Evaluation», 43(5), 1028-1036.

Adhikary, M. & Khatun, M. (2017). Infrastructural Development: An Engine of Growth – An Empirical Study in SAARC Countries. *Handbook of Research on Economic, Financial, and Industrial Impacts on Infrastructure Development*, (p. 1-22). DOI: 10.4018/978-1-5225-2361-1.ch001. Ανακτήθηκε από: <https://www.igi-global.com/chapter/infrastructural-development/181130>.

Atkins (2013). «FD2628 Impact of Climate Change on Dams & Reservoirs. Final Guidance Report». Ανακτήθηκε από https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6033dfa3e90e076605eab4de/Review_of_indirect_impacts_of_climate_change_on_dams_and_reservoirs_final_report.pdf.

Bastidas-Arteaga, E. (2018). Reliability of Reinforced Concrete Structures Subjected to Corrosion-Fatigue and Climate Change. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, volume 12. Ανακτήθηκε από: <https://ijcsm.springeropen.com/articles/10.1186/s40069-018-0235-x>.

Bosello, F. & DeCian, E. (2014). «Climate change, sea level rise, and coastal disasters. A review of modelling practices». *Energy Econ.*, 46 (2014), pp. 593-605. Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988313001977>.

Boyle, M. J. (2022). «Infrastructure». Investopedia. Ανακτήθηκε από: <https://www.investopedia.com/terms/i/infrastructure.asp>.

Chin, L.S., Rahim, A. & Hanid, A. (2015). «The Practice of Time Management on Construction Project. *Procedia Engineering* 125». DOI:10.1016/j.proeng.2015.11.006. Ανακτήθηκε από: https://www.researchgate.net/publication/282786347_The_Practice_of_Time_Management_on_Construction_Project.

Climate ADAPT, (2022). «Adaptation options». Ανακτήθηκε από: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/adaptation-information/adaptation-measures>.

Climate Reality Project, (2019). «Why do We Call it the Climate Crisis?». Ανακτήθηκε από: <https://www.climaterealityproject.org/blog/why-do-we-call-it-climate-crisis>

Cohen, B. (2013). Urbanization in Developing Countries 2006, Current Trends, Future *Deloitte on Africa African Construction Trends Report*. Ανακτήθηκε από: **Σφάλμα! Η αναφορά της υπερ-σύνδεσης δεν είναι έγκυρη.** (accessed on 10 April 2022).

Cortekara, J. & Grotha, M. (2015). Adapting energy infrastructure to climate change – Is there a need for government interventions and legal obligations within the German “Energiewende”. 9th International Renewable Energy Storage Conference, IRES 2015. Energy Procedia 73 (2015) 12 – 17, doi: 10.1016/j.egypro.2015.07.552.

Copenhagen by design, (2022). «The Rain is Coming-Exhibition reviews». Ανακτήθηκε από: <http://copenhagenbydesign.com/the-rain-is-coming>.

Davoudi, S., Shaw, K., Haider, J. L., Quinlan, A. E., Peterson, G. D., Wilkinson, C., Porter, L. (2012). «Resilience: A Bridging Concept or a Dead End?» “Reframing” Resilience: Challenges for Planning Theory and Practice Interacting Traps: Resilience Assessment of a Pasture Management System in Northern Afghanistan Urban Resilience: Planning Theory & Practice, 299-333.

DeMoel, H., Jongman, B., Kreibich, H., Merz, B., Penning-Rowsell, E. & Ward, P. J. (2015). «Flood risk assessments at different spatial scales». Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang. 20, 865–890. doi: 10.1007/s11027-015-9654-z.

Deep South Challenge, (2018). «Storm water, wastewater and climate change: Impacts on our economy, environment, culture and society». Ανακτήθηκε από: <https://deepsouthchallenge.co.nz/stormwater-wastewater-and-climate-change-impacts-on-our-economy-environment-culture-and-society/>.

Designing Buildings Ltd, (April 27, 2022). Design life. Ανακτήθηκε από: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Design_life.

EUFIWACC (2016). “Integrating Climate Change Information and Adaptation in Project Development”. European Financing Institutions Working Group on Adaptation to Climate Change. Ανακτήθηκε από: www.eib.org/attachments/press/integrating-climate-change-adaptation-in-project-development.pdf.

European Commission. Council Directive 2008/114/EC of 8 December 2008 on the identification and designation of European critical infrastructures and the assessment of the need to improve their protection, Brussels.

European Union, (2018). “Climate change adaptation of major infrastructure projects. A stock-taking of available resources to assist the development of climate resilient infrastructure”. Ανακτήθηκε από: https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/climate_change_major_projects/climate_change_adaptation_of_major_infrastructure_projects.pdf.

Fan, C.N. (1995). Development of Quality Assurance in Hong Kong Construction Works. Hong Kong Contract.

Fluixá-Sanmartín, J., Altarejos-García, L., Morales-Torres, A. & Escuder-Bueno, I. (2018). "Review article: Climate change impacts on dam safety", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18, 2471–2488, <https://doi.org/10.5194/nhess-18-2471-2018>. Ανακτήθηκε από: <https://nhess.copernicus.org/articles/18/2471/2018/#section3>.

Forero-Ortiz, E., Martínez-Gomariz, E., & CañasPorcuna, M. (2020). "A review of flood impact assessment approaches for underground infrastructures in urban areas: a focus on transport systems". *Hydrol. Sci. J.* 65, 1–13. doi: 10.1080/02626667.2020.1784424.

Galanis Th., Kerpelis Pl. (2021) «Planted Roofs Over Buildings: Case Study at a School in Athens» in "Smart Cities, Citizen Welfare, and the Implementation of Sustainable Development Goals" IGI-Global, Chapter 19, DOI 10.4018/978-1-7998-7785-1

Gibbens, S. (2019). Hurricane Sandy, explained. *National Geographic*. Ανακτήθηκε από: <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/hurricane-sandy>.

Global Commission on Adaptation, (2019).Adapt Now: A Global Call for Leadership on Climate Resilience". Ανακτήθηκε από: <https://gca.org/reports/adapt-now-a-global-call-for-leadership-on-climate-resilience/>

Gupta,A-K., Singh,S., Chopde,S. &Singh,D., (2019). «Climate Resilient Disaster Risk Management: Best Practices Case Studies Compendium»,
Doi:10.13140/RG.2.2.12887.11684.

Guzman, A. (2019).«The importance of effective cost estimation in infrastructure projects». *Infrata*. Ανακτήθηκε από: <https://infrata.com/news/the-importance-of-effective-cost-estimation-in-infrastructure-projects>.

Hammond, M. J., Chen, A. S., Djordjević, S., Butler, D., & Mark, O. (2015). «Urban flood impact assessment: a state-of-the-art review». *Urban Water J.* 12, 14–29. Doi: 10.1080/1573062X.2013.857421.

Hughes, J., Cowper-Heays, K., Olesson, E., Bell,R. & Stroombergen,A. (2021). «Impacts and implications of climate change on wastewater systems: A New Zealand perspective» *Climate Risk Management*,Volume 31,100262,ISSN 2212-0963 <https://doi.org/10.1016/j.crm.2020.100262>. Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212096320300528>

Human Development Report (2011). Available online: http://hdr.undp.org/en/media/HDR_2011_EN_Table1.pdf.

IPCC, (2011): Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- IPCC, (2013): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, (2014). «Climate Change 2014: Working Groups I, II and III» Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland, 151 pp.
- IPCC, (2021). «Climate change widespread, rapid, and intensifying». Intergovernmental Panel on Climate Change. Ανακτήθηκε από: <https://www.ipcc.ch/2021/08/09/ar6-wg1-20210809-pr/>
- Jha, K.N. & Iyer, K.C. (2006). «Critical Factors Affecting Quality Performance in Construction Projects». *Total Qual. Manag. Bus. Excell.* , 17, 1155–1170.
- Joslin, R. & Müller, R. (2015). «Relationships between a Project Management Methodology and Project Success in Different Project Governance Contexts». *Int. J. Proj. Manag.*, 33, 1377–1392.
- Juneja, P. (2022). «Importance of Infrastructure in a Nation's Development. *Management Study Guid*». Ανακτήθηκε από: <https://www.managementstudyguide.com/importance-of-infrastructure-in-a-nations-development.htm>.
- Karagiannidis, S. (2022). «Τι είναι το φαινόμενο El Niño–Southern Oscillation (ENSO)». CLIMATEBOOK. Ανακτήθηκε από: <https://climatebook.gr/2022/03/06/-el-nino-southern-oscillation-enso/>.
- Kerpelis N.P., Golfopoulos K. S., Alexakis E. D. (2021). A Proposed Theoretical Approach for the Estimation of Seismic Structural Vulnerability of Wastewater Treatment Plants. Sustainability, Special Issue “Natural and Technological Hazards in Urban Areas: Assessment, Planning and Solutions”, MDPI, Vol. 13, issue 9, 4835
- Kerpelis Pl., Karamanou A., (2019). “Lack of coordination in communication field, between scientific society and authorities during earthquakes- Case study of L' Aquila in Italy” 7th International Conference in Risk Analysis and Crisis Response (RACR-2019), Proceedings p. 344-352, Athens, 15-19/10/2019
- Khan, R.A. (2008). «Role of construction sector in economic growth: Empirical evidence from Pakistan economy». Proceedings of the First International Conference on Construction in Developing Countries (ICCIDC), Karachi, Pakistan, 4–5; pp. 279–290.
- Kreienkamp, F., Enke, W. & Spekat, A. (June, 2016). «Classification by multiple regression – a new approach towards the classification of extremes». *Meteorology Hydrology and Water Management, Research and Operational Analysis*, vol 4, issue 1. Ανακτήθηκε από: <https://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-74e68980-1645-48e7-8bae-90550cae8910>.
- Leung, R. (2017). «Hong Kong: A Climate Resilient Sponge City». Ανακτήθηκε από: <http://chinawaterrisk.org/opinions/hong-kong-aclimate-resilient-sponge-city/>.

- Levermann, A. (2020). «Postdam Institute for Climate Impact Research- Learning about Antarctica». *Journal Nature*. Ανακτήθηκε από: <https://www.theguardian.com/environment/2020/sep/23/melting-antarctic-ice-will-raise-sea-level-by-25-metres-even-if-paris-climate-goals-are-metstudy-finds>.
- Levinson, D. (2019). «How climate change impacts infrastructure: experts explain». University of Sidney. Ανακτήθηκε από: <https://www.sydney.edu.au/news-opinion/news/2019/11/27/how-climate-change-impacts-infrastructure--experts-explain.html>.
- McDonald, D. (2016). «If current trends continue, global sea levels will rise at an unprecedented level in coming decades». *The Global Millennial*. Ανακτήθηκε από: <https://medium.com/the-global-millennial/if-current-trends-continue-global-sea-levels-will-rise-at-an-unprecedented-level-in-coming-decades-b9b2e0e1fd5c>.
- Mckinsey Global Institute, (2020). «Will infrastructure bend or break under climate stress?». Ανακτήθηκε από: <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/will-infrastructure-bend-or-break-under-climate-stress>.
- Merkert, R. (2019). «How climate change impacts infrastructure: experts explain». *The University of Sidney*. Ανακτήθηκε από: <https://www.sydney.edu.au/news-opinion/news/2019/11/27/how-climate-change-impacts-infrastructure--expertsexplain.html>.
- Memon, A., Rahman, I. A., Ismail, I. & Zainun, N. Y. (2014). *Time Management Practices in Large Construction Projects*. Ανακτήθηκε από: https://www.researchgate.net/publication/280628184_Time_Management_Practices_in_Large_Construction_Projects.
- Met Office, (2021). Met Office Hadley Centre for Climate Science and Services. Ανακτήθηκε από: <https://www.metoffice.gov.uk/weather/climate/met-office-hadley-centre/index>.
- Ministry of Environment of Denmark, (2017). «New, permeable road surfacing in Frederiksberg instead of expensive drain pipes». Ανακτήθηκε από: <https://en.klimatilpasning.dk/cases/items/new-permeable-road-surfacing-in-frederiksberg-instead-of-expensive-drain-pipes/>.
- Nezamuddin, N., Sys, C., Vaneislander, T., Roumboutsos, A., Konuah, F., Christodoulou, A., Demirel, H., Yaseen, L. & Petrucci, A. L. (2020). «Impact of sea-level rise and extreme events on infrastructure development in global trade and logistics supply chain». Ανακτήθηκε από: https://www.g20-insights.org/policy_briefs/impact-of-sea-level-rise-and-extreme-events-on-infrastructure-development-in-global-trade-and-logistics-supply-chain/.
- OECD (2014a). «Boosting Resilience through Innovative Risk Governance». Organization for Economic Co-operation and Development. OECD Reviews of Risk Management Policies, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264209114-en>.
- OECD, (2017). *Trade and Environment Working Paper*. Paris: OECD Publishing.

OECD, (2018). «Climate-resilient Infrastructure». OECD Environment Policy Paper No. 14. Ανακτήθηκε από: <https://www.oecd.org/environment/cc/policy-perspectives-climate-resilient-infrastructure.pdf>.

Pudyastuti, P.S. & Nugraha, N.A. (2018). «Climate change risks to infrastructures: A general perspective». *AIP Conference Proceedings 1977, 040030 (2018)*; <https://doi.org/10.1063/1.5043000>.

Pyatkova, K., Chen, A. S., Butler, D., Vojinović, Z. & Djordjević, S. (2019). «Assessing the knock-on effects of flooding on road transportation». *J. Environ. Manage.* 244, 48–60. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.05.013.

Rafferty, J. P. (2021,). Superstorm Sandy. *Encyclopedia Britannica*. Ανακτήθηκε από: <https://www.britannica.com/event/Superstorm-Sandy>.

Rosen, J. (2021). The Science of Climate Change Explained: Facts, Evidence and Proof. *The New York Times*. Ανακτήθηκε από: <https://www.nytimes.com/article/climate-change-global-warming-faq.html#link-2bcb067a>.

Rundle, D. F. (2017). «Quality Infrastructure. Ensuring Sustainable Economic Growth». *Center for Strategic and International Studies*. Ανακτήθηκε από: <https://www.csis.org/analysis/quality-infrastructure>.

Turk, A.M. (2006). ISO 9000 in Construction: An Examination of Its Application in Turkey. *Build. Environ.*, 41, 501–511.

U.S. Global Change Research Program(2014). Third National Climate Assessment Report, Washington, USA. Ανακτήθηκε από: <https://nca2014.globalchange.gov/report>.

UBA, (2018). Effects of heavy rainfall on construction-related infrastructure. Ανακτήθηκε από: <https://www.umweltbundesamt.de/en/publications>.

UN, (2022). “Climate Action Pathway, Climate Resilience”, Executive Summary. Ανακτήθηκε από: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/ExecSumm_Resilience_0.pdf.

UN, (2021). “The Climate Crisis – A race we can Win”. Ανακτήθηκε από: <https://digitallibrary.un.org/record/3898930/files/un75climatecrisis.pdf>.

UN, (2020). Climate change adaptation for seaports in support of the 2030 Agenda for Sustainable Development. *United Nations Conference on Trade and Development*. Ανακτήθηκε από: https://unctad.org/system/files/official-document/cimem7d23_en.pdf.

UN, (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. Ανακτήθηκε από: <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>.

UNISDR, (2017). UNISDR Annual Report 2017. Ανακτήθηκε από: <https://www.undrr.org/publication/unisdr-annual-report-2017>.

UNISDR, (2012). «Making Cities Resilient Report. A global snapshot of how local governments reduce disaster risk». *United Nations International Strategy for Disaster Risk Reduction, Second Edition*.

- UNISDR, (2009). United Nations International Strategy for Disaster Risk Reduction: Terminology on Disaster Risk Reduction. Ανακτήθηκε από:
<https://www.undrr.org/publication/2009-unisdr-terminology-disaster-risk-reduction>
- US EPA, (2017). «Climate Impacts on Transportation». Ανακτήθηκε από:
https://19january2017snapshot.epa.gov/climate-impacts/climate-impacts-transportation_.html,
- US EPA, (2022). «Climate Adaptation and Sea Level Rise». US Environmental Protection Agency. *Climate Change Adaptation Resource Center (ARC-X)*. Ανακτήθηκε από:
<https://www.epa.gov/arc-x/climate-adaptation-and-sea-level-rise>.
- Wang, A. B., (2017). «It's so hot in Phoenix that airplanes can't fly». *Washington post*. Ανακτήθηκε από: <https://www.washingtonpost.com/news/capital-weather-gang/wp/2017/06/20/its-so-hot-in-phoenix-that-airplanes-cant-fly/>.
- Wilbanks, T., & Fernandez, S. (2013). «Climate Change and Infrastructure, Urban Systems, and Vulnerabilities: Technical Report for the U.S. Department of Energy in Support of the National Climate Assessment». Washington, DC: Island Press
- WMO, (2008). «Urban Flood Risk Management : A Tool for Integrated Flood Management». World Meteorological Organization -APFM Technical Document No. 11, Flood Management Tools Series.
- Wolff, E.W. (2011). Greenhouse gases in the Earth system: a palaeoclimate perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 369: 2133-2147.
- WWF, (2021). «Climate and Energy at WWF». Ανακτήθηκε από:
https://wwf.panda.org/discover/our_focus/climate_and_energy_practice
- Ying, L. K., Naser, A. & Ghani, A. (2019). «Rainfall Characteristics and Its Effect on Road Infrastructure Health». *International Journal of Integrated Engineering*". Vol. 11 No. 9, 234–246. DOI: <https://doi.org/10.30880/ijie.2019.11.09.025>.
- Zeybek, H. (2008). "Role of mega projects in sustainable urban transport in developing countries: The case of Istanbul Marmaray Project". Ανακτήθηκε από:
https://www.researchgate.net/publication/228678396_ROLE_OF_MEGA_PROJECTS_IN_SUSTAINABLE_URBAN_TRANSPORT_IN_DEVELOPING_COUNTRIES_THE_CASE_OF_ISTANBUL_MARMARAY_PROJECT.
- Zhang, N., & Alipour, A. (2019). Integrated framework for risk and resilience assessment of the road network under inland flooding. *Transp. Res. Rec.* 2673, 182–190. Doi: 10.1177/0361198119855975.
- Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, (2019). Ανακτήθηκε από:
<https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20180301STO98928/ekpompe-s-aerion-tou-thermokipiou-ana-chora-kai-tomea-grafima>
- Μελάς, Δ., Ασωνίτης, Γ., Αμοιρίδης, Β., (2000). Κλιματική κρίση (οδηγός εκπαιδευτικών), ΥΠΕΠΘ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Αθήνα

ΥΠΕΝ, (2020). Ετήσια Έκθεση Ποιότητας της Ατμόσφαιρας. Ανακτήθηκε από:
<https://ypen.gov.gr/perivallon/poiotita-tis-atmosfairas/ektheseis/>.