

Πολυτεχνική Σχολή
Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών

«Ανάπτυξη Μεθοδολογίας Σχεδιασμού Ανθεκτικών
Κατασκευών Έναντι Μεταβαλλόμενων
Περιβαλλοντικών Συνθηκών ».

Ερευνητική Εργασία

Κοντός Αλέξανδρος

A.M. 225

Επιβλέπων Καθηγητής :

Μπαλάσκας Αναστάσιος

Οκτώβριος [2022]

Πίνακας περιεχομένων

Περιεχόμενα Σχημάτων:	5
Περίληψη.....	7
ABSTRACT	9
Εισαγωγή.....	10
Μέθοδος Ανάλυσης.....	12
Κεφάλαιο 1	13
Ανάλυση της σημασίας της ανθεκτικότητας για τον ανθεκτικό σχεδιασμό.....	13
1.1. Φυσικές Καταστροφές.....	13
1.2. Έννοιες Ανθεκτικότητα Βιωσιμότητα Τρωτότητα.....	15
1.3. Τρωτότητα στα πλαίσια των κατασκευών	16
1.4. Βιωσιμότητα στα πλαίσια των κατασκευών	16
1.5. Είδη Ανθεκτικότητας.....	17
Οικολογική Ανθεκτικότητα	18
Κοινωνική Ανθεκτικότητα.....	19
Ανθεκτικότητα στις Καταστροφές.....	19
Αστική Ανθεκτικότητα.....	19
Οργανωτική/Επιχειρηματική Ανθεκτικότητα	19
Ανθεκτικότητα της Κοινότητας	19
Ανθεκτικότητα Υποδομών.....	20
Μηχανική Ανθεκτικότητα	20
Κεφάλαιο 2.	22
Φορείς διαμόρφωσης κι εφαρμογής του ανθεκτικού σχεδιασμού στον κατασκευαστικό τομέα.	22
2.1. Στρατηγικές για τον σχεδιασμό ανθεκτικών κτιρίων σύμφωνα με το Resilient Design Institute.....	22
2.1.1. Εκτίμηση της τρωτότητας	24
2.1.2. Δημιουργία καταφυγίων.....	25
2.1.3. Μετριασμός της αστικής θερμικής νησίδας.....	26
2.1.4. Προστασία από βροχοπτώσεις.....	29
2.1.5. Σχεδιασμός αντιπλημμυρικών κατασκευών – Κτιρίων και επιχειρήσεων	30
2.1.6. Σχεδιασμός αντιπλημμυρικών κατασκευών – Βιομηχανικά Κτίρια.....	31

2.1.7. Σχεδιασμός για την πρόληψη πλημμυρών.	32
2.1.8. Σχεδιασμός τοπίου ανθεκτικού στις καταστροφές	34
2.1.9. Σχεδιασμός για την προστασία από χιόνι και πάγο.	34
2.1.10. Σχεδιασμός για την εξασφάλιση σκιάς	35
2.1.11. Σχεδιασμός για την μείωση της τρωτότητας των κτιρίων από υψηλούς ανέμους.	35
2.1.12. Σχεδιασμός για την σταθεροποίηση πλαγιών ευπαθών σε διάβρωση, κατολίσθηση η πυρκαγιά	36
2.1.13. Σχεδιασμός για την ενίσχυση δομικών στοιχείων για αντοχή σε μεγαλύτερα φορτία.....	38
2.2. Στρατηγικές για τον σχεδιασμό ανθεκτικών κτιρίων σύμφωνα με το Guidelines for Disaster-Resilient Buildings & Structures που εκδόθηκε από των UAP Emergency Architects (UAP-EA)	39
2.2.1. Σχεδιασμός έναντι των τυφώνων και ισχυρών ανέμων.	40
2.2.2. Σχεδιασμός έναντι πλημμυρών.....	43
2.2.3. Σχεδιασμός έναντι σεισμικών δράσεων:.....	45
Κεφάλαιο 3	47
Case study – Μελέτη Περίπτωσης ανθεκτικών κτιρίων στις Η.Π.Α.	47
3.1. Spaulding Rehab hospital in Charlestown.	47
3.2. The Salt Lake City Public Safety Building.	50
Κεφάλαιο 4	54
Επόμενα βήματα και στρατηγικές για τον σχεδιασμό ανθεκτικών κτιρίων στην Ελλάδα - Σύνοψη.....	54
4.1. Στρατηγικές για τον σχεδιασμό ανθεκτικών κτιρίων στην Ελλάδα.	54
4.1.2. Σχεδιασμός για την πρόληψη πλημμυρών.	55
4.1.3. Σχεδιασμός για την ενίσχυση δομικών στοιχείων για αντοχή σε μεγαλύτερα φορτία.	57
4.1.4 Σχεδιασμός για την ενίσχυση των κατασκευών έναντι των πυρκαγιών	59
4.2. Σύνοψη	62
Βιβλιογραφία.....	64

Περιεχόμενα Σχημάτων:

Σχήμα 1.1 Πλημμυρισμένοι δρόμοι της Νέας Υόρκης κατά τη διάρκεια του τυφώνα Sandy, τον Οκτώβριο του 2012. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ BEBETO MATTHEWS, AP PHOTO(TIM FOLGER 2013)	13
Σχήμα 1.2 Μεγάλης κλίμακας φυσικών καταστροφών στην Ελλάδα(Εργαστήριο Χαρτογραφίας και Γεωπληροφορικής του Τμήματος Γεωγραφίας 2004)	14
Σχήμα 1.3 Αριθμός καταγεγραμμένων μεγάλης κλίμακας φυσικών καταστροφών ανά τύπο(Hannah Ritchie and Max Roser 2021)	15
Σχήμα 1.4 Συνολικός αριθμός καταγεγραμμένων μεγάλης κλίμακας φυσικών καταστροφών (Hannah Ritchie and Max Roser 2021).....	15
Σχήμα 2.1 Κτίριο σχεδιασμένο Ανθεκτικά(MICHAEL BLOOMBERg and Christine Quinn 2013)	22
Σχήμα 2.2 Σπίτι σχεδιασμένο ανθεκτικά(MICHAEL BLOOMBERg and Christine Quinn 2013)	23
Σχήμα 2.3 Ανάλυση του τρόπου εκτίμησης της τρωτότητας (Σαπουτζάκη and Λανδουλάκη 2015)	24
Σχήμα 2.4 Safe Room σε σχολείο που λειτουργεί ως αίθουσα πολλαπλών χρήσεων γυμναστήριο και χώρος συγκεντρώσεις κοινού(Emergency Management Agency 2021)	26
Σχήμα 2.5 Θερμικός Κίνδυνος εντός της πόλης (Σαπουτζάκη and Λανδουλάκη 2015)	26
Σχήμα 2.6 Οι πλατείες και τα ανοιχτά χωράφια του Enghaveparken Climate Park στην Κοπεγχάγη της Δανίας είναι αυτήν τη στιγμή ανακαινίζονται για να είναι πλημμυρικοί χώροι κατά τη διάρκεια ακραίων βροχοπτώσεων.(De n.d.)	29
Σχήμα 2.7 Κανάλια που έχουν σχεδιαστεί για να συγκεντρώνουν και να μεταφέρουν την απορροή των όμβριων υδάτων ενώ απομακρύνουν τα συντρίμια και τη ρύπανση(Purvis et al. 2018)	30
Σχήμα 2.8 Σπίτι χωρίς αντιπλημμυρική προστασία - Σπίτι Με αντιπλημμυρική προστασία (Emergency Management Agency 2009).....	31
Σχήμα 2.9 Υπολογισμός του επιπέδου της πλημμύρας σχεδιασμού(Emergency Management Agency 2009).....	33
Σχήμα 2.10 Σταθεροποίηση πλ αγίων ευπαθών σε διάβρωση (Bax ter et al., n.d.).....	37
Σχήμα 2.11 Κανονικό σχήμα κτιρίου (Ar. Rey S. Gabitan 2015).....	40
Σχήμα 2.12 Ισχυρότερος τύπος οροφής (Ar. Rey S. Gabitan 2015).....	41
Σχήμα 2.13 Προεξοχές ορο φής και επιπτώσεις (Ar. Rey S. Gabitan 2015).....	41
Σχήμα 2.14 Χαρακτηριστικά στέγης(Ar. Rey S. Gabitan 2015).....	41
Σχήμα 2.15 Ζευκτά και τα αετώματα οροφής (Ar. Rey S. Gabitan 2015).....	42
Σχήμα 2.16 Τρόποι στερέωσης στέγης (Ar. Rey S. Gabitan 2015)	42
Σχήμα 2.17 Τρόποι σύνδεσης με τοίχους η τοιχοποιία (Ar. Rey S. Gabitan 2015).....	43
Σχήμα 3.1 Spaulding Rehab hospital in Charlestown(“World’s Largest Shake Table Tests Wooden 7 Story House Inhabitat - Green Design, Innovation, Architecture, Green Building” n.d.).....	47
Σχήμα 3.2. The Salt Lake City Public Safety Building.(“New Public Safety Building in Salt Lake City a Model of Resilience – Resilient Design Institute” n.d.)	50

Σχήμα 4.1 Σπίτι ανθεκτικά σχεδιασμένο (“Flood House / F9 Productions ArchDaily” n.d.)	56
Σχήμα 4.2 Επίδραση υδροστατικής πίεσης στον φέων οργανισμό (Σαπουτζάκη and Δανδουλάκη 2015).....	58
Σχήμα 4.3 Γεωτεχνικής μελέτης για όλες τις κατασκευές(Σαπουτζάκη and Δανδουλάκη 2015)	58
Σχήμα 4.4 Στρατηγικές για τον σχεδιασμό ανθεκτικών κτιρίων στην Ελλάδα.	61

Περίληψη

Η κλιματική αλλαγή στον 21^ος εμφανίστηκε με επιθετικούς ρυθμούς και εξελίσσεται πιο γρήγορα από ότι είχε προβλεφθεί από την επιστημονική κοινότητα. Αποτελεί ένα παγκόσμιο φαινόμενο, και ενώ απαιτείται δράση σε διεθνές επίπεδο, οι κρατικές και δημοτικές κυβερνήσεις θα διαδραματίσουν τον πιο κρίσιμο ρόλο στον μετριασμό των επιπτώσεων. Είναι αποδεδειγμένο ότι η κλιματική αλλαγή αυξάνει την ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων. Αυτό, όμως, δεν σημαίνει ότι κάθε έντονο φυσικό φαινόμενο που κάνει την εμφάνισή του οφείλεται μόνο σε αυτήν, αλλά πιθανόν να πηγάζει και από διαφορετικά αίτια, όπως η ανθρώπινη παρέμβαση (Τολίδης 2020). Υπάρχει μια αυξανόμενη ζήτηση από τους μηχανικούς να ενσωματώσουν τις προβλέψεις του μελλοντικού κλίματος, στο σχεδιασμό ενός τεχνικού έργου και να αναζητήσουν εναλλακτικές λύσεις έτσι ώστε να καταστεί ανθεκτικό και βιώσιμο ένα κτίριο, καθώς η καταστροφή δημιουργείται όταν η εκδήλωση ενός επικίνδυνου συμβάντος συνυπάρχει με συνθήκες ευπάθειας και τρωτότητας στην κοινωνία.

Σκοπός της ερευνάς αποτελεί η ανάδειξη της σημασίας του ανθεκτικού σχεδιασμού έναντι των καταστροφών που εμφανίζονται λόγω των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Η παρούσα ερευνητική επικεντρώνεται :

- Στην ανάγκη εφαρμογής της ανθεκτικότητας στον κατασκευαστικό τομέα απέναντι στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.
- Στην ανάδειξη των δυνατοτήτων που προσφέρει η επιστήμη των υλικών.
- Στην μελέτη συστημάτων που εμφανίζονται ανά τον κόσμο.
- Στη διαμόρφωση εργαλείων ικανών να αυξήσουν την προσαρμοστικότητα των κτιρίων έναντι τάσεων ή διαταραχών που μπορεί να προκύψουν εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής.

Η παρούσα ερευνητική εργασία αποτελείται από την εισαγωγή, τα ερευνητικά ερωτήματα και την μέθοδο ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να απαντηθούν αυτά. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τέσσερα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο αρχικά παρουσιάζονται παραδείγματα φυσικών καταστροφών μέσα από το γενικότερο ευρωπαϊκό και ελληνικό περιβάλλον και στη συνέχεια αναλύονται οι έννοιες ανθεκτικότητα, βιωσιμότητα και τρωτότητα. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται ενδεικτικά φορείς των Η.Π.Α. και των Φιλιππίνων που εφαρμόζουν συστήματα και στρατηγικές ανθεκτικού σχεδιασμού, ενώ στο τρίτο γίνονται ανάλυση παρουσίαση δυο κτιρίων σχεδιασμένα ανθεκτικά του «**Spaulding Rehab hospital in Charlestown** » και του «**The Salt Lake City Public Safety Building**». Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο της παρούσας

ερευνάς παρουσιάζονται τα συμπεράσματα για την υφιστάμενη κατάσταση όσον αφορά τον σχεδιασμό ανθεκτικών κτιρίων στην Ελλάδα και γίνονται προτάσεις για μελλοντική αξιοποίηση.

ABSTRACT

Climate change in the 21st century has emerged aggressively and is progressing faster than the scientific community had predicted. It is a global phenomenon, and while action is needed at the international level, state and municipal governments will play the most critical role in mitigating its impacts. It is well established that climate change increases the intensity of extreme weather events. However, this does not mean that every severe natural phenomenon that occurs is only due to it, but is likely to spring from different causes, such as human intervention (Tolidis 2020). There is an increasing demand for engineers to incorporate future climate predictions into the design of an engineering project and seek alternatives in order to make a building resilient and sustainable, as disaster is created when the occurrence of a hazardous event coexists with conditions of vulnerability and susceptibility in society.

The aim of the research is to highlight the importance of resilient design against the disasters that occur due to the impacts of climate change. Preent research thesis is focusing on:

- The need to implement resilience in the construction sector towards the impacts of climate change.
- To highlight the potential offered by the science of materials.
- The study of systems emerging around the world.
- On the formulation of tools capable of increasing the resilience of buildings against any trends or disturbances that may arise due to climate change.

This research thesis consists of the introduction, the research questions and the method of analysis used to address them. Four chapters are then presented. The first chapter initially presents examples of natural disasters within the general European and Greek context and then analyses the concepts of resilience, sustainability and vulnerability. The second chapter presents examples of institutions in the United States and the Philippines that apply resilient design systems and strategies, while the third chapter presents an analysis of two robustly designed buildings: the "Spaulding Rehab hospital in Charlestown" and "The Salt Lake City Public Safety Building". Finally, the fourth chapter presents the conclusions for the design of durable Buildings in Greece and suggestions for future utilization of the topic and further analysis that the researcher has concluded through this study.

Εισαγωγή

Ο σκοπός της παρούσας ερευνητικής εργασίας με τίτλο «**Ανάπτυξη Μεθοδολογίας Σχεδιασμού Ανθεκτικών Κατασκευών Έναντι Μεταβαλλόμενων Περιβαλλοντικών Συνθηκών**», είναι να διερευνήσει πώς ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός κτιρίων δύναται να συμβάλλει στην πρόληψη και αντιμετώπιση των φυσικών καταστροφών που προκαλούνται εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής. Ειδικότερα, διερευνάται με ποιον τρόπο ο Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός δύναται να εφαρμοστεί για την ασφαλή οργάνωση των κτιρίων, ώστε η έννοια της ασφάλειας να συνιστά μία από τις κύριες παραμέτρους της ανάπτυξης τους. Η παρούσα εργασία εκπονείται στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Αρχιτεκτόνων Μηχανικών της Πολυτεχνικής σχολής Ιωαννίνων. Η επιλογή του θέματος που πραγματεύεται η εν λόγω εργασία, έγινε με αφορμή τα πρόσφατα γεγονότα φυσικών καταστροφών στις πόλεις της Εύβοιας και της Δυτικής Αττικής. Οι φυσικές καταστροφές αποτελούν ένα διαχρονικό φαινόμενο το οποίο προκαλεί μεγάλα προβλήματα στις πόλεις με ανεπαρκείς δομές, καθώς έχει παρατηρηθεί ότι ένας φυσικός κίνδυνος προκαλεί καταστροφές όταν δεν υπάρχουν οι κατάλληλες δομές που θα λειτουργήσουν ως εμπόδιο στην έλευση του φυσικού κινδύνου.

Μετά τον Β παγκόσμιο πόλεμο ο μαζικός σχεδιασμός και η κατασκευή κτιρίων αναπτύχθηκαν με γοργούς ρυθμούς σε ολόκληρο τον κόσμο. Η ανάπτυξη των τεχνολογιών και των μέσων μαζικής μεταφοράς συνέβαλλαν ενεργά στην γρήγορη ανάπτυξη. Έτσι λοιπόν λόγω του ξέφρενου οικοδομικού οργανισμού σε παράκτιες πεδιάδες και υψίπεδα, σε βουνά και βαθιές κοιλάδες, από τις τροπικές περιοχές μέχρι τις ερήμους και από τις ισημερινές περιοχές μέχρι τον μόνιμο παγετό προκλήθηκε ανεξέλεγκτη ανάπτυξη χωρίς ωστόσο να λαμβάνονται υπόψη οι οικολογικές συνέπειες. Η τεχνολογία εξόρυξης ορυκτών καυσίμων εμφανίστηκε εκείνη την εποχή ως ευκαιρία για φτηνό καύσιμο για θέρμανση, παραγωγή ηλεκτρισμού και κίνησης, αγνοώντας τις μελλοντικές αρνητικές επιπτώσεις που θα αποφέρει στο κλίμα. Τότε κάνουν την εμφάνισή τους τα ακραία καιρικά φαινόμενα που προβληματίζουν την επιστημονική κοινότητα για το μέγεθος της έντασής τους (Meir and Pearlmutter 2010);(Σαπουτζάκη and Δανδουλάκη 2015);(Δ.Α. Ασημακόπουλος et al. 2011).

Στις πρώτες φάσεις του Μοντέρνου Κινήματος από την δεκαετία του 1920 έως και την δεκαετία του 1950 η σύγχρονη αρχιτεκτονική δε λάμβανε υπόψη της στον σχεδιασμό την κατάσταση του περιβάλλοντος, αντίθετα προτεραιότητα δόθηκε στη μαζική παραγωγή και στις ευκαιρίες που δημιουργήθηκαν από αυτήν, (Kosanoιic et al. 2018) μέχρι τη θεώρηση του σπουδαίου αρχιτέκτονα Le Corbusier που έλεγε ότι «το κτίριο είναι μια μηχανή μέσα στην οποία ζούμε». Το 1970 εμφανίστηκε για πρώτη φορά η έννοια

του πράσινου σχεδιασμού πράγμα που είχε αποτελέσει απάντηση στην πετρελαϊκή κρίση και στις τότε αυξήσεις της τιμής του πετρελαίου (Roaf 2014).

Έτσι η ερευνά προσεγγίζει της έννοιες ανθεκτικότητα, βιωσιμότητα και τρωτότητα, ενώ στοχεύει στο να εισαγάγει στο λεξιλόγιο των κατασκευών την έννοια της ανθεκτικότητας (Resilience);(Saja Kosanović, Nevena Novaković, and Alenka Fikfak 2018).

Ερευνητικά ερωτήματα

1. Η εφαρμογή της ανθεκτικότητας στον κατασκευαστικό τομέα αποτελεί σημαντική παράμετρο στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων που προκαλούνται από την κλιματική αλλαγή.
2. Η ενίσχυση της ανθεκτικότητας με την αξιοποίηση των αρχών και των εργαλείων στο ελληνικό κατασκευαστικό σύστημα προκειμένου αυτό να καταστεί ικανό να ανταπεξέλθει στις νέες προκλήσεις που θέτει η κλιματική αλλαγή.

Μέθοδος Ανάλυσης

Η παρούσα ερευνητική εργασία επιχειρεί να απαντήσει στα παραπάνω ερευνητικά ερωτήματα μέσα από δευτερογενή έρευνα και ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας η οποία είναι δημοσιευμένη μεταξύ του 2004 και 2022. Οι πηγές περιλαμβάνουν ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων που ήταν οι Scopus, Science Direct και Google Scholar και ακαδημαϊκές δημοσιεύσεις με έμφαση σε περιοδικά όπως τα Safety Science, Risk Analysis, διεθνή και ευρωπαϊκά κείμενα από οργανισμούς που εμπλέκονται στην ανθεκτικότητα και τις μεταβάσεις στην κλιματική αλλαγή, όπως της Ομοσπονδιακής Υπηρεσίας Διαχείρισης Καταστάσεων Έκτακτης Ανάγκης των Η.Π.Α. (Federal Emergency Management Agency, FEMA) και το The Resilient Design Institute. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση δεν αποτελεί μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση όλης της βιβλιογραφίας που σχετίζεται με το κλίμα και την αλλαγή του, την διαχείριση κινδύνων και την ανθεκτικότητα, αλλά επικεντρώνεται σε συγκεκριμένους στόχους που είναι η παρότρυνση για την ανάπτυξη ενός πλαισίου ενίσχυσης της ανθεκτικότητας των κατασκευών έναντι της κλιματικής αλλαγής με σκοπό την καλύτερη διαχείριση των πιθανών κινδύνων και επιπτώσεων. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής αναφέρονται εκτεταμένα στην έκθεση EU-CIRCLE το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα για την Προστασία Υποδομών Ζωτικής Σημασίας (Οδηγία 2008/114/EK). Η παρούσα έρευνα αξιολογεί επίσης τα υπάρχοντα πλαίσια ανθεκτικότητας μέσω μιας συστηματικής ανασκόπησης της βιβλιογραφίας προκειμένου να προτείνει τη μορφή και τα πιθανά στοιχεία του πλαισίου ανθεκτικότητας.

Κεφάλαιο 1

Ανάλυση της σημασίας της ανθεκτικότητας για τον ανθεκτικό σχεδιασμό.

1.1. Φυσικές Καταστροφές.

Οι δύο πρώτες δεκαετίες του 21ου αιώνα έχουν βιώσει αρκετά ακραία καιρικά φαινόμενα όπως ο τυφώνας Sandy (2012) (Σχήμα 1.1), οι ισχυρές πλημμύρες στην Ταϊλάνδη (2011), ο τυφώνας Harvey (2017), οι πυρκαγιές στην Πορτογαλία, την Ισπανία και την Καλιφόρνια (2017) κ.λπ. Τα γεγονότα αυτά έχουν συχνά εκτεταμένες επιπτώσεις στην λειτουργία της κοινωνίας, συμπεριλαμβανομένης της καταστροφής των υποδομών ζωτικής σημασίας, όπως η ενέργεια, οι μεταφορές, τα δίκτυα τηλεπικοινωνιών και ύδατος, με αποτέλεσμα την εμφάνιση τόσο άμεσων όσο και έμμεσων οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών απωλειών (Shakou et al. 2019);(Δ.Α. Ασημακόπουλος et al. 2011).



Σχήμα 1.1 Πλημμυρισμένοι δρόμοι της Νέας Υόρκης κατά τη διάρκεια του τυφώνα Sandy, τον Οκτώβριο του 2012. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ BEBETO MATTHEWS, AP PHOTO(TIM FOLGER 2013)

Στον ίδιο αιώνα έχουν καταγραφεί μερικές από τις χειρότερες φυσικές καταστροφές όλων των εποχών. Ο σεισμός στην Αϊτή το 2010, στην Ιαπωνία το 2011 και την Ινδονησία το 2004, αποτελούν τους σημαντικότερους τόσο ως προς το μέγεθός τους, όσο και ως προς τον αριθμό των θυμάτων, ενώ οι δύο τελευταίοι προκάλεσαν και τσουνάμι με από

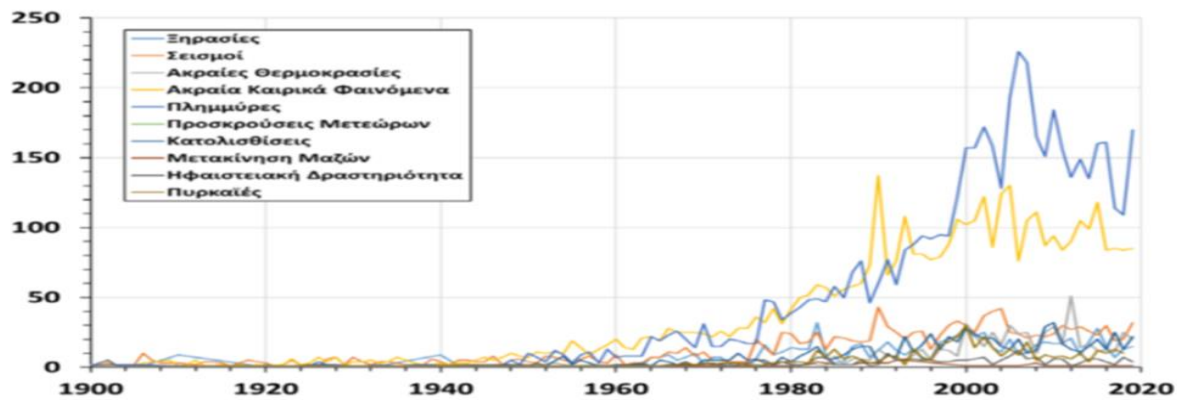
τέλεσμα να αυξηθεί σημαντικά ο αριθμός των θυμάτων και των υλικών ζημιών. Το κύμα καύσωνα που έπληξε την Ευρώπη το 2003 ήταν το θερμότερο από αυτόν του 1540. Η έκρηξη του ηφαιστείου Eyjafjallajökull στην Ισλανδία προκάλεσε τη μεγαλύτερη διακοπή πτήσεων μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, αναγκάζοντας 20 χώρες να ακυρώσουν τις πτήσεις τους. Οι πυρκαγιές στη Victoria της Αυστραλίας το 2009 και τη Δυτική Αττική το 2018 θεωρούνται ως οι φονικότερες του 21^{ου}, ενώ η πρόσφατη υγειονομική κρίση της πανδημίας της νόσου Covid19, αποτέλεσαν επείγουσα πρόκληση για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη, την Υγεία και τη διατήρηση υγιεινών συνθηκών διαβίωσης για όλους.

Σύμφωνα με το σχήμα 1.2 του Εργαστήριου Χαρτογραφίας και Γεωπληροφορικής του Τμήματος Γεωγραφίας διαπιστώνεται ότι η Ελλάδα συμμετέχει ενεργά και με μεγάλο



Σχήμα 1.2 Μεγάλης κλίμακας φυσικών καταστροφών στην Ελλάδα(Εργαστήριο Χαρτογραφίας και Γεωπληροφορικής του Τμήματος Γεωγραφίας 2004)

ποσοστό στο παγκόσμιο χάρτη των καταστροφών. Συμπεράσματα για την ραγδαία αλλαγή των φυσικών καταστροφών εξάγονται και από τα παρακάτω διαγράμματα. Ποιο συγκεκριμένα, στο σχήμα 1.3 παρουσιάζεται ο αριθμός των καταγεγραμμένων φυσικών καταστροφών μεγάλης κλίμακας από το 1900 έως σήμερα



Σχήμα 1.3 Αριθμός καταγεγραμμένων μεγάλης κλίμακας φυσικών καταστροφών ανά τύπο (Hannah Ritchie and Max Roser 2021)

Στο σχήμα 1.4, παρουσιάζεται αθροιστικά ο συνολικός αριθμός φυσικών καταστροφών για την ίδια περίοδο.



Σχήμα 1.4 Συνολικός αριθμός καταγεγραμμένων μεγάλης κλίμακας φυσικών καταστροφών (Hannah Ritchie and Max Roser 2021)

Από τα διαγράμματα διαπιστώνεται η εκθετική αύξηση των φυσικών καταστροφών με το πέρασ των χρόνων, καθιστώντας έτσι την ανάγκη για εφαρμογή ενός ολιστικού τρόπου σχεδιασμού των τεχνικών έργων προκειμένου να θωρακίζουν μια κοινωνία από μια φυσική καταστροφή η οποία θα επιφέρει πολλαπλούς κινδύνους στις κατασκευές (Hannah Ritchie and Max Roser 2021).

1.2. Έννοιες Ανθεκτικότητα Βιωσιμότητα Τρωτότητα.

Τα κτίρια αποτελούν επενδύσεις, με υψηλό αρχικό κόστος για έναν χρήστη και με προοπτική μεγάλης διάρκειας ζωής. Έτσι λοιπόν ένας χρήστης ενός κτιρίου θα πρέπει να

πληρώσει κάποια αρχική δαπάνη για την κατασκευή του, ενώ θα πρέπει να συνεχίσει να πληρώνει δαπάνες για κάθε αστοχία στον σχεδιασμό του, αστοχίες τόσο σε τομείς που αφορούν την ενεργειακή απόδοση του όσο και την αντοχή του στον χρόνο και στις εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Σύμφωνα με την επιτροπή μελέτης επιπτώσεων κλιματικής αλλαγής στο δομημένο περιβάλλον της τράπεζας Ελλάδος αναφέρεται ότι «*τα ελληνικά κτίρια παρουσιάζουν υψηλή ενεργειακή κατανάλωση. Σύμφωνα με την Eurostat και το ευρωπαϊκό κέντρο Περιβάλλοντος, τα ελληνικά νοικοκυριά παρουσιάζουν, με κλιματική ανάγωση, την μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση στην Ευρώπη, περίπου 30% μεγαλύτερη από αυτή της Ισπανίας και περίπου διπλάσια από την κατανάλωση της Πορτογαλίας, ενώ είναι σημαντικά μεγαλύτερη από χώρες με ψυχρότερο κλίμα όπως το Βέλγιο και οι Σκανδιναβικές χώρες*». (Δ.Α. Ασημακόπουλος et al. 2011);(Μιλτιάδης Λάζογλου 2022). Σύμφωνα και με τον καθηγητή Γρηγόριο Καυκαλά στο σύγγραμμα του «Βιώσιμες πόλεις: Προσαρμογή και ανθεκτικότητα σε περιόδους κρίσεις» η έννοια της Ανθεκτικότητας συνδέεται με έννοιες όπως τρωτότητα προσαρμοστικότητα βιωσιμότητα και αειφορία ενώ επισήμανε ότι η βιωσιμότητα η προσαρμοστικότητα και η ανθεκτικότητα είναι έννοιες με κοινά αλλά και διαφορετικά νοήματα και συνιστώσες. Έτσι ένα κτίριο θα πρέπει να είναι ανθεκτικό και βιώσιμο στο χρόνο, ώστε να είναι προσιτό και να προσφέρει μειωμένο ενεργειακό αποτύπωμα.(Βιτοπούλου et al. 2015)

1.3. Τρωτότητα στα πλαίσια των κατασκευών

Ο όρος Τρωτότητα «vulnerability», ορίζεται ως αντώνυμο της ανθεκτικότητας και αποτελεί όρο της αντισεισμικής μηχανικής με ποσοτική προσέγγιση για να δείξει το βαθμό βλάβης που θα υποστεί η περιμένουμε να υποστεί ένα δομικό στοιχείο ή ένα σύνολο στοιχείων από ένα σεισμό ορισμένου μεγέθους (Μιλτιάδης Λάζογλου 2022). Σύμφωνα με την παρ. 1.3.2. του Ευρωκώδικα 8 «*Τρωτότητα είναι η πιθανότητα μια κατασκευή να υποστεί ένα συγκεκριμένο επίπεδο βλάβης υπό ένα δεδομένο επίπεδο σεισμικών δυνάμεων. Εναλλακτικά, με γενικότερο τρόπο, ορίζεται ως ο βαθμός απωλειών από δεδομένο σεισμό, σε συγκεκριμένα στοιχεία της σεισμικής διακινδύνευσης ή στο σύνολο τέτοιων στοιχείων*». Η τρωτότητα αποτελεί δυσνόητη έννοια, ωστόσο μπορεί να εκτιμηθεί μέσα από την μελέτη περιπτώσεων καταστροφών και των συνέπειών τους (Μιλτιάδης Λάζογλου 2022);(Σαπουτζάκη and Λανδουλάκη 2015);(Roetman and Daniels 2011).

1.4. Βιωσιμότητα στα πλαίσια των κατασκευών

Η προστασία του περιβάλλοντος και η μέριμνα για το μέλλον επιβάλλεται και δύναται να βρεθούν τρόποι για να γίνει συναρπαστική. Ο κατασκευαστικός κλάδος, μέσω της

αποκόμισης κέρδους από τους φυσικούς πόρους και τις συναφείς εκροές του (κτίρια, υποδομές και απόβλητα), συνδέεται με τις πτυχές της αειφορίας (Roetman and Daniels 2011);(Μιλτιάδης Λάζογλου 2022);(Βιτοπούλου et al. 2015).

Τα κτίρια χαρακτηρίζονται ως μερικοί από τους μεγαλύτερους καταναλωτές και ρυπογόνες μονάδες του πλανήτη. Ωστόσο, η γένεση του περιβαλλοντικού σχεδιασμού και η βιωσιμότητα, στο πλαίσιο της σύγχρονης σημασίας του, όπως φαίνεται στην παρούσα εργασία, δεν στοχεύει στους τρόπους για την μείωση της αρνητικής πίεσης στο περιβάλλον, αλλά περισσότερο στην τάση διασφάλισης της συνεχούς παροχής πόρων προς την κτιριακή κατασκευή για να εξασφαλιστεί η λειτουργικότητά του τόσο κατά την διάρκεια αλλά και μετά από μια καταστροφή (Kosanović et al. 2018);(Shakou et al. 2019);(Saja Kosanović, Nevena Novaković, and Alenka Fikfak 2018).

Η βιωσιμότητα των κατασκευών αναφέρεται στο κείμενο της Agenda '21, ένα μη δεσμευτικό σχέδιο δράσης των Ηνωμένων Εθνών όσον αφορά στη βιώσιμη ανάπτυξη. Η βιωσιμότητα των κατασκευών αφορά κατά συνέπεια στη δημιουργία και στη διαχείριση ενός υγιούς δομημένου περιβάλλοντος, βασισμένου στην ορθολογιστική χρήση των φυσικών πόρων και σε οικολογικές αρχές. Ο όρος βιωσιμότητα στον κατασκευαστικό τομέα αναφέρεται στη δόμηση και επιτυγχάνει να συνδυάσει τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον με την παροχή άνεσης και λειτουργικότητας στο χρήστη και την απόδοση κόστους (United Nations 1992).

Η βιωσιμότητα συνιστά μια έννοια ευρύτερη, ωστόσο είναι στενά συνδεδεμένη με την ανθεκτικότητα. Η βιωσιμότητα μπορεί να προωθηθεί με τρόπους που δεν συνεπάγονται απαραίτητα ανθεκτικότητα: αποστροφή κινδύνου, ανάκαμψη κρίσεων, αυξημένη αποτελεσματικότητα. Η σχέση μεταξύ αυτών των δύο όρων είναι, λοιπόν, θεωρητική και όχι σημασιολογική(Shakou et al. 2019);(Kosanović et al. 2018);(Μιλτιάδης Λάζογλου 2022).

1.5. Είδη Ανθεκτικότητας

Η βιωσιμότητα από μόνη της στις ανθεκτικές κατασκευές δεν αρκεί. Καθώς το κλίμα αλλάζει, αλλάζει και η τοπογραφία. Μερικές από τις μεταβλητές που αλλάζουν είναι η ηλιακή ένταση, η θερμοκρασία, η ταχύτητα του ανέμου, η ξηρασία, η δυσάρεστη ατμόσφαιρα και η στάθμη της θάλασσας. Για την οικοδόμηση βιώσιμων κατασκευών σε έναν κόσμο με μεταβαλλόμενο κλίμα, πρέπει να ενσωματωθεί με την έννοια της ανθεκτικότητας. Η λέξη ανθεκτικότητα προέρχεται από τη λατινική λέξη «resilio» που σημαίνει «επιστροφή».(Rajkovich and Okour 2019).Τα γεγονότα που συνδέονται με την κλιμα

τική αλλαγή, όπως ο τυφώνας Sandy που έπληξε την Νέα Υόρκη καταδεικνύουν την ανεπάρκεια της έννοιας της ανθεκτικότητας από την ορολογία του οικοδομικού τομέα. Φαινόμενα όπως ο τυφώνας Sandy επιβεβαιώνουν τελικά την ύπαρξη της κλιματικής αλλαγής και την ταχεία επιδείνωση της σε ολόκληρο τον πλανήτη. Η ανάπτυξη ενός ολιστικού ορισμού για την ανθεκτικότητα είναι δύσκολη ωστόσο σημαντικές προσπάθειες έχουν γίνει προκειμένου να προσαρμοστεί ο ορισμός στην επιστήμη που το μελετά. Έτσι από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας έχουν εντοπιστεί τέσσερις κύριοι ακαδημαϊκοί τομείς της ανθεκτικότητας: οικολογία, μηχανική, η επιστήμη που ασχολείται με την διαχείριση και μείωση του κινδύνου καταστροφών και οι κοινωνικές επιστήμες. Ενώ οι ορισμοί της ανθεκτικότητας σε όλους τους τομείς επικαλύπτονται, είναι σημαντικό να διερευνηθούν οι διαφορές στον τρόπο με τον οποίο η ανθεκτικότητα πλαισιώνεται σε κάθε μεμονωμένο τομέα. Στην μηχανική ανθεκτικότητα, επισημαίνεται περαιτέρω ο τρόπος με τον οποίο ο κτιριακός τομέας προσδιορίζει την ανθεκτικότητα (Rajkovich and Okour 2019);(Μιλτιάδης Λάζογλου 2022);(Kosanović et al. 2018).

Είναι εύλογο να κατανοηθεί ότι η ανθεκτικότητα είναι μια έννοια που έχει επιλεγεί από διάφορους κλάδους (κυβερνήσεις και φορείς), οι οποίοι έχουν προσαρμόσει την επιστήμη τους στους ορισμούς. Αυτοί οι ορισμοί έχουν ορισμένα κοινά και ενοποιητικά χαρακτηριστικά (π.χ. απορρόφηση μιας διαταραχής, προσαρμογή ανάκαμψη), καθώς και αντικρουόμενα αντιφατικά χαρακτηριστικά (π.χ. επιμονή έναντι μετασχηματισμού) απεικονίζοντας τη δυσκολία εφαρμογής του όρου ανθεκτικότητα (Shakou et al. 2019);(Μιλτιάδης Λάζογλου 2022)

Ο όρος ανθεκτικότητα χρησιμοποιείται συχνά σε συνδυασμό με άλλους όρους όπως π.χ ευπάθεια, προσαρμογή, προσαρμοστική ικανότητα, μετασχηματισμός και ευρωστία. Άλλες πτυχές της ανθεκτικότητας είναι οι όροι προσαρμοστική ικανότητα και «μετασχηματισμός». Η προσαρμοστική ικανότητα αναφέρεται στην ικανότητα ενός συγκεκριμένου συστήματος να αντιμετωπίζει αποτελεσματικά τους κραδασμούς. Δεδομένου ότι ο όρος εφαρμόζεται σε ένα συγκεκριμένο σύστημα, εστιάζεται σιωπηρά σε μικρότερες χρονικές κλίμακες. Η δυνατότητα μετασχηματισμού, από την άλλη πλευρά, αναφέρεται στην ικανότητα ενός συστήματος να αναδιοργανωθεί σε ένα νέο σύστημα όταν δεν μπορεί πλέον να ανταπεξέλθει στην υπάρχουσα μορφή του (Martin-Breen and Anderies 2011);(Μιλτιάδης Λάζογλου 2022)(Shakou et al. 2019).

Μερικές από τις ερμηνείες για τον όρο ανθεκτικότητα ανάλογα την επιστήμη που το μελετά είναι οι εξής :

Οικολογική Ανθεκτικότητα

Ικανότητα ενός οικοσυστήματος να προλαμβάνει να μειώνει και να επανακάμπτει μπροστά σε χρόνιες ή ξαφνικές πιέσεις. Η ικανότητα να αντέχει τους κραδασμούς

και να διατηρεί τη λειτουργία του (Shakou et al. 2019);(Μιλτιάδης Λάζογλου 2022).

Κοινωνική Ανθεκτικότητα

Η Ποσότητα διαταραχών που ένα κοινωνικό σύστημα μπορεί να απορροφήσει και να παραμείνει στην ίδια κατάσταση, Η ικανότητα για αυτοοργάνωση και η ικανότητα οικοδόμησης και προσαρμογής (Shakou et al. 2019);(Μιλτιάδης Λάζογλου 2022).

Ανθεκτικότητα στις Καταστροφές

Η ικανότητα των κοινωνικών μονάδων (π.χ. οργανισμών, κοινοτήτων) να μετριάσουν τους κινδύνους, να περιορίζουν τις επιπτώσεις των καταστροφών όταν συμβαίνουν και να διεξάγουν δραστηριότητες ανάκαμψης με τρόπους που ελαχιστοποιούν την κοινωνική αναστάτωση και μετριάσουν τις επιπτώσεις μελλοντικών καταστροφών (Shakou et al. 2019);(Μιλτιάδης Λάζογλου 2022).

Αστική Ανθεκτικότητα

Η αστική ανθεκτικότητα αναφέρεται στην ικανότητα ενός αστικού συστήματος και όλων των συστατικών του (τεχνικά δίκτυα , περιβάλλον, κτλ), να διατηρηθεί ή να επιστρέψει στις επιθυμητές λειτουργίες ενόψει μιας διαταραχής για παράδειγμα αποβιομηχάνιση , οικονομικές κρίσεις , ανθρωπογενείς κρίσεις , φυσικές καταστροφές , πανδημίες και τελικά να προσαρμοστεί στην αλλαγή (Shakou et al. 2019);(Μιλτιάδης Λάζογλου 2022).

Οργανωτική/Επιχειρηματική Ανθεκτικότητα

Η ανθεκτικότητα της επιχείρησης είναι η ικανότητα να αντέχει σε συστημικές ασυνέχειες και να προσαρμόζεται σε νέα περιβάλλοντα κινδύνου. Ένας ανθεκτικό οργανισμός ευθυγραμμίζει αποτελεσματικά τη στρατηγική, τις λειτουργίες, τα συστήματα διαχείρισης και τις δυνατότητες υποστήριξης αποφάσεων, έτσι ώστε να μπορεί να αποκαλύπτει και να προσαρμόζεται σε συνεχώς μεταβαλλόμενους κινδύνους, να υπομένει διαταραχές στους κύριους οδηγούς κερδών του και να δημιουργεί πλεονεκτήματα έναντι των λιγότερο προσαρμοστικών ανταγωνιστών της (Shakou et al. 2019);(Μιλτιάδης Λάζογλου 2022).

Ανθεκτικότητα της Κοινότητας

Η ικανότητα μιας κοινότητας να προετοιμάζεται στους αναμενόμενους κινδύνους, να προσαρμόζεται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες και να αντέχει ή να ανακάμπτει γρήγορα από τις διαταραχές αυτές (Shakou et al. 2019);(Μιλτιάδης Λάζογλου 2022).

Ανθεκτικότητα Υποδομών

Η ανθεκτικότητα της υποδομής είναι η ικανότητα της να ελαττώνει το μέγεθος και τη διάρκεια της διακοπής μετά από μια μεγάλη διαταραχή . Η ανθεκτικότητα είναι η ικανότητα απορρόφησης, προσαρμογής και γρήγορης ανάκαμψης από ένα δυνητικά ανατρεπτικό συμβάν (Shakou et al. 2019);(Μιλτιάδης Λάζογλου 2022).

Μηχανική Ανθεκτικότητα

Η πιο κοντινή έννοια της ανθεκτικότητας στην ερευνά μας είναι η αυτή της μηχανικής ανθεκτικότητας και αυτήν θα εξετάσουμε όχι αυθαίρετα αλλά λόγω συνάφειας της επιστήμης των κατασκευών με την μηχανική. Η μηχανική ανθεκτικότητα είναι *«η ικανότητα ενός συστήματος να διατηρεί ή να ανακάμπτει σε μια σταθερή κατάσταση, επιτρέποντάς του να συνεχίσει τις λειτουργίες του κατά τη διάρκεια και μετά από μια μεγάλη αστοχία ή παρουσία συνεχών τάσεων. Είναι η ικανότητα να αντέχει μια μεγάλη διαταραχή εντός των αποδεκτών παραμέτρων υποβάθμισης και να ανακτή τη λειτουργικότητα μέσα σε αποδεκτό χρόνο χωρίς σύνθετα κόστη και επιπλέον κινδύνους»*. (Shakou et al. 2019);(Μιλτιάδης Λάζογλου 2022). Για τους μηχανικούς, τα συστήματα έχουν μόνο μία κατάσταση ισορροπίας στην οποία επιστρέφουν μετά από μια τάση ένα σοκ ή μια διαταραχή. Η μηχανική ανθεκτικότητα δίνει έμφαση στην αντίσταση ενός συστήματος στις διαταραχές, στην ταχύτητα επιστροφής σε μια ανθεκτική κατάσταση και στη συνολική του ικανότητα να αναπληρώσει. (Rajkovich and Okour 2019);(Μιλτιάδης Λάζογλου 2022);(Shakou et al. 2019). Η ανθεκτικότητα παραδοσιακά χρησιμοποιείται στο τομέα της επιστήμης υλικών, τομέας που συνεργάζεται με τις θεμελιώδεις επιστήμες της χημείας και της φυσικής προκειμένου να διερευνηθούν οι συμπεριφορές και οι ιδιότητες υλικών. Με το τρόπο αυτό οι μηχανικοί καταλαβαίνουν την συμπεριφορά των υλικών και μπορούν να τα εφαρμόσουν στον κατασκευαστικό τομέα. Σύμφωνα με τους Per Bodin & Bo Wiman (PhDΣυντονιστές Περιβαλλοντικών Στόχων στο Σουηδικό Συμβούλιο) όταν μια εξωτερική δύναμη παρέχεται σε ένα ελαστικό υλικό μια καταπόνηση, το υλικό αλλάζει σχήμα και κάμπτεται η καταπονείται. Εάν η δύναμη πάψει να εφαρμόζεται, το υλικό θα επιστρέψει τελικά στο αρχικό του σχήμα. Για παράδειγμα, αν τοποθετηθεί ένα βάρος σε μια ράβδο, θα λυγίσει ή θα σπάσει και όταν αφαιρεθεί αυτό το βάρος, θα ισιώσει ή θα παραμείνει παραμορφωμένη. Τρεις ερωτήσεις σχετικά με περιπτώσεις αυτής της διαδικασίας σχετίζονται με την ανθεκτικότητα του υλικού. Πρώτον, πόσο κάμπτεται το υλικό σε μια δεδομένη δύναμη; πόσο αντιστέκεται στο να λυγίσει; πόσο γρήγορα θα επιστρέψει το υλικό στο αρχικό του σχήμα; Τέλος, πόση πίεση ή δύναμη μπορεί να υποστεί το υλικό έτσι ώστε να μην σπάσει ή λυγίσει μόνιμα; Υπάρχουν όροι που περιγράφουν καθένα από αυτά τα χαρακτηριστικά της μηχανικής (Bodin and Wiman 2004).

Ο πρώτος όρος είναι η παραμόρφωση, το δεύτερο το μέτρο ελαστικότητας ενώ το τελευταίο περιγράφει την αντοχή του υλικού. Η αύξηση ενός ή και των τριών από αυτά αυξάνει την ανθεκτικότητα του υλικού στο στρες. Ωστόσο, ο γενικός όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τον συνδυασμό αυτών των ιδιοτήτων στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν είναι γενικά η ανθεκτικότητα, αλλά μάλλον η σταθερότητα. Αυτό καταδεικνύει ότι η σταθερότητα σχετίζεται στενά με την έννοια

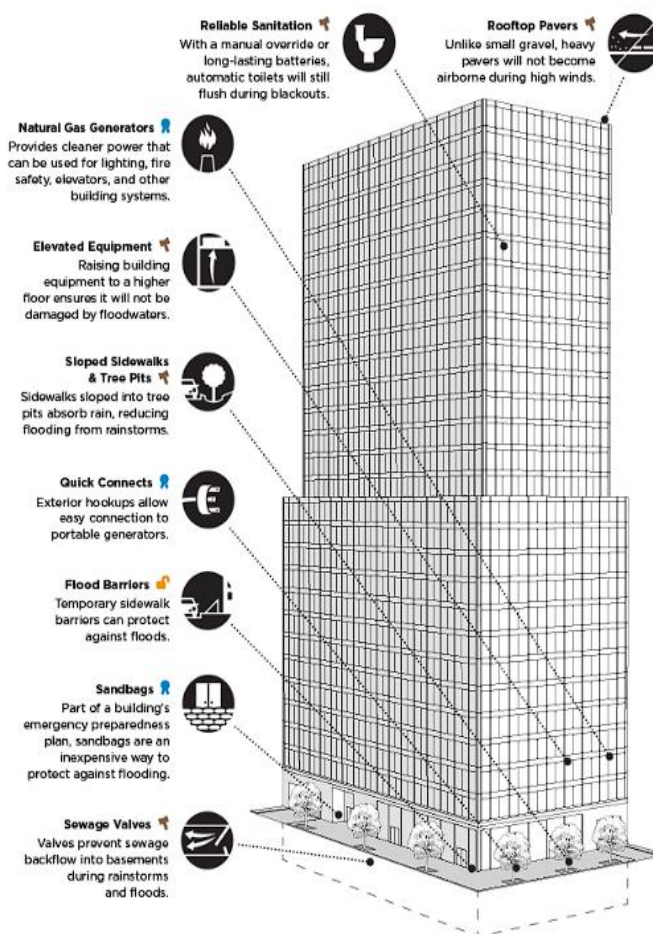
της ανθεκτικότητας: κάτι είναι ανθεκτικό εάν μπορεί να αντισταθεί σε εξωτερικές δυνάμεις, κραδασμούς και διαταραχές και μπορεί γρήγορα να επιστρέψει στην κανονική του κατάσταση.(Martin-Breen and Anderies 2011) .Στο δομημένο περιβάλλον, η έννοια της ανάκαμψης ή η μηχανική ανθεκτικότητα, αναφέρεται σε πολλά κυβερνητικά έγγραφα που εμπλέκονται με τις φυσικές καταστροφές. Για παράδειγμα, το Υπουργείο Εσωτερικής Ασφάλειας των Η.Π.Α. όρισε την ανθεκτικότητα ως «την ικανότητα προσαρμογής στις μεταβαλλόμενες συνθήκες και αντοχής και γρήγορης ανάκαμψης από διαταραχές λόγω μιας έκτακτης ανάγκης».(Rajkovich and Okour 2019) .Όπως διαπιστώνεται από τα παραπάνω, ο όρος «ανθεκτικότητα» έχει άμεση συνάφεια με την μηχανική και εμφανίζεται επίσης συχνά με τους συναφείς όρους την βιωσιμότητα, την ευπάθεια και την ευρωστία.(Martin-Breen and Anderies 2011) Είναι κατανοητό ότι για να επιτευχθεί ο σχεδιασμός ενός κτιρίου θα πρέπει να ενσωματωθούν και τα δυο χαρακτηριστικά τόσο η βιωσιμότητα όσο και η ανθεκτικότητα. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ένα σύστημα θα πρέπει να είναι βιώσιμο, να έχει περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά καθώς και μεγάλη αντοχή και διάρκεια, διαφορετικά είναι εγγενώς μη βιώσιμο.(Βιτοπούλου et al. 2015). Σύμφωνα με τους (Phillips et al. 2017) ο όρος βιωσιμότητα δε θα είχε λόγο ύπαρξης εάν μια κατασκευή δεν παρουσίαζε επαρκή ανθεκτικότητα έναντι των φυσικών κινδύνων (πχ ανάπτυξη κατασκευής σε ζώνη με εδάφη επικίνδυνα για ρευστοποίηση). (Phillips et al. 2017);(Kosanović et al. 2018);(Βιτοπούλου et al. 2015);(Gencturk, Hossain, and Lahourpour 2016)

Κεφάλαιο 2.

Φορείς διαμόρφωσης κι εφαρμογής του ανθεκτικού σχεδιασμού στον κατασκευαστικό τομέα.

2.1. Στρατηγικές για τον σχεδιασμό ανθεκτικών κτιρίων σύμφωνα με το Resilient Design Institute.

Τόσο η έννοια της βιωσιμότητας όσο και της ανθεκτικότητας είναι χαρακτηριστικά για ένα επιτυχημένο σχεδιασμό. Η έννοια της βιωσιμότητας συνδέεται με τα περιβαλλοντικά οφέλη που θα αποκομίσουμε κατά το σχεδιασμό ενώ η ανθεκτικότητα με την προσαρμοστικότητα του κτιρίου στις επιδράσεις πιέσεις και διαταραχές που του ασκούνται έτσι ώστε να δομηθούν βιώσιμα κτίρια (Σχήμα 2.1) αλλά και ανθεκτικά, με μεγάλη αντοχή και διάρκεια (Phillips et al. 2017). Οι (Gencturk, Hossain, and Lahourpou 2016) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι, «για ένα κτίριο που είναι κατασκευασμένο σε μια επικίνδυνη ζώνη, δεν μπορεί κανείς να μιλήσει για βιωσιμότητα εάν η κατασκευή αυτή δεν παρουσιάζει επαρκή ανθεκτικότητα έναντι των φυσικών κινδύνων».

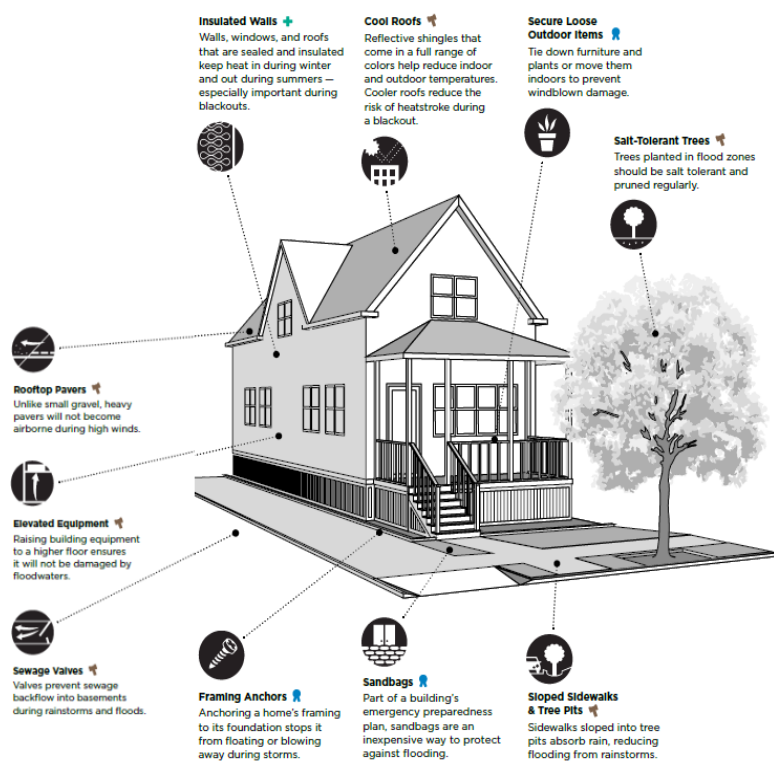


Σχήμα 2.1 Κτίριο σχεδιασμένο Ανθεκτικά (MICHAEL BLOOMBERG and Christine Quinn 2013)

Το 2010 ο Federal Emergency Management Agency FEMA εξέδωσε τον κανονισμό «P-798 Natural Hazards and Sustainability for Residential Buildings» έτσι ώστε να δια

τηρηθούν και να βελτιωθούν οι αντιστάσεις των κτιρίων απέναντι στους φυσικούς κινδύνους ενσωματώνοντας πρακτικές πράσινων κτιρίων. Ο κανονισμός αυτός ορίζει τον αειφόρο σχεδιασμό κτιρίων ως «ένα σχέδιο κτιρίου που αντιμετωπίζει θεμελιώδεις αρχές βιωσιμότητας βελτιστοποιώντας τη χρήση γης, υλικών, ενέργειας και νερού για την ανθρώπινη κατοίκηση και την υγεία του οικοσυστήματος, ενώ παράλληλα λαμβάνει υπόψη την ικανότητα του κτιρίου να αντιστέκεται σε φυσικούς κινδύνους».(Line, Kapur, and Passman 2011);(Kosanović et al. 2018)

Το Ινστιτούτο Ανθεκτικού Σχεδιασμού (Resilient Design Institute) που είναι ένας εθνικός μη κερδοσκοπικός οργανισμός με έδρα τις Η.Π.Α., αφιερωμένος στην προώθηση του ανθεκτικού σχεδιασμού στα κτίρια και τις κοινότητες, δημιουργεί λύσεις που επιτρέπουν στα κτίρια και τις κοινότητες να επιβιώσουν και να ευδοκιμήσουν ενόψει της κλιματικής αλλαγής, των φυσικών καταστροφών (Σχήμα 2.2) και άλλων διαταραχών. Σε συνεργασία με τη Mary Ann Lazarus FAIA της MAléco στο St. Louis, την Candace Pearson της BuildingGreen στο Brattleboro και την Wood Group στο Πόρτλαντ του Μέν, εξέδωσαν μια έκθεση με κατευ-



Σχήμα 2.2 Σπίτι σχεδιασμένο ανθεκτικά (MICHAEL BLOOMBERG and Christine Quinn 2013)

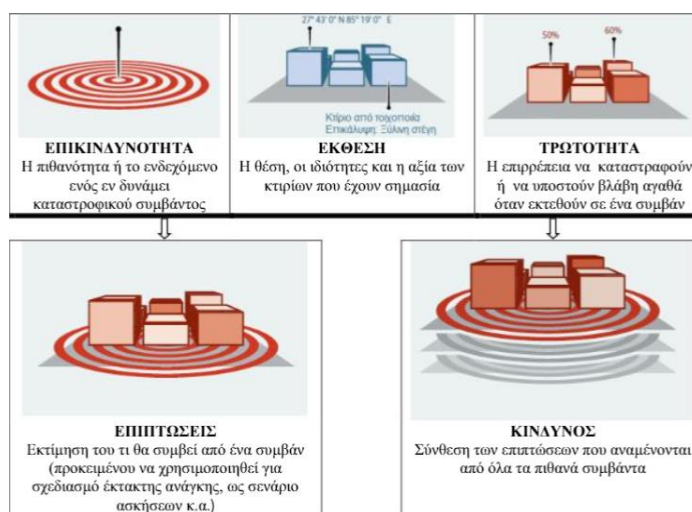
θυντήριες οδηγίες Ανθεκτικού Σχεδιασμού (Resilient Design Guidelines) στην Ουάσιγκτον. Η μελέτη με τις κατευθυντήριες γραμμές ολοκληρώθηκε το 2020, αυτές αναπτύχθηκαν για το Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος της Ουάσιγκτον ως μέρος του προγράμματος (Climate Ready DC), σε συνέχεια της έρευνας που είχε εκδοθεί το 2013 και είχε τίτλο «Building Resilience in Boston “Best Practices” for Climate Change Adaptation and Resilience for Existing Buildings». Το πεδίο εφαρμογής αυτής της έκθεσης περιλαμβάνει μια ανασκόπηση εθνικών και διεθνών προγραμμάτων, πρωτοβουλιών και δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τη βελτίωση της ανθεκτικότητας

των υφιστάμενων κτιρίων στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Η έκθεση αρχικά κατηγοριοποίησε τις στρατηγικές ανάλογα με το τμήμα του κτιρίου που ήταν το επίκεντρο της βελτίωσης: 1) Κτιριακή δομή. 2) Περιβάλημα κτιρίου 3) Συστήματα Δόμησης 4) Οικοδομικές Λειτουργίες και 5) Άνθρωποι. Μέσα σε αυτές τις γενικές κατηγορίες, οι στρατηγικές ομαδοποιούνται περαιτέρω σε συγκεκριμένα θέματα, όπως για παράδειγμα «Δημιουργία καταφυγίων» ή «Προσδιορισμός ευάλωτων πληθυσμών». Οι περισσότερες στρατηγικές εφαρμόζονται σε όλους τους τύπους κτιρίων, αν και ορισμένες στρατηγικές (όπως σημειώνεται στην περιγραφή) είναι πιο εφαρμόσιμες σε έναν τύπο κτιρίου (όπως κτίρια κατοικιών). Οι περισσότερες στρατηγικές αντιμετωπίζουν πολλαπλούς κινδύνους, αν και ορισμένες στρατηγικές είναι πιο εφαρμόσιμες σε έναν συγκεκριμένο κίνδυνο (όπως πλημμύρες σεισμούς). Σε δεύτερη φάση εφαρμόσε ένα ευρύ φάσμα μέτρων επιδιώκοντας να δημιουργήσει ασφαλέστερα κτίρια και κοινότητες με κατεύθυνση όμως προς τη βιωσιμότητα. Ορισμένα από τα βασικά μετρά - στρατηγικές ανθεκτικότητας και βιωσιμότητας περιγράφονται παρακάτω:

2.1.1. Εκτίμηση της τρωτότητας

Σύμφωνα με τον Resilient Design Guidelines «Πολλές φορές για την εκτίμηση της τρωτότητας μιας περιοχής οι γενικές διαθέσιμες προβλέψεις για την κλιματική αλλαγή μπορεί να μην επαρκούν και να απαιτούν πρόσθετη πληροφορία για την εκτίμηση της τοπικά. Ο σκοπός αυτός μπορεί να επιτευχθεί με την συλλογή πληροφοριών και τοπικών ιστορικών δεδομένων φτάνοντας πολλές φορές σε επίπεδο ανάλυσης τοποθεσίας ή και γειτονιάς όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.3. Οι προβλέψεις για την κλιματική αλλαγή και οι τοπικές ιστορικές ανα-

φορές επιτρέπουν στις αρχές να ελέγξουν το πόσο προετοιμασμένες είναι για να ανταποκριθούν σε παρόμοια μελλοντικά γεγονότα που είναι πιο συχνά ή πιο σοβαρά.». (Μιλτιάδης Λάζογλου 2022); (Roetman and Daniels 2011). Στρατηγικές εκτίμησης της τρωτότητας αποτελούν:



Σχήμα 2.3 Ανάλυση του τρόπου εκτίμησης της τρωτότητας (Σαπουτζάκη and Δανδουλάκη 2015)

- Η συλλογή και ανάλυση δεδομένων σχετικά με τους κινδύνους και γενικότερα την κλιματική αλλαγή.
- Η συλλογή δεδομένων σχετικά με τους τοπικούς κινδύνους, χρησιμοποιώντας τοπικά ιστορικά δεδομένα και προβλέψεις για τις αναμενόμενες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην περιοχή .
- Η χρήση GIS για χαρτογράφηση και εκτίμηση του μεγέθους έκθεσης σε κινδύνους σε διάφορες τοποθεσίες.
- Ανάπτυξη σεναρίων πιθανών κινδύνων που θα μπορούσαν να συμβούν.
- Χρήση GIS για να χαρτογράφηση και καταγραφή των αποτελεσμάτων των σεναρίων.
- Συλλογή δεδομένων κινδύνου και έκθεσης με τρέχοντα συμβάντα. Χρήση GIS για χαρτογράφηση πρόσφατων και ενεργών γεγονότων.
- Οπτικός έλεγχος κτιρίων για πιθανούς σεισμικούς κινδύνους.
- Ανάπτυξη απογραφής κτιρίων που είναι ευάλωτα σε κάθε κίνδυνο. Χρήση GIS για την χαρτογράφηση των κτιρίων ανά τοποθεσία σε σχέση με τους χάρτες κίνδυνου.
- Ενσωμάτωση δεδομένων αναμενόμενων κλιματικών αλλαγών στον κατάλογο των κτιρίων που κινδυνεύουν και αξιολόγηση τους προκειμένου να μελετηθεί η αντοχή τους έναντι πιθανών κινδύνων που μπορεί να εμφανιστούν.
- Αξιολόγηση για πιθανούς θανάτους/τραυματισμούς και απώλειες περιουσίας.
- Χρήση το HAZUS της FEMA (Το πρόγραμμα Hazus παρέχει τυποποιημένα εργαλεία και δεδομένα για την εκτίμηση του κινδύνου από σεισμούς, πλημμύρες, τσουνάμι και τυφώνες. Τα μοντέλα Hazus συνδυάζουν την τεχνογνωσία από πολλούς κλάδους για να δημιουργήσουν πληροφορίες κινδύνου που να μπορούν να ενεργήσουν και αυξήσουν την ανθεκτικότητα της κοινότητας) και άλλων συστημάτων υπολογισμού πιθανών απωλειών. Εντοπισμός Κινδύνων και Εκτίμηση Απωλειών. (“Resilient Design Institute” n.d.);(Emergency Management Agency 2009)

2.1.2. Δημιουργία καταφυγίων

Οι εγκαταστάσεις που ορίζονται ως καταφύγια έχουν την ευθύνη να προστατεύουν τις ζωές όσων καταφεύγουν σε αυτές. Συχνά, υπάρχει γενική έλλειψη κατανόησης των επιπτώσεων των εκτεθειμένων κτιρίων σε κάποιο κίνδυνο που δεν έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν την προστασία για την ασφάλεια της ζωής από συμβάντα όπως για παράδειγμα ενός ακραίου ανεμοστρόβιλου. Μια ποικιλία διαφορετικών τύπων «καταφυγίων»

που χρησιμοποιούνται πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από καταστροφές, παρέχουν διαφορετικά επίπεδα προστασίας όπως για παράδειγμα το Safe Room που φαίνεται στο σχήμα 2.4. Εάν το κτίριο ή η κατασκευή που έχει επιλεγεί για χρήση ως καταφύγιο δεν μπορεί να αντέξει τις επιπτώσεις των ανέμων, των τυφώνων, των σεισμών ή των πυρκαγιών, της ακραίας ζέστης ή των πλημμυρών τα αποτελέσματα μπορεί να είναι καταστροφικά. Έτσι λοιπόν συνιστάται η ανάπτυξη στρατηγικών για την δημιουργία καταφυγίων ανθεκτικών σε κινδύνους

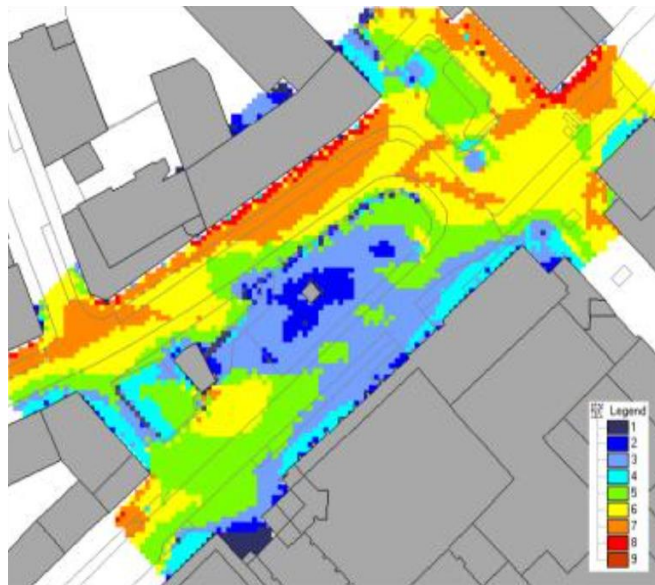


Σχήμα 2.4 Safe Room σε σχολείο που λειτουργεί ως αίθουσα πολλαπλών χρήσεων γυμναστήριο και χώρος συγκεντρώσεις κοινού (Emergency Management Agency 2021)

τόσο εντός όσο και εκτός των κτηρίων με εφαρμογή του κανονισμού της FEMA «Safe Rooms for Tornadoes and Hurricanes. Guidance for Community and Residential Safe Rooms. FEMA P-361» (Emergency Management Agency 2021); (Kosanović et al. 2018).

2.1.3. Μετριασμός της αστικής θερμικής νησίδας.

Οι επιφάνειες με βλάστηση (όπως ο θόλος δέντρων, τα πάρκα και οι χλοοτάπητες) δύναται να βοηθήσουν στη μείωση των επιπτώσεων των τοπικών θερμικών νησίδων στις αστικές περιοχές όπως βλέπουμε και στο σχήμα 2.5.. Η εξατμισοδιαπνοή είναι η διαδικασία με την οποία τα φυτά απελευθερώνουν υγρασία με τη μορφή υδρατμών και η ηλιακή ενέργεια που δαπανάται για την εξατμισοδιαπνοή αντί να θερμαίνει απευθείας τον αέρα μειώνει την αύξηση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα φαινόμενα εξατμισοδιαπνοής και σκίασης μαζί



Σχήμα 2.5 Θερμικός Κίνδυνος εντός της πόλης (Σαπουτζάκη and Δανδουλάκη 2015)

μπορούν να μειώσουν τις θερμοκρασίες του αέρα έως και 9°F. Πρόσφατη ανάλυση δείχνει ότι μια σειρά δέντρων κατά μήκος ενός δρόμου θα μπορούσε να μειώσει τη θερμοκρασία του αέρα κατά αρκετούς βαθμούς (Dimoudi and Nikolopoulou 2003). Για παράδειγμα, οι θερμοκρασίες στα προάστια Ντέιβις, Καλιφόρνια και Σακραμέντο, Καλιφόρνια που διαθέτουν μεγάλα δέντρα ήταν κατά 3-6°F χαμηλότερες από ότι στις περιοχές χωρίς δέντρα και οι προσομοιώσεις προέβλεπαν ότι η αύξηση της κάλυψης των δέντρων κατά 25% στο Σακραμέντο, Καλιφόρνια και Φοίνιξ, Αριζόνα θα μείωνε την θερμοκρασία του αέρα κατά 6-10°F.(Larsen et al. 2011). Η άνοδος της θερμοκρασίας και οι αστικές θερμικές νησίδες αυξάνουν τον κίνδυνο ασθένειας, ακόμη και θανάτου. Οι πιο ευάλωτοι πληθυσμοί είναι οι ηλικιωμένοι, τα μικρά παιδιά και οι κάτοικοι με χαμηλό εισόδημα. Εκτός από τα προβλήματα δημόσιας υγείας, οι αστικές θερμικές νησίδες αυξάνουν τη χρήση ενέργειας και το κόστος καθώς και τα επίπεδα ρύπανσης στις πόλεις, προκαλώντας πρόσθετες ασθένειες. Ένας άλλος τρόπος βελτιώσεων της αστική θερμική νησίδα είναι η δροσερή οροφή, καθώς βοηθά στην αντανάκλαση του ηλιακού φωτός και της θερμότητας μακριά από ένα κτίριο, μειώνοντας τις θερμοκρασίες της οροφής. Η υψηλή θερμική εκπομπή παίζει επίσης ρόλο, ιδιαίτερα σε κλίματα που είναι ζεστά και ηλιόλουστα. Μαζί, αυτές οι ιδιότητες βοηθούν τις στέγες να απορροφούν λιγότερη θερμότητα και να παραμένουν έως και 50– 60°F (28–33°C) πιο δροσερές από τα συμβατικά υλικά κατά τη διάρκεια της αιχμής του καλοκαιριού. Οι ιδιοκτήτες κτιρίων και οι εργολάβοι στέγης εφαρμόζουν δροσερά προϊόντα στέγης για περισσότερα από 20 χρόνια σε εμπορικά, βιομηχανικά και οικιστικά κτίρια. Μπορούν τα προϊόντα αυτά να εγκατασταθούν σε στέγες χαμηλής κλίσης (όπως οι επίπεδες ή με ήπια κλίση στέγες που συνήθως απαντώνται σε εμπορικά, βιομηχανικά κτίρια και γραφεία) ή σε στέγες με απότομη κλίση που χρησιμοποιούνται σε πολλές κατοικίες και κτίρια δημόσια και εμπορικά. Γενικότερα, κάποιες στρατηγικές που εφάρμοσε το Ινστιτούτο Ανθεκτικού Σχεδιασμού (Resilient Design Institute) για την προστασία των υποδομών από την αστική θερμική νησίδα είναι οι παρακάτω :

- Δημιουργία δροσερών επιφανειών εδάφους.
- Χρήση ανοιχτόχρωμου οδοστρώματος (high albedo) ή πλακοστρώσεων που έχουν την ικανότητα να αντανakλούν τα ηλιακά μήκη κύματος. Η επίστρωση με υψηλής περιεκτικότητα σε albedo περιλαμβάνει ανοιχτόχρωμα υλικά και επιφανειακές επεξεργασίες σε υπάρχουσα ασφαλτο και πεζοδρόμιο. Τα συμβατικά ασφαλτικά οδοστρώματα μπορούν να τροποποιηθούν με την προσθήκη υλικών υψηλής περιεκτικότητας albedo ή να υποστούν επεξεργασία μετά την εγκατάσταση για να αυξήσουν την ανάκλαση. Μερικά παραδείγματα πλακοστρώσεων υψηλής albedo περιλαμβάνουν:
 - ο Συμβατικά οδοστρώματα από σκυρόδεμα.
 - ο Πεζοδρόμια με βάση τη ρητίνη που χρησιμοποιούν διαυγή ρητίνη δέντρων αντί για στοιχεία με βάση το πετρέλαιο.

- ο Έγχρωμη άσφαλτος και έγχρωμο σκυρόδεμα που πρόσθεσε χρωστικές ή σφραγίδες για να αυξήσει την ανάκλαση(Larsen et al. 2011);(Solutions et al., n.d.).
- Χρήση διαπερατών πεζοδρομίων χωρίς βλάστηση. Τα διαπερατά πεζοδρόμια επιτρέπουν στο νερό να στραγγίζει μέσω της επιφάνειας στα υποστρώματα και στο έδαφος κάτω. Αυτά περιλαμβάνουν πορώδη άσφαλτο, άσφαλτο με καουτσούκ, διαπερατό σκυρόδεμα και επιστρώσεις από τούβλα ή μπλοκ. Συνήθως χρησιμοποιείται σε περιοχές χαμηλότερης κυκλοφορίας, με κάποια πειραματική χρήση αυτοκινητόδρομου.(US EPA 2008)
- Χρήση διαπερατών από βλάστηση πεζοδρομίων. Τα διαπερατά από βλάστηση πεζοδρόμια περιλαμβάνουν επιστρώσεις χλοοτάπητα και πλέγματα από σκυρόδεμα που επιτρέπουν στο γρασίδι ή άλλη βλάστηση να αναπτυχθεί στα διάκενα τους. Αυτά χρησιμοποιούνται συχνότερα σε περιοχές όπου ο χαμηλότερος όγκος κυκλοφορίας θα ελαχιστοποιούσε τη ζημιά στη βλάστηση, όπως σοκάκια, χώροι στάθμευσης και μονοπάτια.(US EPA 2008)
- Χρήση επιφανειών επι των δρόμων για την βελτίωση την ανακλαστικότητα. Τέτοια παραδείγματα είναι:
 - ο Οι Chip seals αποτελούνται από αδρανή δεσμευμένα σε υγρή άσφαλτο και χρησιμοποιούνται συχνά για την επανεπένδυση ασφαλτικών δρόμων χαμηλού όγκου και μερικές φορές αυτοκινητοδρόμων. Το Whitetopping είναι ένα στρώμα σκυροδέματος πάχους μεγαλύτερου από 4 ίντσες, για την ανακάλυψη τμημάτων δρόμων διασταυρώσεων και χώρων στάθμευσης, το οποίο μπορεί να ενσωματώσει μια ανοιχτόχρωμη επιφάνεια που αντανακλά τα ηλιακά μήκη κύματος.
 - ο Εφαρμογή εξαιρετικής λεπτής επικάλυψης (Ultra-thin whitetopping) είναι παρόμοιο με το whitetopping και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις ίδιες εφαρμογές, αλλά έχει πάχος μόνο 2-4 ίντσες.
 - ο Το Microsurfacing είναι ένα λεπτό στρώμα στεγανοποίησης που χρησιμοποιείται για τη συντήρηση του δρόμου.(US EPA 2008)
- Χρήση δέντρων και θάμνων για σκιά και ψύξη. Τα δέντρα και οι θάμνοι μειώνουν τις επιδράσεις των αστικών θερμικών νησίδων μέσω της εξατμισοδιαπνοής και παρέχουν σκιά. Η αυξανόμενη φυτική κάλυψη παρέχει επίσης σταθερότητα του εδάφους, επιτρέπει την αναπλήρωση των υπόγειων υδάτων και μπορεί να διατηρήσει την υγρασία στον αέρα σε ξηρές περιοχές.(Larsen et al. 2011);(Solutions et al., n.d.)
- Χρήση τεχνικών Cool Roofing: Στέγες χαμηλής κλίσης με βαφές και επιφανειακές επεξεργασίες, ανοιχτόχρωμες μεμβράνες μονής στρώσης ή ανακλαστικές μεμβράνες με απότομη κλίση στέγες: ψυχρά χρωματιστά πλακάκια, δροσερές μεταλλικές στέγες.
- Χρήση τεχνικών Green Roofing: Οι εκτεταμένες (Low Profile/Roof Gardens) είναι επιλογές συνήθως λιγότερο ακριβές με χαμηλές απαιτήσεις σε νερό, χαμηλή συντήρηση και συνήθως δεν είναι προσβάσιμες και ψυχαγωγικές. Οι Intensive (High-

- Profile/Roof Gardens) είναι επιλογές πράσινης οροφής που είναι πιο κοστοβόρες, σχεδιασμένες για σχετικά επίπεδες στέγες και μπορούν να διευκολύνουν την φύτευση δέντρων, τους θάμνων και τα λαχανικών.(Solutions et al. 2013);(Larsen et al. 2011)

2.1.4. Προστασία από βροχοπτώσεις.

Τα συστήματα αποχέτευσης και όμβριων υδάτων των πόλεων είναι ήδη υπερφορτωμένα και οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής περιλαμβάνουν αυξημένες βροχοπτώσεις. Η επιτόπια διαχείριση όμβριων υδάτων θα πρέπει να εξεταστεί για να αυξηθεί η ανθεκτικότητα ενός έργου έναντι των καταιγίδων. Οι στρατηγικές σχεδιασμού που αναπτυχθήκαν για την αντιμετώπιση των καταιγίδων και βροχοπτώσεων ήταν οι παρακάτω:

- Χρήση διαπερατών πεζοδρόμιων. Η χρήση διαπερατών πεζοδρομίων σε χώρους στάθμευσης ενισχύει τη διείσδυση των υπόγειων υδάτων και μειώνει την απορροή των όμβριων υδάτων.
- Χρήση υπόγειων δεξαμενών αποθήκευσης. Οι υπόγειες δεξαμενές αποθήκευσης μπορούν να παρέχουν παροχή νερού έκτακτης ανάγκης και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πότισμα, ενισχύοντας με τον τρόπο αυτό τη διείσδυση των υπόγειων υδάτων.
- Επιβράδυνση της απορροής και ενίσχυση διείσδυσης των υδάτων.

Ωστόσο για την αντιμετώπιση των έντονων βροχοπτώσεων εφαρμόστηκαν οι παρακάτω τεχνικές.

- Δημιουργία λιμνών συγκράτησης και κράτησης .Οι τοπικές λίμνες συλλέγουν τα όμβρια ύδατα από μια τοποθεσία ή καθορισμένη περιοχή για να αποτρέψουν τις πλημμύρες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως προμήθειες νερού έκτακτης ανάγκης



Σχήμα 2.6 Οι πλατείες και τα ανοιχτά χωράφια του Enghaveparken Climate Park στην Κοπεγχάγη της Δανίας είναι αυτήν τη στιγμή ανακαινίζονται για να είναι πλημμυρικοί χώροι κατά τη διάρκεια ακραίων βροχοπτώσεων.(Dc n.d.)

πυροπροστασίας.(Larsen et al. 2011). Παράδειγμα της τεχνικής αυτής εφαρμόστηκε Climate Park στην Κοπεγχάγη της Δανίας ως διακρίνουμε στην Σχήμα 2.6..

- Εκτέλεση τακτικών βελτίωσης και συντήρησης αποχέτευσης. Οι βελτιώσεις και η συντήρηση της αποχέτευσης, όπως η απομάκρυνση ιζημάτων και συντριμμίων, καθώς και η επιθεώρηση και η ανίχνευση αποτρέπουν τις τοπικές πλημμύρες και τις απορρίψεις σε συστήματα όμβριων υδάτων και αποχέτευσης.
- Κατασκευή στοών διείσδυσης και γαλλικές αποχετεύσεις. Τα συστήματα αποχέτευσης θεμελίωσης κτιρίων, όπως στοές διήθησης και γαλλικές αποχετεύσεις, είναι λάκκοι ή τάφροι που είναι γεμάτες με μπάζα ή χαλίκι για να επιτρέπεται η διείσδυση των υπόγειων υδάτων και η μείωση της πίεσης του νερού στους τοίχους θεμελίωσης που οδηγούν σε διαρροές και πιθανή αστοχία.(Larsen et al. 2011)
- Χρήση καναλιών bioswales (κανάλια που έχουν σχεδιαστεί για να συγκεντρώνουν και να μεταφέρουν την απορροή των όμβριων υδάτων ενώ απομακρύνουν τα συντρίμια και τη ρύπανση (Σχήμα 2.7). και άλλα συστήματα δέσμευσης νερού με βλάστηση. Τα φυτικά συστήματα επί τόπου αποτρέπουν τη διάβρωση επιβραδύνοντας τη ροή των όμβριων υδάτων, φιλτράρουν τους ρύπους και προάγουν τη διείσδυση των υπόγειων υδάτων.(Larsen et al. 2011)



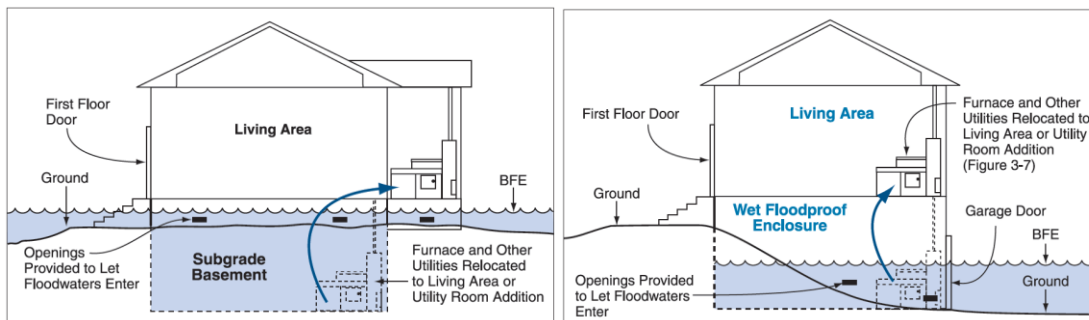
Σχήμα 2.7 Κανάλια που έχουν σχεδιαστεί για να συγκεντρώνουν και να μεταφέρουν την απορροή των όμβριων υδάτων ενώ απομακρύνουν τα συντρίμια και τη ρύπανση(Purvis et al. 2018)

2.1.5. Σχεδιασμός αντιπλημμυρικών κατασκευών – Κτιρίων και επιχειρήσεων

Ένα εφιαλτικό σενάριο σε μια μεγάλη πλημμύρα είναι η είσοδος πλημμυρικών υδάτων στα υπόγεια που μπορεί να ανατρέπουν τις δεξαμενές πετρελαίου θέρμανσης ή άλλων επικίνδυνων ουσιών (Technological Hazard). Το χυμένο πετρέλαιο θέρμανσης ή άλλη επικίνδυνη ουσία αναμεμειγμένα με τα νερά της πλημμύρας και τα ενισχυμένα λύματα είναι μια καταστροφική τραγωδία τόσο για τους ιδιοκτήτες των οικιακών και εμπορικών κτιρίων όσο και για τους ενοικιαστές. Έτσι βρέθηκαν μελετήθηκαν και αναπτύχθηκαν μέθοδοι ικανές να κάνουν τις κατασκευές αντιπλημμυρικές. Τέτοιες μέθοδοι είναι :

- Χρήση του οδηγού(Homeowner's Guide to Retrofitting FEMA) ανακαίνιση οικιακών και εμπορικών κτιρίων για να προστατευτούν από τις πλημμύρες, που περιλαμβάνουν μέτρα ανάλυσης, μέτρα μετριασμού και πηγές χρηματοδότησης.(Emergency Management Agency 2009)

- Ανύψωση της οικιστικής δομής πάνω από το επίπεδο σχεδιασμού πλημμυρών «Design Flood Elevation» ως έργο μετασκευής ή στο σχεδιασμό νέων κτιρίων.
- Διαμόρφωση αντιπλημμυρικού κτιρίου:
 - Η υγρή αντιπλημμυρική προστασία περιλαμβάνει: τη δημιουργία ανοιγμάτων για να διασφαλιστεί ότι τα νερά της πλημμύρας εισέρχονται και εξέρχονται από το κτίριο, γεγονός που αποτρέπει τη δομική αστοχία, τοποθέτηση και στεγανοποίηση της τοποθέτησης του εξοπλισμού τόσο μέσα και έξω από την δομή παράδειγμα όπως στο σχήμα 2.8 .



Σχήμα 2.8 Σπίτι χωρίς αντιπλημμυρική προστασία - Σπίτι Με αντιπλημμυρική προστασία (Emergency Management Agency 2009)

- Η ξηρή αντιπλημμυρική προστασία περιλαμβάνει: σφράγιση των εξωτερικών τοίχων του σπιτιού, καλύπτοντας ανοίγματα κάτω από το επίπεδο πλημμύρας και προστατεύοντας το εσωτερικό του κτιρίου από διαρροή τοποθέτηση και στεγανοποίηση των χώρων εγκατάστασης του εξοπλισμού έξω από την δομή.
- Προστασία του εξοπλισμού συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων HVAC, συστημάτων καυσίμων, ηλεκτρικών συστημάτων, συστημάτων διαχείρισης λυμάτων και συστημάτων πόσιμου νερού από πλημμυρικά νερά μέσω φραγμών ή ανύψωσης του εξοπλισμού.
- Εγκατάσταση βαλβίδων αντεπιστροφής ροής νερού και αντλίες φρεατίου.
- Ασφάλιση εξωτερικά και εσωτερικά αντικείμενα. Τα εξωτερικά αντικείμενα, συμπεριλαμβανομένων των δεξαμενών και των αντικειμένων της αυλής, καθώς και εσωτερικών αντικειμένων, όπως έπιπλα και αποθηκευμένα αντικείμενα, θα πρέπει να ασφαρίζονται για να αποφευχθεί να παρασυρθούν από τα νερά της πλημμύρας και η πρόκληση πρόσθετης ζημιάς. (Solutions et al. 2013); (Emergency Management Agency 2009)

2.1.6. Σχεδιασμός αντιπλημμυρικών κατασκευών – Βιομηχανικά Κτίρια

Οι βιομηχανικές ιδιοκτησίες είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στις ζημιές από τις πλημμύρες

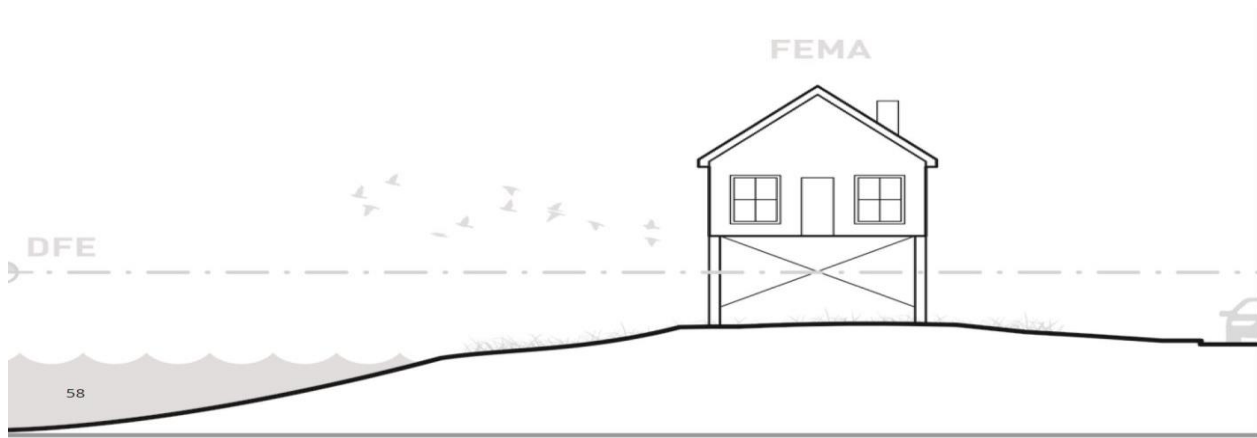
επειδή τείνουν να συγκεντρώνονται σε παράκτιες περιοχές της πόλης. Αυτή η ευπάθεια ενισχύεται καθώς πολλές βιομηχανικές επιχειρήσεις βρίσκονται σε δομές από 1 έως 2 ορόφους και συνήθως αποθηκεύουν ακριβό εξοπλισμό και προϊόντα στο επίπεδο του ισογείου (επίπεδο εδάφους). Για τον σχεδιασμό αντιπλημμυρικών κατασκευών εφαρμόστηκαν οι παρακάτω τεχνικές:

- Προστασία από τα τοξικά υλικά. Όλα τα τοξικά υλικά σε βιομηχανικά κτίρια που βρίσκονται σε πλημμυρικές ζώνες θα πρέπει να αποθηκεύονται σε αντιπλημμυρικό χώρο. (Bloomberg and Quinn, n.d.)
- Ανάπτυξη υδατοστεγής κατασκευή : κλείσιμο και αντιπλημμυρικά μέτρα προστασίας με σφραγιστικά και μεμβράνες.
- Διαμόρφωση αντιπλημμυρικού κτιρίου. Η υγρή αντιπλημμυρική προστασία περιλαμβάνει. Παροχή ανοιγμάτων για την διασφάλιση ότι τα νερά της πλημμύρας εισέρχονται και εξέρχονται από το κτίριο, γεγονός που αποτρέπει τη δομική αστοχία. Τοποθέτηση και στεγανοποίηση της τοποθέτησης του εξοπλισμού τόσο μέσα όσο και έξω από την κτιριακή δομή.
- Η ξηρή αντιπλημμυρική προστασία περιλαμβάνει. Σφράγιση των εξωτερικών τοίχων του κτιρίου, καλύπτοντας ανοίγματα κάτω από το επίπεδο πλημμύρας, προστατεύοντας το εσωτερικό του από διαρροή και στεγανοποίηση των χώρων εγκατάστασης του εξοπλισμού έξω από την κτιριακή δομή.
- Αξιολόγηση για το ενδεχόμενο αντιπλημμυρικής προστασίας πεζοδρομίων ή εξωτερικών χώρων. Εάν ενδείκνυται επί τόπου, χρησιμοποιήστε αντιπλημμυρική προστασία πεζοδρομίων, η οποία συνεπάγεται την προσωρινή εγκατάσταση ξηρών αντιπλημμυρικών σακουλιών με άμμο, πυλών ή περίφραξης γύρω από μια ιδιοκτησία. Αυτά τα εμπόδια μπορεί να παραβιάσουν το δημόσιο δικαίωμα διέλευσης. (Solutions et al. 2013); (Emergency Management Agency 2009)

2.1.7. Σχεδιασμός για την πρόληψη πλημμυρών.

«Πολλά υπάρχοντα κτίρια που βρίσκονται σε πλημμυρικές ζώνες έχουν παρακείμενες διαβαθμίσεις δρόμου με υψόμετρα κάτω από το υψόμετρο πλημμύρας σχεδιασμού. Τα κτίρια έχουν συχνά εξωτερικούς περιμετρικούς τοίχους και πόρτες εξόδου στα όρια ιδιοκτησίας, παρουσιάζοντας σημαντικές προκλήσεις για τους ιδιοκτήτες κτιρίων που επιθυμούν να εφαρμόσουν οικειοθελώς ξηρή αντιπλημμυρική μόνωση (πλημμυρικά φράγματα και/ή θωρακίσεις) γύρω από την περίμετρο του κτιρίου. (Solutions et al. 2013); (Emergency Management Agency 2009). Για την πρόληψη πλημμυρών υιοθετήθηκαν οι ακόλουθες στρατηγικές:

- Αξιολόγηση της ευπάθειας και του κινδύνου λόγω πλημμύρας (Σχήμα 2.9).



Σχήμα 2.9 Αξιολόγηση της ευπάθειας και του κινδύνου λόγω πλημμύρας Υπολογισμός του επιπέδου της πλημμύρας σχεδιασμού (Emergency Management Agency 2009)

- Αξιολόγηση για το ενδεχόμενο αντιπλημμυρικής προστασίας πεζοδρομίων ή εξωτερικών χώρων. Εάν ενδεικνύεται, γίνεται χρήση αντιπλημμυρικής προστασίας πεζοδρομίων, η οποία συνεπάγεται την προσωρινή εγκατάσταση ξηρών αντιπλημμυρικών σακουλιών με άμμο, πυλών ή περίφραξης γύρω από μια ιδιοκτησία. Αυτά τα εμπόδια μπορεί να παραβιάσουν το δημόσιο δικαίωμα διέλευσης.
- Ανάπτυξη αναχωμάτων ή πλημμυρικών τοιχώματα, εάν χρειάζεται. (Solutions et al. 2013); (Emergency Management Agency 2009)
- Ανάπτυξη μαλακής Πράσινης υποδομής. Η πράσινη υποδομή είναι μια τακτική από όπου οι κοινότητες μπορούν να επιλέξουν να διατηρήσουν υγιή νερά, να παρέχουν πολλαπλά περιβαλλοντικά οφέλη και να υποστηρίξουν βιώσιμες κοινότητες. Η πράσινη υποδομή στο δομημένο περιβάλλον παρέχει όχι μόνο διαχείριση όμβριων υδάτων, αλλά και μετριασμό των πλημμυρών, διαχείριση ποιότητας αέρα και πολύ περισσότερο σύμφωνα και την EPA (Green Infrastructure U.S. Environmental Protection Agency /<http://water.epa.gov/infra-structure/greeninfrastructure/index.cfm>)
- Ανάπτυξη χώρων με μαλακό υπόστρωμα ή βιοκαλλιέργειες κατά μήκος των οδών για ενίσχυση της διείσδυσης των υπόγειων υδάτων και μείωση της διάβρωσης.
- Παροχή επιτόπιων λεκανών κατακράτησης και δέσμευσης όμβριων υδάτων, φυσικών και κατασκευασμένων υγροτόπων. Τόσο οι φυσικοί όσο και οι κατασκευασμένοι υγρότοποι συλλέγουν τα όμβρια ύδατα και αποτρέπουν τη διάβρωση κατά τη διάρκεια σοβαρών καταιγίδων. Η βλάστηση του υγροτόπου παρέχει επίσης ψυκτικό αποτέλεσμα μέσω της εξατμισοδιαπνοής. Οι επιτόπιες λίμνες συλλέγουν τα όμβρια ύδατα από μια τοποθεσία ή καθορισμένη περιοχή για να αποτρέψουν τις πλημμύρες και μπο

- ρούν να χρησιμοποιηθούν ως προμήθειες νερού έκτακτης ανάγκης πυροπροστασίας.(Larsen et al. 2011);(Emergency Management Agency 2009);(Solutions et al., n.d.)
- Δημιουργία διαπερατών πεζοδρομίων, δρόμων και επιφανειών για τη μείωση της απορροής και την αύξηση της τροφοδοσίας των υπόγειων υδάτων
- Έρευνα πριν από την ανάπτυξη μιας κατοικίας , σχετικά με περιβαλλοντικά προγράμματα (π.χ. δικαιώματα δουλείας) για να διατηρηθεί η γειτονική ιδιοκτησία κενή.(Solutions et al. 2013);(Emergency Management Agency 2009)

2.1.8. Σχεδιασμός τοπίου ανθεκτικού στις καταστροφές

Η κλιματική αλλαγή, συμπεριλαμβανομένων των αλλαγών στα επίπεδα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας, θα επηρεάσει το σχεδιασμό του τοπίου. Η κλιματική αλλαγή δύναται να μετατοπίσει επίσης τις ζώνες ανθεκτικότητας των φυτών προς τα βόρεια, επηρεάζοντας την επιλογή των φυτών. Με την πάροδο του χρόνου, μπορούν να επηρεαστούν σοβαρά οι καλλιέργειες, τα δημοτικά αποθέματα νερού, οι πόρους αναψυχής και η άγρια ζωή. Εάν οι συνθήκες ξηρασίας εμφανιστούν για πολλά χρόνια, οι άμεσες και έμμεσες οικονομικές επιπτώσεις μπορεί να είναι σημαντικές. Οι υψηλές θερμοκρασίες, οι ισχυροί άνεμοι και η χαμηλή υγρασία μπορούν να επιδεινώσουν τις συνθήκες ξηρασίας και επίσης να κάνουν τις περιοχές πιο ευάλωτες στις πυρκαγιές. Επιπλέον, οι ανθρώπινες ενέργειες και οι απαιτήσεις για υδάτινους πόρους ενδέχεται να επιταχύνουν τις επιπτώσεις που σχετίζονται με την ξηρασία. (Larsen et al. 2011) Η ξηρασία είναι μια περίοδος ασυνήθιστα σταθερού ξηρού καιρού που επιμένει για αρκετό καιρό ώστε να προκαλέσει ελλείψεις στην παροχή νερού (επιφανειακά ή υπόγεια). Οι ξηρασίες είναι κίνδυνοι βραδείας έναρξης. Ιδέες μετριασμού του φαινομένου αναφέρονται στον κανονισμό FEMA (Mitigation Ideas A Resource for Reducing Risk to Natural Hazard) (Baxter et al., n.d.)

2.1.9. Σχεδιασμός για την προστασία από χιόνι και πάγο.

Με την επιδείνωση της κλιματικής αλλαγής αναμένεται επίσης ότι θα υπάρξουν περισσότεροι κύκλοι κατάψυξης, οι οποίοι μπορούν να προκαλέσουν εκτεταμένες ζημιές στις επιφάνειες των δρόμων και να δημιουργήσουν λακκούβες, να δημιουργήσουν φράγματα πάγου στις ταράτσες και να καταστρέψουν δέντρα και φυτά αλλά και να δημιουργήσουν ρωγμές και φθορές σε δομικά στοιχεία των κατασκευών λόγω των μεγάλων αυξομειώσεων θερμοκρασιών. Για την αντιμετώπιση των παραπάνω εφαρμοστήκαν τεχνικές όπως

η προστασία των εισόδων των κτιρίων από μη εποχική παρουσία πάγου λόγω ακανόνι-
στων κύκλων κατάψυξης και απόψυξης, η δημιουργία υπόστεγων ενώ και η εφαρμογή
προσώψεων είναι μετρό προφύλαξης από τέτοια ακραία φαινόμενα.(Solutions et al.
2013);(Baxter et al. 2013)

2.1.10. Σχεδιασμός για την εξασφάλιση σκιάς.

Τα δέντρα και η βλάστηση μειώνουν τις θερμοκρασίες των επιφανειών και του αέρα
παρέχοντας σκιά μέσω της εξατμισοδιαπνοή. Οι σκιασμένες επιφάνειες, για παρά-
δειγμα, μπορεί να είναι 20–45°F (11–25°C) πιο ψυχρές από τις μέγιστες θερμοκρασίες
των μη σκιασμένων υλικών. Η εξατμισοδιαπνοή, μόνη της ή σε συνδυασμό με σκίαση,
μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των θερμοκρασιών κατά 2–9°F (1–5°C). Η εξασφάλιση
της σκιάς σύμφωνα με το Ινστιτούτο Ανθεκτικού Σχεδιασμού (Resilient Design
Institute) επιτυγχάνεται με τους παρακάτω τρόπους

- Εξασφάλιση σκιάσεων στο κτίριο με την φύτευση ξυλώδους βλάστησης και δέντρων.
Προστασία ανατολικά και δυτικά των παράθυρων και τοίχων με ξυλώδη δέντρα.
- Φυτεύσεις δέντρων αρκετά ψηλών για να παρέχουν σκιά διατηρώντας παράλληλα τη
θέα και το αεράκι γύρω από τα παράθυρα.
- Φυτεύσεις δέντρων σε ύψος που επιτρέπει τον ήλιο του χειμώνα να περνάει (σε πιο
δροσερά γεωγραφικά πλάτη). Φυτεύσεις δέντρων σε απόσταση τουλάχιστον 5 έως 10
ποδιών αλλά όχι περισσότερο από 30 έως 50 πόδια μακριά από το κτίριο.
- Σκιασμός των μονάδες κλιματιστικών και άλλου εξοπλισμού ψύξης κτιρίων με δέ-
ντρα, αμπέλια ή θάμνους.
- Δημιουργία σκιερών χώρων στάθμευσης.
- Μείωση Αστικών Νήσων Θερμότητας (Larsen et al. 2011)
- Χρήση θάμνων ή αμπέλια για να την δημιουργία σκίασης σε παράθυρα και τοίχους
σε μέρη που δεν χωράνε δέντρα.(Solutions et al. 2013);(Baxter et al. 2013)

2.1.11. Σχεδιασμός για την μείωση της τρωτότητας των κτιρίων από υψη- λούς ανέμους.

«Οι δυνατοί άνεμοι και τα συντρίμια που πνέουν από τον άνεμο μπορούν εύκολα να
σπάσουν τα απροστάτευτα παράθυρα και στη συνέχεια να εισέλθουν στην κατοικία,
Μόλις μπουν μέσα, ο άνεμος και τα συντρίμια δύναται να προκαλέσουν μεγαλύτερη
ζημιά. Η προστασία της ιδιοκτησίας από ισχυρούς ανέμους μπορεί να περιλαμβάνει μια

ποικιλία ενεργειών, από την επιθεώρηση και τη συντήρηση του κτιρίου έως την εγκατάσταση προστατευτικών συσκευών. Οι περισσότερες από αυτές τις ενέργειες, ειδικά εκείνες που επηρεάζουν το εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου σας, θα πρέπει να εκτελούνται από εξειδικευμένο προσωπικό συντήρησης ή επαγγελματίες εργολάβους που έχουν εξειδίκευση στο συγκεκριμένο αντικείμενο.(Solutions et al. 2013)(Baxter et al. 2013);(Ar. Rey S. Gabitan 2015).

Έτσι σύμφωνα με το Ινστιτούτο Ανθεκτικού Σχεδιασμού (Resilient Design Institute) η μείωση της τρωτότητας των κατασκευών από τους υψηλούς ανέμους επιτυγχάνεται με τους κάτωθι τρόπους:

- Ασφάλιση των εξωτερικών αντικείμενων (δεξαμενές, αντικείμενα αυλής και αποθηκευμένα αντικείμενα).
- Αφαίρεση της βλάστησης από δομές. Αφαίρεση της βλάστησης, συμπεριλαμβανομένων των νεκρών κλαδιών και του υλικού κοντά στο κτίριο ή στο σημείο εισόδου του κτιρίου για τις γραμμές κοινής ωφέλειας και τη μείωση της ζημιάς από τα συντρίμια από τον αέρα
- Σύναψη συμφωνίας με επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας σχετικά με το κλάδεμα γύρω από τα ηλεκτροφόρα καλώδια.
- Φυτεύσεις φυτών με ισχυρά ριζικά συστήματα.
- Προστασία στα παράθυρα, τις πόρτες και τα ανοίγματα από τα φορτία του ανέμου και τα συντρίμια από τον αέρα.
- Ενίσχυση ή αντικατάσταση στις γκαραζόπορτες
- Εγκατάσταση παντζουριών ή άλλα προστατευτικά μέτρα
- Κατασκευή ενός ασφαλούς δωματίου για το σπίτι ή τη μικρή σας επιχείρηση
- Τοποθέτηση μεμβράνης παραθύρου για την αποφυγή τραυματισμών από θρυμματισμένα τζάμια
- Ενίσχυση των συστημάτων τοίχων για φορτία ανέμου και συντρίμια από τον άνεμο.
- Συντήρηση των τοίχων με σύστημα εξωτερικής μόνωσης και φινιρίσματος EIFS (Exterior Insulation Finishing System).
- Εφαρμογή συστημάτων αντοχής στέγης για φορτία ανέμου
- Κατασκευή μονόφυλλων στεγών ή μεταλλικές στέγες
- Αγκύρωση των μονάδων θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού που τοποθετούνται σε οροφή (Solutions et al. 2013);(Ar. Rey S. Gabitan 2015);(Baxter et al. 2013)

2.1.12. Σχεδιασμός για την σταθεροποίηση πλαγιών ευπαθών σε διάβρωση, κατολίσθηση ή πυρκαγιά.

Οι αυξημένες βροχοπτώσεις και τα γεγονότα ξηρασίας θα αυξήσουν την πιθανότητα

διάβρωσης, κατολίσθησης και πυρκαγιάς σε ακίνητα. Η βραχυπρόθεσμη διάβρωση συνήθως προκύπτει από περιοδικά φυσικά γεγονότα, όπως πλημμύρες, τυφώνες, καταιγίδες και ανεμοθύελλες, αλλά μπορεί να ενταθεί από ανθρώπινες δραστηριότητες. Η μακροπρόθεσμη διάβρωση είναι αποτέλεσμα πολυετών επιπτώσεων όπως επαναλαμβανόμενες πλημμύρες, δράση κυμάτων, άνοδος της στάθμης της θάλασσας, απώλεια ιζημάτων, καθίζηση και κλιματική αλλαγή. Οι κατολισθήσεις συμβαίνουν όταν η κλίση ή η σταθερότητα του εδάφους αλλάζει από σταθερή σε ασταθή, η μπορεί να προκληθούν από σεισμούς, καταιγίδες, ηφαιστειακές εκρήξεις, διάβρωση, πυρκαγιά ή πρόσθετες ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Οι πιθανές επιπτώσεις περιλαμβάνουν περιβαλλοντική διαταραχή, ζημιές σε περιουσίες και υποδομές και τραυματισμούς ή θανάτου. Με σκοπό την σταθεροποίηση πλαγιών ευπαθών σε διάβρωση εφαρμόστηκα μια ποικιλία ενεργειών όπως οι παρακάτω :

- Αξιολογήσεις των μεγάλων και απότομων κλίσεων και σήμανση περιοχών υψηλού κινδύνου. Εφαρμογή κατάλληλων τεχνικών σταθεροποίησης θέσης για την αποτροπή της διάβρωσης όπως το σχήμα 2.10 . Σταθεροποίηση εδαφών, τεχνικές κλίσης ή ταξινόμησης, φύτευση βλάστησης σε πλαγιές, αναβαθμίσεις σε πλαγιές λόφων ή τοποθέτηση ογκόλιθων ή γεωφάσματος)



Σχήμα 2.10 Σταθεροποίηση πλαγιών ευπαθών σε διάβρωση (Baxter et al., n.d.)

- Δημιουργία τοίχων αντιστηρίξεως.
- Εφαρμογή συνδυαστικών τεχνικών σκληρής/μαλακής μηχανικής, όπως π.χ (Βράχος , μπάζα, ύφαλοι στρειδιών)
- Ξυλοκατασκευές με βλαστική φύτευση ή άλλες τεχνικές μαλακής σταθεροποίησης.
- Σταθεροποίηση βράχων με αναβαθμίδες ή φυτεύσεις χόρτων ή άλλων φυτών για τη συγκράτηση του εδάφους.

- Απαγόρευση απομάκρυνσης της φυσικής βλάστησης από αμμόλοφους και πλαγιές.
- Φύτευση δέντρων και άλλη βλάστηση στις παράκτιες και παραποτάμιες ζώνες για να βοηθήσει στην εξασθένιση της δύναμης του ανέμου.
- Απορροή των υδάτων σε λεκάνη αλίευσης ή χώρο αποθήκευσης για μείωση της διάβρωσης.
- Καθοδήγηση της ροή του νερού στους αγωγούς αποχέτευσης ή μέσω εγκεκριμένων σημείων εκκένωσης, όπως μια τάφρο αποστράγγισης, ξηρό δοχείο, υδρορροή ή φυσική λίμνη συγκράτησης αποστράγγισης. (Solutions et al. 2013); (Emergency Management Agency 2009); (Deltamembranes 2020)

2.1.13. Σχεδιασμός για την ενίσχυση δομικών στοιχείων για αντοχή σε μεγαλύτερα φορτία.

Το καλοκαίρι του 2013 το SIRR (Ειδική Πρωτοβουλία για την Ανοικοδόμηση και την Ανθεκτικότητα) εκπόνησε μια ολοκληρωμένη έκθεση για την ανοικοδόμηση και την ανθεκτικότητα που εξέτασε τον τρόπο με τον οποίο η Νέα Υόρκη μπορεί να ανοικοδομηθεί ώστε να είναι πιο ανθεκτική στον απόηχο του Sandy. Από την έκθεση προέκυψε πως οι κατασκευές χαμηλού επιπέδου (Εύφλεκτα κτίρια: κατασκευασμένα με ελαφρύτερη κατασκευή με σκελετό ή ξύλινες δοκούς σε τοίχους που φέρουν τοιχοποιία) υπέστησαν τις πιο σοβαρές ζημιές, αντίθετα, οι πολυώροφες κατασκευές, οι οποίες είναι μη εύφλεκτου τύπου κατασκευής (Μη εύφλεκτα κτίρια: κατασκευασμένα από χάλυβα, ή τοιχοποιία και σκυρόδεμα) έτειναν να έχουν λιγότερο σοβαρές δομικές ζημιές (“A STRONGER, MORE RESILIENT NEW YORK,” n.d.)(Moresco et al., n.d.);(Δ.Α. Ασημακόπουλος et al. 2011);(Αναστασιάδης n.d.). Για την βελτίωση /μετατροπή των δομικών στοιχείων του κτιρίου (συνδέσεις, μέλη, συστήματα) για να αντέχουν σε ακραία φορτία ο οργανισμός από την μελέτη εφαρμοστήκαν μέθοδοι όπως οι παρακάτω .

- Εφαρμογή στρατηγικών στήριξης σε κτίρια χωρίς οπλισμό με τοιχοποιία και μη όλκιμο σκυρόδεμα
- Τροποποίηση αετωμάτων και στέγης για αντοχή σε μεγαλύτερα φορτία ανέμου και χιονιού.
- Ενίσχυση του κτιρίου και του σκελετού.
- Ενίσχυση της θεμελίωσης του κτιρίου για την ελαχιστοποίηση των δομικών ζημιών.
- Ανύψωση του κτίσματος πάνω από το επίπεδο κινδύνου.
- Δημιουργία ανοιχτών θεμελιώσεων ή βαθιών θεμελίων.
- Σεισμική Αποκατάσταση Σχολικών Κτιρίων.

- Εφαρμογή του κανονισμού FEMA (Seismic Design of Rigid Wall-Flexible Diaphragm Buildings)(Moresco et al., n.d.);(Αναστασιάδης n.d.)
- Ενίσχυση του συστήματος στέγης για να ελαχιστοποιηθούν οι δομικές και παράπλευρες ζημιές
- Ασφαλείς δομικές και μονόφυλλες στέγες ή μεταλλικές στέγες.
- Κατασκευή καμινάδων από τοιχοποιία πάνω από έξι πόδια πάνω από μια οροφή με συνεχή ενισχυμένο χαλύβδινο βραχίονα.
- Ανύψωση τη δομής πάνω από το υψόμετρο Flood Design.
- Επιχωμάτωση του υπόγειου.
- Ανοικοδόμηση ή ενίσχυση θεμελίωσης για την αντιμετώπιση πλημμυρίδων φορτίων. Παροχή ανοιγμάτων πλημμύρας θεμελίων ή ανοιχτά θεμέλια.
- Ενίσχυση της σύνδεσης μεταξύ ανωδομής και υποδομή και προσθήκη ενισχύσεων έναντι εφελκυστικών δυνάμεων(Solutions et al. 2013);(Αναστασιάδης n.d.)

2.2. Στρατηγικές για τον σχεδιασμό ανθεκτικών κτιρίων σύμφωνα με το Guidelines for Disaster-Resilient Buildings & Structures που εκδόθηκε από των UAP Emergency Architects (UAP-EA)

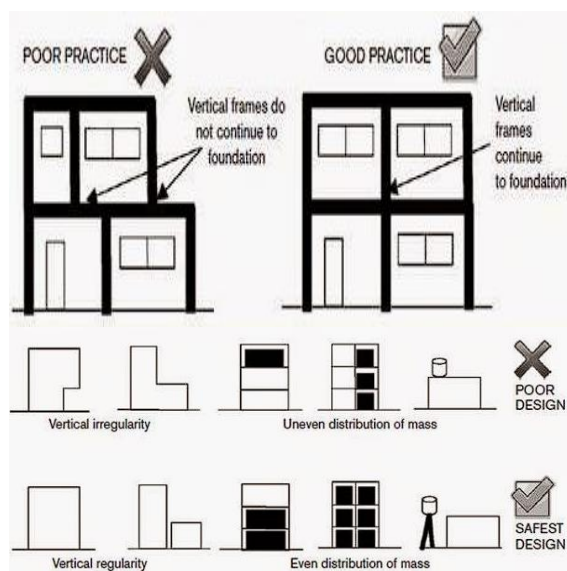
Σύμφωνα με την έκθεση για τους κινδύνους των μεγαλουπόλεων από φυσικές καταστροφές που εκπονείται από το Ινστιτούτο Περιβάλλοντος και Ανθρώπινης Ασφαλείας του ΟΗΕ σε δείγμα 171 χώρων του ΟΗΕ μεσαίου και μεγάλου πληθυσμού βρέθηκε ότι στην κορυφή των πιο «ασφαλών» περιοχών ανήκουν το Κατάρ και η Μάλτα, ενώ στις τελευταίες θέσεις της λίστας βρίσκονται το Βανουάτου, οι Φιλιππίνες και οι Νήσοι Τόνγκα. Οι Φιλιππίνες είναι γενικά επηρεπείς σε κινδύνους σε όλο το φάσμα των φυσικών κινδύνων, όπως σεισμοί, κατολισθήσεις και πλημμύρες λόγω καταιγίδων, ξαφνικών βροχοπτώσεων και ηφαιστειακών εκρήξεων. Σε μια περιοχή που είναι επιρρεπής σε σεισμούς και άλλους σημαντικούς φυσικούς κινδύνους, δεν έχουν σημασία μόνο οι αρχές σχεδιασμού, αλλά και οι αρχές κατασκευής, καθώς το καλύτερα σχεδιασμένο σπίτι που έχει καλυφθεί και βαφτεί, μπορεί να κρύβει σοβαρά δομικά ελαττώματα στην κατασκευή. Αυτά τα ελαττώματα μπορεί να οδηγήσουν σε σοβαρό τραυματισμό ή θάνατο και απώλεια περιουσίας όταν οι δυνάμεις της φύσης χτυπήσουν το σπίτι. Η υψηλή επικινδυνότητα λόγω σφοδρών καταστροφών στην περιοχή των Φιλιππίνων είναι αυτή που ώθησε τον οργανισμό UAP Emergency Architects (UAP-EA) να ψάξουν και να βρουν μετρά έναντι αυτών. Ο UAP Emergency Architects (UAP-EA) αποτελεί τον πολιτικό βραχίονα αντιμετώπισης καταστροφών του United Architects of the Philippines (UAP). Το 2016 σε σεμινάριο που διοργάνωσε με θέμα Building for Resilience, εξέδωσε έκθεση με οδηγίες για τον σχεδιασμό Κτιρίων & Κατασκευών ανθεκτικών έναντι των

Καταστροφών. Οι αρχές αυτής της έκθεσης έχουν σχεδιαστεί για να ελαχιστοποιούν την ευπάθεια σε φυσικούς κινδύνους, έτσι ώστε τα σπίτια να προστατεύουν τους ενοίκους και τα περιουσιακά τους στοιχεία. Τα μετρά - στρατηγικές αυτά κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με την φυσική καταστροφή και αποτελούν έναν κώδικα ελάχιστων προδιαγραφών για την κατασκευή κατοικιών για την εξασφάλιση ποιότητας και βιώσιμου κτιρίου.(Ar. Rey S. Gabitan 2015) Ορισμένα από τα βασικά μετρά - στρατηγικές ανθεκτικότητας και βιωσιμότητας περιγράφονται παρακάτω:

2.2.1. Σχεδιασμός έναντι των τυφώνων και ισχυρών ανέμων.

Η κύρια στρατηγική για την προστασία των κτιρίων από ισχυρούς ανέμους είναι η διατήρηση της ακεραιότητας του κελύφους του κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων των στεγών και των παραθύρων, καθώς και ο σχεδιασμός του κτιρίου ώστε να αντέχει στις αναμενόμενες πλευρικές και ανυψωτικές δυνάμεις. Ακολουθούν ορισμένες στρατηγικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να γίνει το σύστημα κατασκευής πιο ανθεκτικό στις φυσικές καταστροφές :

- **Σχήμα Κτιρίου:** Ο πιο σημαντικός μεμονωμένος παράγοντας για τον καθορισμό της απόδοσης των κτιρίων σε τυφώνες ισχυρούς ανέμους και σεισμούς είναι το σχήμα του κτιρίου (Σχήμα 2.11). Τα απλά, συμπαγή, συμμετρικά σχήματα συμπεριφέρονται καλύτερα στους παραπάνω κινδύνους, ωστόσο το καλύτερο σχήμα για να αντισταθεί στις τάσεις αυτές είναι το τετράγωνο. Η τετράγωνη κάτοψη είναι καλύτερη από το ορθογώνιο, καθώς επιτρέπει στους δυνατούς ανέμους να περιφέρονται γύρω από αυτό. Το ορθογώνιο είναι καλύτερο από το σχέδιο σε σχήμα L. Για ορθογώνια σχήματα, η καλύτερη διάταξη είναι όταν το μήκος δεν είναι μεγαλύτερο από τρεις (3) φορές το πλάτος. Για την εφαρμογή άλλων σχημάτων, θα πρέπει να καταβληθούν προσπάθειες για την ενίσχυση των γωνιών. Εάν χρησιμοποιούνται μακρύτερα σχήματα, πρέπει να είναι σχεδιασμένα να αντέχουν τις δυνάμεις του ανέμου. Για ομάδες κτιρίων, μπορεί να ακολουθηθεί μια διάταξη συγκροτήματος.



Σχήμα 2.11 Κανονικό σχήμα κτιρίου (Ar. Rey S. Gabitan 2015)

- **Μορφή/Σχήμα οροφής:** Χρήση του Hipped Roof -Τετραέριστες στέγες. (Σχήμα 2.12). Αυτός είναι ο ισχυρότερος τύπος με όλες τις πλευρές της οροφής σε κλίση. Οι τετραέριστες στέγες προσφέρουν πολύ λιγότερη αντίσταση στον αέρα από τις στέγες με αέτωμα. Για στέγες δිරριχτες, χρησιμοποιήστε ψηλή κεκλιμένη στέγη. Αποφύγετε τη στέγη με χαμηλή κλίση. Γωνία κλίσης στέγης τουλάχιστον 25°. Η εμπειρία και τα πειράματα έχουν δείξει ότι η οροφή Hipped Roof με την κλίση σε εύρος 25° έως 40° έχει την καλύτερη συμπεριφορά αντίστασης στον αέρα.



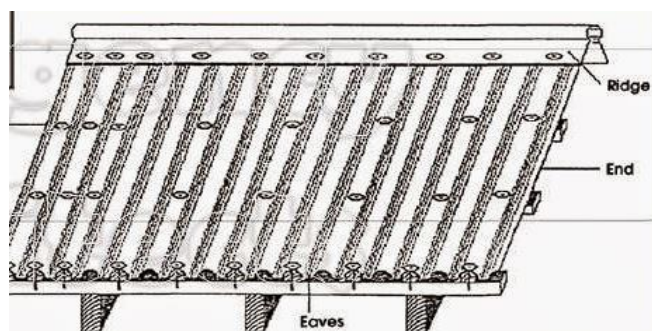
Σχήμα 2.12 Ισχυρότερος τύπος οροφής (Ar. Rey S. Gabitan 2015)

- **Προεξοχές οροφής:** Αποφυγή μεγάλων προεξοχών καθώς η δύναμη του ανέμου συσσωρεύεται κάτω από αυτά (Σχήμα 2.13). Οι μαρκίζες της οροφής μπορούν να περιοριστούν. Οι προεξοχές ή στεγαστρα, θα πρέπει να στερεώνονται με δεσμούς που συγκρατούνται στην κύρια κατασκευή. Οι προεξοχές στέγης για βεράντα, αίθριο, βεράντες και μπαλκόνια θα πρέπει να σχεδιάζονται ως ξεχωριστή κατασκευή και όχι ως επεκτάσεις της κύριας οροφής του κτιρίου. Μπορούν να αποσπαστούν από την κύρια δομή της οροφής χωρίς να καταστρέψουν το υπόλοιπο σπίτι.



Σχήμα 2.13 Προεξοχές οροφής και επιπτώσεις (Ar. Rey S. Gabitan 2015)

- **Φύλλα στέγης:** Κατά το δυνατόν, χρήση φύλλων στέγης με μεγάλο πάχος. Εάν το φύλλο είναι πολύ λεπτό ή υπάρχουν πολύ λίγα εξαρτήματα, τα καρφιά ή οι βίδες μπορεί να σχιστούν μέσα από το φύλλο (Σχήμα 2.14).. Τα φύλλα στέγης συνήθως αποτυγχάνουν στις κορυφογραμμές, στα άκρα των αετωμάτων όπου τα φύλλα τυλίγονται στο πλάι



Σχήμα 2.14 Χαρακτηριστικά στέγης (Ar. Rey S. Gabitan 2015)

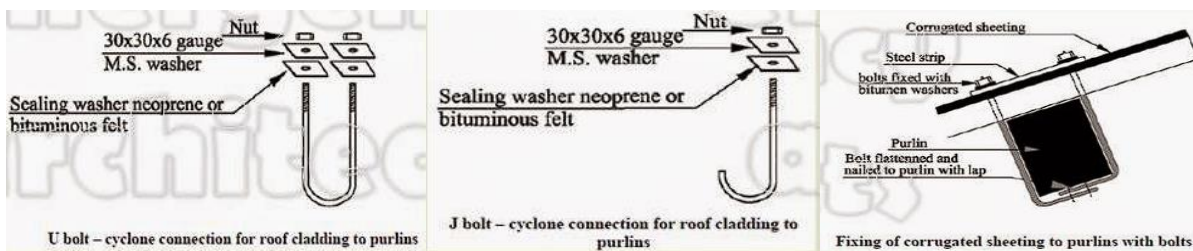
και στις μαρκίζες όπου τα φύλλα ανυψώνονται. Οι βίδες κρατάνε καλύτερα από τα καρφιά και έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν λιγότερες βίδες. Τα φύλλα πρέπει να είναι παχιά διαφορετικά θα σκιστούν. Οι συνδέσεις της επένδυσης/φύλλων στη δοκό πρέπει να σχεδιάζονται για τις αυξημένες δυνάμεις, ειδικά στις γωνίες και τα άκρα της οροφής που θεωρούνται ως ζώνες υψηλότερης αναρρόφησης ανέμου. Η αστοχία

σε οποιαδήποτε από αυτές τις θέσεις θα μπορούσε να οδηγήσει σταδιακά σε πλήρη αστοχία στέγης.

- **Ενισχυμένα ζευκτά :** Τα ζευκτά και τα αετώματα οροφής πρέπει να είναι ενισχυμένα όπως βλέπουμε στο (Σχήμα 2.15). Παρέχεται ένα πιο άκαμπτο σύστημα στερέωσης για το πλαίσιο της οροφής όπως μεταλλικά αγκύρια πρόσδεσης (Hurricane Strap) που δένουν τη δομή της οροφής μέχρι το θεμέλιο. Η παροχή ποικίλων δομικών συνδετήρων μπορούν να μειώσουν δραματικά την ανύψωση που είναι η αιτία της πιο σημαντικής ζημιάς στην οροφή σε τυφώνες (Σχήμα 2.16). Εάν τα δοκάρια δεν είναι ασφαλισμένα, η κορυφογραμμή μπορεί να καταρρεύσει όταν ο δυνατός άνεμος περάσει πάνω από την οροφή. Η κορυφογραμμή μπορεί να ασφαλιστεί με τη χρήση:
 - Ξυλεία που συνδέουν τα δοκάρια. Τοποθέτηση αυτών στο πλάι των δοκών.
 - Ράβδοι - Συνήθως από χάλυβα/κόντρα πλακέ. Αυτό χρησιμοποιείται στην κορυφογραμμή.
 - Μεταλλικά αγκύρια (Hurricane Strap) στο πάνω μέρος των δοκών.



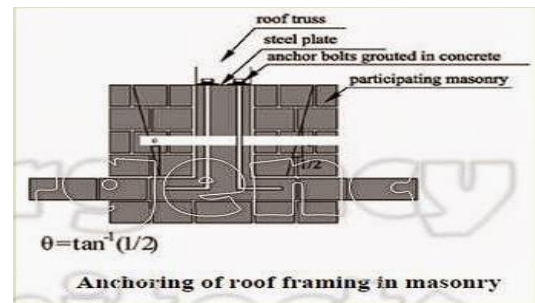
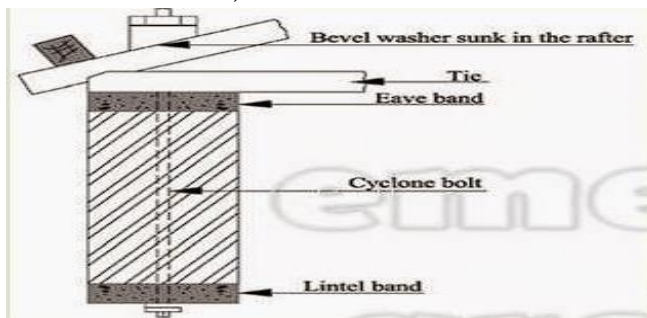
Σχήμα 2.15 Ζευκτά και τα αετώματα οροφής (Ar. Rey S. Gabitan 2015)



Σχήμα 2.16 Τρόποι στερέωσης στέγης (Ar. Rey S. Gabitan 2015)

- **Σύνδεση του σκελετού με κατακόρυφα ανθεκτικά στοιχεία:** Η σύνδεση του σκελετού της οροφής με τα κατακόρυφα ανθεκτικά στα φορτία στοιχεία, π.χ. τοίχο ή στύλο, με την παροχή κατάλληλα σχεδιασμένων μπουλονιών αγκύρωσης και πλακών βάσης είναι εξίσου σημαντική για τη συνολική σταθερότητα της οροφής. Η αγκύρωση του σκελετού της στέγης στον τοίχο τοιχοποιίας θα πρέπει να πραγματοποιείται μέσω μπουλονιών αγκύρωσης ενσωματωμένων σε πυρήνες από σκυρόδεμα. Σε περίπτωση μεγάλων δυνάμεων, οι ράβδοι αγκύρωσης μπορούν να κατέβουν στο επίπεδο της θεμελίωσης με μια δομική διάταξη που θα μπορούσε να εξασφαλίσει τη συμμετοχή του τοίχου πλήρωσης και των εγκάρσιων τοίχων στην αντίσταση ανύψωσης.
- **Πόρτες και παράθυρα:** Η αποφυγή ανοιγμάτων που δεν μπορούν να κλείσουν καλά κατά τη διάρκεια ενός τυφώνα είναι απαραίτητη. Οι πόρτες και τα παράθυρα πρέπει να προστατεύονται με κάλυμμα και/ή με στηρίγματα. Τα παντζούρια

μπορούν να προστατεύσουν τα παράθυρα από τα περισσότερα συντρίμια που φέρνει ο δυνατός άνεμος. Η βελτίωση της προστασίας των ανοιγμάτων εξετάζοντας την προθήκη ανθεκτικών στην κρούση παραθύρων, θυρών, περσίδων κ.λπ., είναι απαραίτητη. Μια εναλλακτική λύση είναι οι υαλοπίνακες να ενισχύονται με επικόλληση λεπτής μεμβράνης ή λωρίδων χαρτιού. Αυτό μπορεί να εισάγει κάποια απόσβεση στα γυάλινα πάνελ και να μειώσει τους κραδασμούς. Μπορεί να γίνει προσφυγή για τη μείωση του μεγέθους του πίνακα σε μικρότερες διαστάσεις. Δεδομένου ότι η αστοχία οποιασδήποτε πόρτας ή παραθύρου στην πλευρά του ανέμου μπορεί να οδηγήσει σε δυσμενείς πιέσεις ανύψωσης κάτω από την οροφή, τα ανοίγματα πρέπει να έχουν ισχυρά συγκρατητικά στοιχεία καθώς και διάταξη κλεισίματος/κλειδώματος. (Ar. Rey S. Gabitan 2015)



Σχήμα 2.17 Τρόποι σύνδεσης με τοίχους η τοιχοποιία (Ar. Rey S. Gabitan 2015)

- **Τοίχοι από τοιχοποιία:** Δεν είναι ασυνήθιστο η μη-οπλισμένη τοιχοποιία να αποτυγχάνει σε σοβαρούς κυκλώνες. Οι τοίχοι που στηρίζονται από δακτυλιοειδείς δοκούς και κολώνες έχουν παραμείνει ασφαλείς. Όλοι οι εξωτερικοί τοίχοι ή τα πάνελ τοίχων πρέπει να είναι σχεδιασμένα ώστε να αντιστέκονται επαρκώς στην πίεση του ανέμου εκτός επιπέδου. Το πλευρικό φορτίο λόγω ανέμου αντιστέκεται τελικά είτε από τοίχους που βρίσκονται παράλληλα, όπως την κατεύθυνση (πλευρικής δύναμης με δράση διατμητικού τοιχώματος), είτε από πλαίσια RC στα οποία πρέπει να στερεωθούν τα τοιχώματα του πάνελ, με τη χρήση κατάλληλης ενίσχυσης, όπως σεισμικές ταινίες στο επίπεδο του ανωφύλλου του παραθύρου (Σχήμα 2.17). (Ar. Rey S. Gabitan 2015) .

2.2.2. Σχεδιασμός έναντι πλημμυρών.

Σε παρατεταμένες, εξαιρετικά έντονες βροχοπτώσεις, το έδαφος μπορεί να κορεσθεί και οι αποχετεύσεις και οι υπόνομοι που παρασύρουν τα επιφανειακά ύδατα μπορεί να μην μπορούν να ανταπεξέλθουν ή μπορεί ακόμη και να φράξουν από συντρίμια ή χαλάζι, με συνέπεια τη πλημμύρα επιφανειακών υδάτων. Οι πλημμύρες των επιφανειακών

υδάτων θα ρέουν κατηφορικά και συγκεντρώνονται σε περιοχές με χαμηλό υψόμετρο, πράγμα που σημαίνει ότι τα σπίτια σε χαμηλές λεκάνες ή στους πρόποδες των πλαγιών ενδέχεται να διατρέχουν ιδιαίτερο κίνδυνο πλημμύρας των επιφανειακών υδάτων. Ακολουθούν ορισμένες μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για να γίνει το σύστημα κατασκευής πιο ανθεκτικό στις πλημμύρες :

- **Τοποθεσία:** Είναι απαραίτητη η αποφυγή, όσο το δυνατόν περισσότερο ,οποιασδήποτε ανάπτυξης υψηλής πυκνότητας σε περιοχές με χαμηλό υψόμετρο (επιρρεπείς σε πλημμύρες). Επιπλέον , είναι απαραίτητο να τηρούνται οι απαιτούμενες δουλειές κατά μήκος των πλευρών των υδάτινων οδών. Η κατοικία που βρίσκεται σε κοίτη ποταμού, κοντά σε τρεχούμενο νερό, είναι πολύ ευάλωτη στις πλημμύρες, λόγω των έντονων βροχοπτώσεων. Τα σπίτια δεν πρέπει να χτίζονται σε τέτοιες εμφανώς ευάλωτες τοποθεσίες, ή εάν είναι, θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να αντιστέκονται στους κινδύνους της τοποθεσίας τους. Αντίθετα θα πρέπει να βρίσκονται μακριά από μέρη που υπόκεινται σε κατολισθήσεις, όπου το έδαφος μπορεί να μετακινηθεί σε απότομη πλαγιά, τα συντρίμια όπου τα χαλίκια και οι βράχοι μπορούν να ξεπλυθούν γρήγορα από έντονες βροχοπτώσεις και πλημμύρες. Το δάπεδο του σπιτιού πρέπει να είναι ανυψωμένο πάνω από τον περιβάλλοντα χώρο, με ιδιαίτερη προσοχή για πιθανές πλημμύρες της περιοχής, είτε από υπόγεια νερά, θαλάσσια καταιγίδα ή από τσουνάμι.(Ar. Rey S. Gabitan 2015)
- **Θεμελίωση:** Πάντα ένας τυφώνας συνοδεύεται από καταρρακτώδη βροχή και παλιρροϊκό κύμα (σε παράκτιες περιοχές) με αποτέλεσμα το φαινόμενο των πλημμυρών στις χαμηλές περιοχές. Το φαινόμενο του παλιρροϊακού κύματος μειώνεται καθώς ταξιδεύει στην ακτή, το οποίο μπορεί να επεκταθεί ακόμη και έως και 10 έως 15 km από τις ακτές. Η πλημμύρα προκαλεί κορεσμό του εδάφους και έτσι επηρεάζει σημαντικά την ασφαλή φέρουσα ικανότητα του εδάφους. Σε περιοχές που είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες, η ασφαλής φέρουσα ικανότητα θα πρέπει να λαμβάνεται ως η μισή αυτής για το ξηρό έδαφος. Κατά τη λήψη απόφασης για το βάθος της θεμελίωσης και τις εργασίες προστασίας γύρω από ένα υπερυψωμένο έδαφος που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό καταφυγίων κυκλώνων ή άλλων κτιρίων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα απορρόφησης λόγω υποχώρησης της παλίρροιας.
- **Κτίριο σε πασσάλους:** Όπου ένα κτίριο κατασκευάζεται σε πασσάλους η μεταλλικές κολώνες, είναι απαραίτητο να είναι σωστά στηριγμένοι και στις δύο κύριες κατευθύνσεις. Αυτό θα παρέχει σταθερότητα σε ολόκληρο το κτίριο υπό πλευρικά φορτία. Τα διαγώνια στηρίγματα θα πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε να μην εμποδίζουν τη διέλευση των επιπλεόντων συντρίμμων κατά τη διάρκεια της καταιγίδας.
- **Ανοίγματα τοίχων/Ανοίγματα παραθύρων:** Τα ανοίγματα ακριβώς κάτω από το επίπεδο της οροφής πρέπει να αποφεύγονται για ανθεκτικότητα στις καταιγίδες,

εκτός από το ότι πρέπει να υπάρχουν δύο μικρές οπές αερισμού χωρίς παντζούρι στους απέναντι τοίχους για να αποφευχθεί η ασφυξία σε περίπτωση που το δωμάτιο γεμίσει με νερό και οι άνθρωποι μπορεί να προσπαθήσουν να σκαρφαλώσουν σε σοφίτες.(Ar. Rey S. Gabitan 2015)

2.2.3. Σχεδιασμός έναντι σεισμικών δράσεων:

Οι σεισμοί συμβαίνουν συχνά και έχουν ευρεία κατανομή σε όλο τον κόσμο σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία. Ισχυροί σεισμοί μπορούν να οδηγήσουν σε μεγάλο αριθμό απωλειών ζωής ή τραυματισμών, καταστροφή περιουσιών και διατάραξη του κοινωνικού ιστού είτε άμεσα ,λόγω της ισχυρής εδαφικής κίνησης και της βλάβης ή αστοχίας των τεχνικών έργων, αλλά και έμμεσα λόγω βλάβης ή αστοχίας των τεχνικών έργων μετά από ρευστοποίηση του εδάφους, πρόκληση τσουνάμι ή πυρκαγιών ή καταστροφών από εκρήξεις / αστοχίες σε κρίσιμα τμήματα βιομηχανικών συστημάτων. Για την μείωση της τραγωδίας των κτιρίων έναντι των σεισμικών δράσεων πάρθηκαν τα παρακάτω μέτρα:

- **Θεμέλιο:** Το χώμα για είναι ένα καλό θεμέλιο που μπορεί να αντέχει το βάρος ενός σπιτιού πρέπει να είναι καλά στραγγισμένο ώστε να είναι στεγνό και να μην έχει νερό. Το βρεγμένο χώμα μπορεί να υγροποιηθεί σε έναν σεισμό – να ρευστοποιηθεί και οι κατασκευές να βυθιστούν στο έδαφος.
- **Κάτοψη/Διαμόρφωση κτιρίου:** Είναι απαραίτητη η διατήρηση της συμμετρίας μιας κατασκευής κατανέμοντας το στοιχείο που αντιστέκεται στη σεισμική δύναμη ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις, κάτι που είναι κρίσιμο για τη μείωση της επίδρασης του σεισμού. Επίσης , είναι χρήσιμη η αποφυγή των μαλακών ορόφων και των ασύμμετρων κατόψεων, που μπορεί να προκαλέσουν στρέψη.
- **Δομικό πλαίσιο:** Το κτίριο χρειάζεται μια συνεκτική δομή για να προστατευτεί ολόκληρο το σπίτι. Σε μια κανονική κατασκευή οι κολώνες και τα δάπεδα είναι όλα ενωμένα μεταξύ τους. Τα προεξέχοντα μέρη του κτιρίου στηρίζονται όλα καλά από συνεχείς κολώνες στα θεμέλια. Ένα πλήρες δομικό πλαίσιο πρέπει να είναι δεμένο στο θεμέλιο, τους τοίχους τα δοκάρια και τη δομή της οροφής. Εφόσον η δομή διαθέτει στέγη ο οπλισμός υποστυλώματος πρέπει να προεξέχει από την κορυφή των υποστυλωμάτων από σκυρόδεμα και να κάμπτεται γύρω από τα ζευκτά στέγης με σκοπό την επίτευξης δομικής αντοχής ή τα ζευκτά στέγης πρέπει να είναι δεμένα με μεταλλικούς δεσμούς στη δομή του τοίχου. Το εκτεθειμένο μέταλλο θα πρέπει να βαφτεί με ανθεκτική βαφή στη σκουριά για να αποφευχθεί η διάβρωση. Τα μεταλλικά ζευκτά στέγης πρέπει να συγκολληθούν μεταξύ τους, σε τεγίδες και στον οπλισμό

- τοίχου για αντοχή. Οι τοίχοι και η οροφή χρειάζονται στήριξη ενάντια στην πλευρική κίνηση. Προκειμένου να αντισταθούν στις πλευρικές δυνάμεις, οι τοίχοι και η δομή της οροφής χρειάζονται εγκάρσια στήριξη σε όλα τα επίπεδα, ιδιαίτερα εάν πρόκειται για ξύλινη κατασκευή.
 - **Βασική αρχή στην κατασκευή παραδοσιακών σπιτιών.** Το υλικό τοίχου πρέπει να δένεται στην κατασκευή του κτιρίου με μεταλλικούς δεσμούς. Οι μεταλλικοί δεσμοί τοίχου πρέπει να γαντζωθούν στο τέλος. Όλα τα ανοίγματα τοίχων πρέπει να δένονται σε υλικό τοίχου.
 - **Για κτίρια με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα με τοίχους.** Η θεμελίωση τα δοκάρια οι πλάκες και οι κολώνες πρέπει να χυτεύονται σύμφωνα με τα πρότυπα .
- **Στέγη :** Τα δοκάρια της στέγης πρέπει να τοποθετούνται πάνω από κολώνες και να δένονται σε αυτά .Οι περισσότεροι σύνδεσμοι ζευκτών στέγης, και ιδιαίτερα οι κεντρικοί, πρέπει να βιδώνονται και όχι να καρφώνονται. Οι αρμοί ζευκτών οροφής 3 ή περισσότερων στοιχείων πρέπει να έχουν μεταλλικό σύνδεσμο που ενώνει κάθε στοιχείο οροφής. Όλα τα ξύλινα μέρη της κατασκευής ενός σπιτιού πρέπει να είναι διασταυρωμένα.(Ar. Rey S. Gabitan 2015)
- **Ανοίγματα Τοιχών/Ανοίγματα Παραθύρων:** Τα ανοίγματα στους φέροντες τοίχους δεν πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση $h/6$ από την εσωτερική γωνία για να παρέχουν πλευρική στήριξη σε εγκάρσιους τοίχους, όπου το 'h' είναι το ύψος του ορόφου μέχρι το επίπεδο της μαρκίζας.(Ar. Rey S. Gabitan 2015)

Κεφάλαιο 3

Case study – Μελέτη Περίπτωσης ανθεκτικών κτιρίων στις Η.Π.Α.

3.1. Spaulding Rehab hospital in Charlestown.

Το **Spaulding Rehabilitation Hospital** στο Charlestown της Μασαχουσέτης (Σχήμα 3.1), που ολοκληρώθηκε τον Απρίλιο του 2013, θέτει έναν υψηλό πήχη για ανθεκτικό σχεδιασμό. Το Spaulding ενσωμάτωσε δεκάδες χαρακτηριστικά που το καθιστούν ένα από τα πιο ανθεκτικά νοσοκομεία των Η.Π.Α. Θεωρείται ένα από τα κορυφαία νοσοκομεία της Αμερικής για την αποκατάσταση επιζώντων εγκεφαλικών επεισοδίων και ατυχημάτων, ιδιαίτερα εκείνων που αφορούν τραυματισμούς νωτιαίου μυελού. Όταν η Partners Health Care, στην οποία ανήκει το Spaulding, ξεκίνησε να κατασκευάζει ένα νέο νοσοκομείο πριν από μια δεκαετία, ήθελαν μια τοποθεσία στο νερό, επειδή οι θαλάσσιες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένου του καγιάκ, αποτελούν βασικό μέρος του προγράμματος απεξάρτησης. Ο τυφώνας Κατρίνα εμφανίστηκε τη στιγμή που ξεκινούσε ο σχεδιασμός για το νοσοκομείο, αλλά η Partners Healthcare παρέμεινε αφοσιωμένη στην παραθαλάσσια τοποθεσία που είχαν βρει στο παλιό Ναυπηγείο της Βοστώνης (μια μολυσμένη περιοχή του φαινομένου πριν τον καθαρισμό), παρά την ευπάθειά της στις πλημμύρες. Πολλά από τα χαρακτηριστικά ανθεκτικότητας του νοσοκομείου εφαρμόστηκαν ως απάντηση στους κινδύνους των καταστροφών. Η προστασία από τις



Σχήμα 3.1 Spaulding Rehab hospital in Charlestown (“World’s Largest Shake Table Tests Wooden 7 Story House | Inhabitat - Green Design, Innovation, Architecture, Green Building” n.d.)

πλημμύρες αποτελεί θεμέλιο λίθο της ανθεκτικότητας του. Το κτίριο ανυψώθηκε υψηλότερα από ό,τι απαιτούσε ο κώδικας. ο πρώτος όροφος είναι 30 ίντσες πάνω από το υψόμετρο σχεδιασμού πλημμύρας των 500 ετών, κρατώντας το νερό έξω ακόμα και με μια καταστροφική πλημμύρα. Η αρχιτέκτονας αναγνώρισε ότι η άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα άλλαζε καθώς και τα υψόμετρα των πλημμυρών τις επόμενες δεκαετίες. Για την πρόσβαση στο υπόγειο γκαράζ στάθμευσης, είναι δυνατή η ανάβαση πάνω από μια ράμπα που βοηθάει να κρατήσει το νερό έξω από το γκαράζ.

Ο πρώτος όροφος του κτιρίου θα μπορούσε να πλημμυρίσει με μικρές μόνο ζημιές, ενώ θα επιτρέψει στους επάνω ορόφους του κτιρίου να παραμείνουν πλήρως κατειλημμένοι και λειτουργικοί. Οι χρήσεις πληρότητας στον πρώτο όροφο, συμπεριλαμβανομένου ενός μεγάλου χώρου για φυσικοθεραπεία, μιας πισίνας, καφετέριας, λόμπι και χώρων συνεδριάσεων της κοινότητας, είναι όλες αρκετά προσωρινές και ο εξοπλισμός μπορεί να αποθηκευτεί χωρίς κίνδυνο πριν από μια μεγάλη καταιγίδα. Για να συμμορφωθεί με αυτόν τον στόχο, η ομάδα Perkins + Will ενσωμάτωσε ορισμένες ριζοσπαστικές στρατηγικές στο κτίριο. Όλα τα μηχανικά τοποθετήθηκαν στην οροφή ή σε ένα ρετιρέ πάνω από τους οκτώ ορόφους του νοσοκομείου. Η κύρια θυρίδα διακοπών της εταιρείας τοποθετήθηκαν στο ρετιρέ και όχι στο έδαφος. Όλα τα παράθυρα του νοσοκομείου έχουν τριπλά τζάμια και ελέγχονται με κλειδί. Μαζί με την ικανότητα να επιβιώνει από πλημμύρες, το Spaulding έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί για να παρέχει καταφύγιο στη θέση που βρίσκεται. Στη Νέα Ορλεάνη όταν χάθηκε το ρεύμα και οι ασθενείς δεν μπορούσαν να εκκενώσουν, οι νοσοκόμες έπρεπε να χρησιμοποιήσουν έπιπλα για να σπάσουν τα παράθυρα για καθαρό αέρα, επειδή οι θερμοκρασίες ανέβηκαν πάνω από 100°F με την απώλεια του κλιματισμού. Τα παράθυρα ελέγχονται με κλειδί και χρησιμοποιούνται μόνο όταν χρειάζεται, αλλά το νοσηλευτικό προσωπικό μπορεί να ξεκλειδώσει τα παράθυρα του ασθενούς για να υπάρξει μια σύνδεση με την ύπαιθρο. Η παθητική επιβίωση και η ικανότητα διατήρησης βιώσιμων συνθηκών σε περίπτωση απώλειας ενέργειας ή καυσίμου θέρμανσης επιτυγχάνεται όχι μόνο με τα λειτουργικά παράθυρα, αλλά και με ένα κέλυφος κτιρίου με υψηλή εξοικονόμηση ενέργειας. Χρησιμοποιούνται τριπλά τζάμια σε όλο το κτίριο και οι τιμές μόνωσης στο κτίριο είναι υψηλότερες από αυτές των τυπικών εγκαταστάσεων υγειονομικής περίθαλψης.

Επιπλέον, οι γυάλινοι διαχωριστικοί τοίχοι στα γραφεία παρέχουν φως στους χώρους, ελαχιστοποιώντας την ανάγκη για ηλεκτρικό φωτισμό. Από την άλλη, η εξωτερική σκίαση εμποδίζει την άμεση έκθεση στον ήλιο. Η αποτελεσματική χρήση γυαλιού υψηλής απόδοσης προσφέρει εξαιρετικό φυσικό φωτισμό σε μεγάλο μέρος του κτιρίου. Συγκεκριμένα, τα γραφεία του όγδοου ορόφου είναι πλήρως φωτισμένα με γυάλινα χωρίσματα στο διάδρομο. Το ίδιο ισχύει και για τις αίθουσες των ασθενών και των κοινόχρηστων (σαλόνι). Επίσης, οι χώροι φυσικοθεραπείας και άλλοι δημόσιοι χώροι έχουν φυσικό

φωτισμό και θέα το λιμάνι και την πόλη. Σε περίπτωση εκτεταμένης διακοπής ρεύματος, ο ημερήσιος ηλεκτρικός φωτισμός θα μπορούσε να περιοριστεί στο ελάχιστο, συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση καυσίμου που χρησιμοποιείται από τις δύο γεννήτριες έκτακτης ανάγκης του νοσοκομείου και επιτρέπει να λειτουργήσουν για τέσσερις ημέρες λειτουργίας χωρίς ρεύμα.

Μία από τις δύο γεννήτριες έκτακτης ανάγκης βρίσκονται στο ρετιρέ. Το μεγαλύτερο μέρος του καυσίμου ντίζελ για γεννήτριες αποθηκεύεται σε μια στεγανή δεξαμενή στο υπόγειο, αλλά μια αντλία διατηρεί γεμάτη μια δεξαμενή 150 γαλονιών στο δωμάτιο των γεννητριών. Η βοηθητική γεννήτρια που λειτουργεί με φυσικό αέριο παρέχει ρεύμα και θερμότητα κατά τις περιόδους υψηλής ζήτησης, εξοικονομώντας χρήματα από το νοσοκομείο και μειώνοντας το αποτύπωμα άνθρακα. Μεταξύ του μηχανολογικού εξοπλισμού που βρίσκεται στα δάπεδα και την οροφή του ρετιρέ είναι δύο εφεδρικές γεννήτριες ντίζελ, οι οποίες μπορούν να μεταφέρουν ολόκληρο το ηλεκτρικό φορτίο του κτιρίου σε περίπτωση διακοπής ρεύματος. Οι γεννήτριες μπορούν να φτάσουν στην πλήρη ισχύ σε λιγότερο από τρία δευτερόλεπτα. Το κτίριο διαθέτει επίσης ένα σύστημα συνδυασμένης θερμότητας και ισχύος (CHP) που λειτουργεί με αέριο, το οποίο μπορεί να λειτουργήσει όχι μόνο σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, αλλά και κατά την κανονική λειτουργία του κτιρίου. Οι λέβητες, οι συσκευές ψύξης, και οι συσκευές κυκλοφορίας αέρα για εξαερισμό βρίσκονται ψηλά στο κτίριο για να διασφαλίζεται η λειτουργία κατά την πλημμύρα. Μόνο η κύρια δεξαμενή αποθήκευσης ντίζελ βρίσκεται στο υπόγειο (σύμφωνα με τον κώδικα πυρκαγιάς), αλλά στεγάζεται σε μια αποθήκη που μοιάζει με υποβρύχιο και μια αντλία θα μπορεί να παραδώσει το καύσιμο σε μια δεξαμενή αποθήκευσης στο ρετιρέ. Τρεις λέβητες υψηλής απόδοσης, 200 ίππων, με καύση αερίου που βρίσκονται στο μηχανολογικό δωμάτιο του ρετιρέ λειτουργούν με εναλλασσόμενο πρόγραμμα (για εξισορρόπηση του χρόνου λειτουργίας). Η χρήση συμπυκνωμένου νερού από μηχανολογικό εξοπλισμό για την προθέρμανση του νερού για επιπλέον εξοικονόμηση, είναι εφικτή.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ενώ το Spaulding Rehab είναι καλά προσαρμοσμένο στην αναμενόμενη άνοδο του κλίματος και της στάθμης της θάλασσας στο μέλλον, κάνει επίσης το καθήκον του για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα. Το περίβλημα του κτιρίου με υψηλή εξοικονόμηση ενέργειας, ο φυσικός φωτισμός ημέρας, η γεννήτριες CHP με αέριο και άλλα χαρακτηριστικά συνδυάζονται για να διατηρούν τις εκπομπές άνθρακα του κτιρίου κάτω από αυτές των περισσότερων νοσοκομείων. Ορισμένα άλλα χαρακτηριστικά, όπως οι πράσινες στέγες, απορροφούν τις βροχοπτώσεις και συμβάλλουν στη μείωση της απορροής που θα συνέβαλλε σε πλημμύρες. Μία από τις πράσινες στέγες περιλαμβάνει έναν θεραπευτικό κήπο για ασθενείς Spaulding. Τέλος, το νοσοκομείο είναι πιστοποιημένο με Χρυσό από το Σύστημα Αξιολόγησης LEED και η πλάκα

πιστοποίησης εμφανίζεται σε περιοπτη θέση στο λόμπι του πρώτου ορόφου, μαζί με ενημερωτική σήμανση που περιγράφει πολλά από τα χαρακτηριστικά βιωσιμότητας και ανθεκτικότητας. (“Resilient Design Institute” n.d.)

3.2. The Salt Lake City Public Safety Building.

Είναι λογικό τα δημόσια κτίρια που στεγάζουν υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης να απαιτείται να επιτυγχάνουν το υψηλότερο επίπεδο ανθεκτικότητας. Κατά τη διάρκεια έκτακτης ανάγκης είτε πρόκειται για σεισμό, καταιγίδα ή τρομοκρατική ενέργεια οι υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης πρέπει να διατηρούνται. Μάθαμε αρκετά από την επίθεση στο Παγκόσμιο Κέντρο Εμπορίου της 11ης Σεπτεμβρίου 2001, όταν το Γραφείο Διαχείρισης Έκτακτης Ανάγκης της Νέας Υόρκης αναγκάστηκε να εγκαταλείψει τα γραφεία του στον 7ο όροφο του Παγκόσμιου Κέντρου Εμπορίου λόγω κινδύνου κατάρρευσης. Αυτή η εμπειρία έχει επηρεάσει το σχεδιασμό και τον προγραμματισμό των εγκαταστάσεων διαχείρισης έκτακτης ανάγκης που έχουν κατασκευαστεί από τότε. Στο Salt lake city (Σχήμα 3.2) το νέο κτήριο Δημόσιας Ασφάλειας, στεγάζει αστυνομικά και πυροσβεστικά τμήματα, καθώς και το περιφερειακό κέντρο αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης 112, ακόμη και το κύριο κέντρο δεδομένων της πόλης. Το κτίριο των 125 εκατομμυρίων δολαρίων, 335.000 τετραγωνικών ποδιών (συμπεριλαμβανομένων 172.000 sf (τετραγωνικά πόδια) κατειλημμένου χώρου και 143.000 sf υπόγειου χώρου στάθμευσης περιλαμβάνει μια ευρεία γκάμα χαρακτηριστικών που το βοηθούν να επιτύχει απόδοση καθαρής μηδενικής ενέργειας και πιστοποίηση LEED Platinum. Είναι ένα από τα μόνα



Σχήμα 3.2. The Salt Lake City Public Safety Building. (“New Public Safety Building in Salt Lake City a Model of Resilience – Resilient Design Institute” n.d.)

κτίρια υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης που επιτυγχάνουν καθαρή μηδενική ενέργεια ή LEED Platinum.

Ορισμένα από τα βασικά χαρακτηριστικά ανθεκτικότητας και βιωσιμότητας περιγράφονται παρακάτω:

- **Καθαρή μηδενική ενέργεια.** Το πιο εντυπωσιακό από τα χαρακτηριστικά βιωσιμότητας του Κτιρίου Δημόσιας Ασφάλειας είναι ο σχεδιασμός του με καθαρή μηδενική ενέργεια. Αυτό είναι ένα από τα μεγαλύτερα κτίρια που έχει πετύχει αυτό το επίπεδο απόδοσης. Η καθαρή μηδενική ενέργεια, για αυτό το κτίριο, ωστόσο, ορίζεται ευρύτερα από ό,τι επιτρέπεται σε ορισμένους ορισμούς, καθώς ένα μέρος της παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας πραγματοποιείται εκτός του οικοπέδου. Η πόλη του Salt lake city κατασκεύασε μια ηλιακή εγκατάσταση 1 μεγαβάτ (MW) σε ένα αχρησιμοποίητο τμήμα της δημοτικής χωματερής για να αυξήσει τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου. Αυτό συμπληρώνεται από συστοιχία φωτοβολταϊκών 380 kW στην οροφή του κτιρίου και σε ένα εμφανές κουβούκλιο που εκτείνεται έξω από το κτίριο. Η απόδοση καθαρής μηδενικής ενέργειας επιτυγχάνεται εν μέρει από τα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας φωτοβολταϊκά, καθώς και ένα ηλιακό θερμικό σύστημα 195 kW για τη θέρμανση του νερού στο κτίριο αλλά και μέσω μέτρων ενεργειακής απόδοσης τελευταίας τεχνολογίας. Το κτίριο κάνει εκτεταμένη χρήση του ημερήσιου φωτισμού, το οποίο θα είναι πολύ σημαντικό ειδικά σε περιόδους που το περιφερειακό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να είναι εκτός λειτουργίας (μειώνοντας την ανάγκη χρήσης εφεδρικής γεννήτριας) και ο ηλεκτρικός φωτισμός είναι υψηλής απόδοσης LED ή φθορισμού, με χειριστήρια φωτός της ημέρας. Το σύστημα curtain wall κατασκευασμένο από την Wausau Window and Wall Systems, χρησιμοποιεί προηγμένα τζάμια για να παρέχει υψηλή ορατότητα, αλλά και να εμποδίζει την ανεπιθύμητη θερμότητα.
- **Συστήματα πλεονάζουσας ισχύος και θέρμανσης.** Υπάρχουν δύο γεννήτριες ντίζελ 1,56 μεγαβάτ (MW) που μπορούν να θέσουν σε λειτουργία ολόκληρο το κτίριο. Για την εξοικονόμηση καυσίμου, το σύστημα διαχείρισης ενέργειας του κτιρίου έχει τη δυνατότητα να απενεργοποιεί μη κρίσιμα φορτία. Για να επιτευχθεί η ενέργεια των 380 kW από φωτοβολταϊκά, υπάρχουν πραγματικά τρία συστήματα: μια συστοιχία 30 kW στο θόλο του κτιρίου, μια συστοιχία 250 kW στην οροφή του κτιρίου και μια δεύτερη συστοιχία 100 kW στην οροφή του κτιρίου. Τα δύο πρώτα από αυτά είναι αρκετά τυπικά, δικτυωτά συστήματα συνδεδεμένα στο τοπικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Η τελευταία από αυτές τις συστοιχίες θα λειτουργεί με τις γεννήτριες έκτακτης ανάγκης (λειτουργία νησίδας) εάν το δίκτυο πέσει. Τα μέτρα απόδοσης θα ελαχιστοποιήσουν τα φορτία κατά τη διάρκεια διακοπών ρεύματος. Κατά τη λειτουργία έκτακτης ανάγκης, όπως όταν το δίκτυο είναι εκτός λειτουργίας, όλα τα μέτρα

- απόδοσης στο κτίριο θα λειτουργούν για να βοηθήσουν στην ελαχιστοποίηση των ενεργειακών φορτίων. Αυτές οι στρατηγικές περιλαμβάνουν εκτεταμένους ελέγχους στο φως της ημέρας. Το πρωτεύον σύστημα ψύξης είναι εξατμιστικό (ενσωματωμένο πύργο ψύξης με άμεση εξάτμιση), αλλά εάν υπάρχει έλλειψη νερού ή διακοπεί το δημοτικό νερό κατά τη διάρκεια έκτακτης ανάγκης όπως θα μπορούσε να συμβεί κατά τη διάρκεια ενός σεισμού το κτίριο μπορεί να μεταβεί σε εφεδρικό αέρα ψύκτες που μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς νερό.
- **Σεισμικός σχεδιασμός.** Οι σεισμικοί κώδικες στις ΗΠΑ έχουν κάνει πολύ καλή δουλειά διασφαλίζοντας ότι ο κόσμος θα μπορεί να εκκενώσει με ασφάλεια τα κτίρια σε περίπτωση σεισμού. Αλλά η κατασκευή σύμφωνα με τους σεισμικούς κώδικες διασφαλίζει ότι το κτίριο θα είναι κατοικήσιμο μετά τον σεισμό. Ενώ τα κτίρια δημόσιας ασφάλειας συνήθως απαιτείται να σχεδιάζονται σε υψηλό επίπεδο αντισεισμικής αντίστασης, ακόμη και αυτές οι απαιτήσεις δεν απαιτούν απαραίτητα την ικανότητα του κτιρίου να παραμένει χρήσιμο μετά το συμβάν. Το Κτήριο Δημόσιας Ασφάλειας του Salt lake city ,είναι διαφορετικό στο ότι έχει σχεδιαστεί για να διατηρεί τη λειτουργικότητα κατά τη διάρκεια και μετά τον πιο σοβαρό προβλεπόμενο σεισμό. Χρησιμοποίησαν μια προσέγγιση βασισμένη στην απόδοση την ανάλυση, στοχεύοντας την επιχειρησιακή ικανότητα μετά τον μέγιστο αξιόπιστο σεισμό (περίοδος επιστροφής 2.500 ετών). Αυτό σημαίνει ότι όχι μόνο πρέπει να υπάρχει το κτίριο, αλλά και το περιεχόμενο – οι άνθρωποι, ο εξοπλισμός, οι τοίχοι. Για να ανταποκριθούν σε αυτά τα κριτήρια, πράγματι σκλήρυναν τη δομή, αλλά χρησιμοποίησαν επίσης τεράστια αμορτισέρ που αμβλύνουν την σεισμική ενέργεια. Οι αποσβεστήρες επιτρέπουν στη δομή να είναι πιο ευέλικτη, γεγονός που βοηθά τον κόσμο να το εκκενώσει και να ξεφύγει από το σεισμό. Ωστόσο, δεν σταματά στη δομή. Όλα τα εσωτερικά χωρίσματα έχουν σχεδιαστεί για να αντέχουν τις δυνάμεις και όλος ο κρίσιμος εξοπλισμός μέσα στο κτίριο έχει πιστοποιηθεί ότι αντέχει τις ίδιες δυνάμεις ανεμιστήρες, αντλίες, ψυχρές δοκούς κ.λπ.
- **Διαχείριση όμβριων υδάτων.** Το κτίριο περιλαμβάνει χώρους πράσινης στέγης για τη συλλογή και αποθήκευση νερού από βροχοπτώσεις για τη μείωση της απορροής όμβριων υδάτων και των προβλημάτων πλημμύρας. Η ανθεκτική στην ξηρασία στέγη ελαχιστοποιεί την ανάγκη για άρδευση και προετοιμάζει καλύτερα την εγκατάσταση για την ξηρασία.
- **Κοινοτικό κτίριο.** Το Κτήριο Δημόσιας Ασφάλειας περιλαμβάνει μια μεγάλη αυλή που έχει σχεδιαστεί για χρήση φεστιβάλ και άλλες κοινοτικές συγκεντρώσεις. Οι άνθρωποι μπορούν να συνδέσουν τους φορητούς υπολογιστές τους σε πρίζες στη δομή του ηλιακού θόλου και οι κοινοτικές αίθουσες στο κτίριο είναι διαθέσιμες για κοινοτικές διαλέξεις και εκπαιδευτικά προγράμματα.

Έτσι το κτίριο Δημόσιας Ασφάλειας περιλαμβάνει ένα εντυπωσιακό σύνολο χαρακτηριστικών που ενισχύουν την ανθεκτικότητα και τη βιωσιμότητά του, αλλά παρουσιάζει επίσης μια ισχυρή αρχιτεκτονική δήλωση για την οποία οι κάτοικοι του Salt Lake City μπορούν να είναι πολύ περήφανοι. (“Resilient Design Institute” n.d.).

Κεφάλαιο 4

Επόμενα βήματα και στρατηγικές για τον σχεδιασμό ανθεκτικών κτιρίων στην Ελλάδα - Σύνοψη

4.1. Στρατηγικές για τον σχεδιασμό ανθεκτικών κτιρίων στην Ελλάδα.

Πλέον η υπερθέρμανση του πλανήτη και η κλιματική αλλαγή είναι αδιαμφισβήτητο γεγονός. Αύξηση των βροχοπτώσεων, της θερμοκρασίας και της στάθμης της θάλασσας παρατηρούνται και αποδεικνύονται επιστημονικά καθημερινά. Οι αυξήσεις αυτές προβλέπεται ότι θα συνεχιστούν και στο μέλλον με επιδεινούμενο ρυθμό. Ενώ υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις ότι το κλίμα αλλάζει, η κατανόηση της σημασίας της κλιματικής αλλαγής σε χρονικές και χωρικές κλίμακες σχετικές με την τεχνική-κατασκευαστική πρακτική είναι πολύ δύσκολη. Από την αρχαιότητα έως και σήμερα η Ελλάδα γενικά θεωρείται χώρα επιρρεπής σε κινδύνους σε μεγάλο φάσμα των φυσικών κινδύνων, όπως σεισμοί, κατολισθήσεις, πλημμύρες, πυρκαγιές και tsunamis. Στην Ελλάδα, οι καταστροφές έχουν ως αποτέλεσμα τον θάνατο και τραυματισμό πολλών ανθρώπων, τόσο λόγω εκδήλωσης των φαινομένων αυτών, αλλά και λόγω της ανεπάρκειας των κρατικών δομών να μπορέσουν να αντιμετωπίσουν τους κινδύνους. (Τολίδης 2020). Η καταστροφική πυρκαγιά στο Μάτι της Αττικής ανέδειξε τη σημασία της πρόληψης των κινδύνων από φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές, όπως επίσης την αναγκαιότητα ολοκληρωμένου σχεδιασμού εκτάκτων καταστάσεων. Γίνεται αντιληπτό πως οι φυσικές καταστροφές επηρεάζουν την Ελλάδα και τον κόσμο και καθιστούν αναγκαία την καθολική αντιμετώπιση μέσω της ενισχύσεις του σχεδιασμού των τεχνικών έργων. Τα τεχνικά έργα αναμένεται να παραμείνουν λειτουργικά, ανθεκτικά και ασφαλή για διάρκεια ζωής που κυμαίνεται συνήθως από 50 έως περισσότερα από 100 χρόνια. Εκτίθενται καθημερινά και ενδεχομένως είναι ευάλωτα σε ακραίες συνθήκες του κλίματος και του καιρού, όπως η ξηρασία, οι πλημμύρες, τα κύματα καύσωνα, οι ισχυροί άνεμοι, τα κύματα καταιγίδων, οι πυρκαγιές και οι συσσωρευμένοι πάγοι και τα χιόνια. Τα πρότυπα σχεδιασμού που εφαρμόζονται κατά την διαδικασία του σχεδιασμού θα πρέπει να έχουν ως στόχο να απωλέσουν τον κίνδυνο αστοχίας και να διατηρήσουν τη λειτουργικότητα, την ανθεκτικότητα την βιωσιμότητα και την ασφάλεια των κατασκευών κατά τη διάρκεια ζωής τους. Έτσι από την βιβλιογραφική επισκόπηση προέκυψαν κάποια συμπεράσματα και στρατηγικές που μπορούν να εφαρμοστούν και στον ελλαδικό χώρο και κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με τις επικρατούσες καταστροφές της περιοχής.

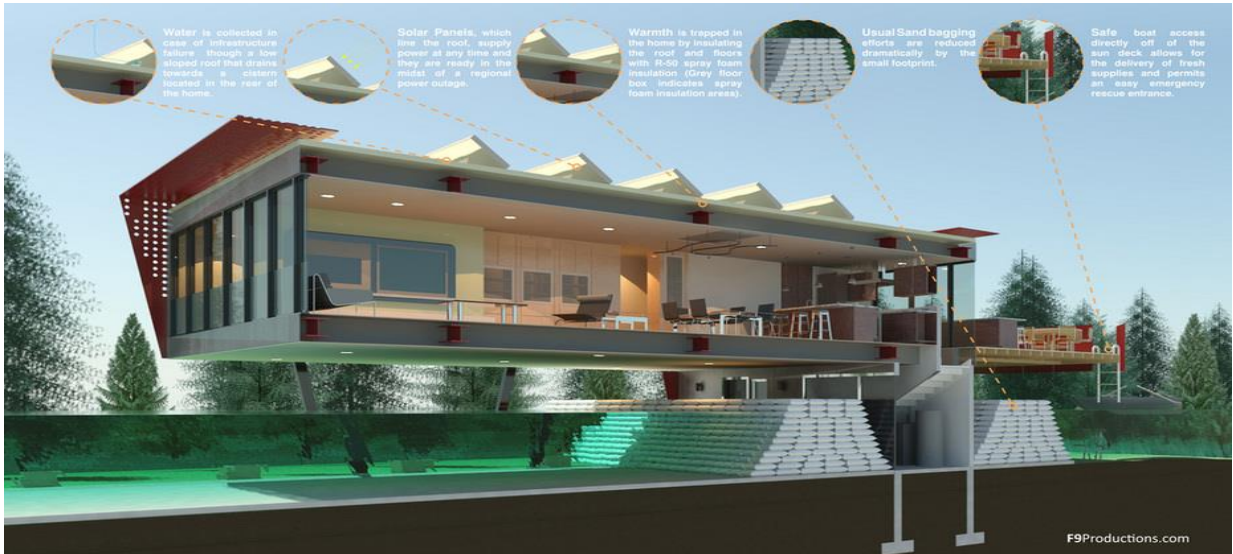
4.1.2. Σχεδιασμός για την πρόληψη πλημμυρών.

Οι πλημμύρες αποτελούν το συχνότερο τύπο φυσικών καταστροφών διαχρονικά. Λόγω έντονων καιρικών φαινομένων, είναι δυνατό ο συνολικός όγκος νερού να ξεπεράσει τη χωρητικότητα του συστήματος αποστράγγισης, είτε πρόκειται για το φυσικό σύστημα, είτε για ανθρωπογενές, με αποτέλεσμα την υπερχειλίση αυτού. Στον Ελλαδικό χώρο το είδος πλημμυρών που παρατηρούνται είναι οι **«ξαφνικές πλημμύρες»**. Παρουσιάζονται σε λεπτόκοκκα εδάφη σε ορεινές ή λοφώδεις περιοχές και η απορροή των υδάτων γίνεται με ταχύτητα εξαιτίας την τοπογραφικής κλίσης. Λόγω του μεγάλου όγκου νερού που κινείται με μεγάλη ταχύτητα ο χρόνος αντίδρασης είναι πολύ μικρός. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων πλημμυρών είναι η πλημμύρα του 2017 που έπληξε την δυτική Αττική. Το άλλο είδος πλημμυρών είναι οι μεγάλης διάρκειας πλημμύρες (Extensive Long Lasting Floods ή Plain Floods). Αυτές εμφανίζονται σε πεδινές περιοχές και κυρίως κοντά στις λεκάνες απορροής μεγάλων ποταμών. Λόγω το παρατεταμένων βροχοπτώσεων και το λιώσιμο του χιονιού το έδαφος είναι κορεσμένο με αποτέλεσμα η απορροή να γίνεται μόνο επιφανειακά μέσω του υφιστάμενου δικτύου απορροής. Προκαλείται υπερχειλίση των ποταμών και παραπόταμων, με αποτέλεσμα να πλημμυρίσουν οι περιοχές που βρίσκονται κοντά στο συγκεκριμένο δίκτυο απορροής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων πλημμυρών είναι η πλημμύρα του 2015 που προκλήθηκε από την υπερχειλίση του ποταμού Άραχθου. Για την αντιμετώπιση των πλημμυρικών φαινομένων, αλλά και τη μείωση των συνεπειών τους, έχουν προταθεί κάποιες στρατηγικές που μπορούν να εφαρμοστούν και στο Ελλαδικό χώρο όπως οι παρακάτω.(Deltamembranes 2020).

- Κατάρτιση των Ζωνών Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας, καθώς και Χάρτες Επικινδυνότητας και Χάρτες Κινδύνων Πλημμύρας και υιοθέτηση υψομετρικού πρότυπου επιβάλλοντάς το στα νέα ή ανακατασκευασμένα κτίρια που βρίσκονται στις Ζώνες Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας. Υιοθέτηση ως κατώτερο όριο σχεδιασμού την 100χρονη πλημμύρα. Εφαρμογή συμβουλευτικά πρότυπων υψομετρικής πλημμύρας, (BFE) ύψος πλημμυρών βάσης και (DFE) υψόμετρο πλημμύρας σχεδιασμού. Επιπρόσθετα, οι κατασκευές στις επικίνδυνες περιοχές θα πρέπει να περιλαμβάνουν "freeboard" - ένα σταδιακό υψόμετρο πάνω από το BFE (Ύψος πλημμυρών βάσης) στο οποίο ένα κτίριο πρέπει να πλημμυρίσει προστατευμένο. Το Freeboard είναι ένας τρόπος που σχετίζονται με τη μελλοντική άνοδο της στάθμης της θάλασσας σύμφωνα και με τον FEMA P-312, Second Edition / December 2009 .(Washburn, Lee, and Modell 2013).
- Για κτίρια κατοικιών σε Ζώνες με μέτρια επικινδυνότητα, οποιαδήποτε περιοχή κάτω από το (DFE) υψόμετρο σχεδιασμού πλημμύρας πρέπει να είναι «αντιπλημμυρική από υγρασία». Η τεχνική αυτή έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει στα

νερά της πλημμύρας να εισέρχονται και να εξέρχονται από μια κατασκευή μέσω ανοιγμάτων ή αεραγωγών. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει στις υδροστατικές δυνάμεις - την πίεση που ασκείται από το τεράστιο βάρος του νερού - να εξισωθούν και στις δύο πλευρές των τοίχων του κτιρίου και έτσι να αποτρέψει την κατάρρευση των κατασκευών. (Washburn, Lee, and Modell 2013)

- Για ένα κτίριο κατοικιών σε μια επικίνδυνη ζώνη, ολόκληρη η κατασκευή είναι απαραίτητο να ανυψωθεί για να αποτραπεί η πλευρική δύναμη των κυμάτων να καταστρέψει τη δομή. Επιπλέον, οι περιοχές κάτω από το DFE υψόμετρο σχεδιασμού πλημμύρας πρέπει να είναι ανοιχτές ή να χτίζονται με «διασπώμενους» τοίχους, όπως τοίχους με ανοιχτό πλέγμα, που μπορούν να υποχωρήσουν υπό την πίεση του νερού χωρίς να προκαλέσουν κατάρρευση του κτιρίου χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας δομής αποτελεί η κατοικία στο (Σχήμα 4.1) (Washburn, Lee, and Modell 2013)
- Για όλα τα νέα και βελτιωμένα κτίρια, ανεξάρτητα από την προβλεπόμενη χρήση,



Σχήμα 4.1 Σπίτι ανθεκτικά σχεδιασμένο ("Flood House / F9 Productions | ArchDaily" n.d.)

είναι δυνατή η χρήση ανθεκτικών υλικών στις πλημμύρες κάτω από το (DFE) υψόμετρο σχεδιασμού πλημμύρας. Τέτοια υλικά πρέπει να είναι ικανά να αντέχουν την άμεση και παρατεταμένη επαφή με τα νερά της πλημμύρας, χωρίς να υποστούν οποιαδήποτε ζημιά που απαιτεί κάτι περισσότερο .

- Προστασία έτσι ώστε να μην πλημμυρίζει με νερό ο μηχανικός εξοπλισμός (ηλεκτρικός, θέρμανση, εξαερισμός, υδραυλικά συστήματα και συστήματα κλιματισμού) είτε πρέπει να βρίσκεται πάνω από το (DFE) υψόμετρο πλημμύρας σχεδιασμού είτε βρίσκεται κάτω.
- Χρήση υπόγειων δεξαμενών αποθήκευσης. Οι υπόγειες δεξαμενές αποθήκευσης

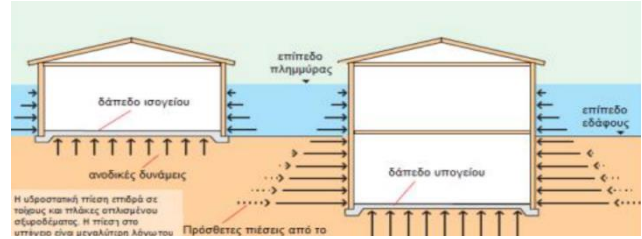
μπορούν να παρέχουν παροχή νερού έκτακτης ανάγκης και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πότισμα των κήπων, το οποίο ενισχύει τη διεύθυνση των υπόγειων υδάτων.

- Συνίσταται η κατασκευή στοών διεύθυνσης και γαλλικές αποχετεύσεις. Τα συστήματα αποχέτευσης θεμελίωσης κτιρίων, όπως στοές διήθησης και γαλλικές αποχετεύσεις, είναι λάκκοι ή τάφροι που είναι γεμάτες με μπάζα ή χαλίκι για να επιτρέπεται η διεύθυνση των υπόγειων υδάτων και η μείωση της πίεσης του νερού στους τοίχους θεμελίωσης που οδηγούν σε διαρροές και πιθανή αστοχία (Larsen et al. 2011)
- Χρήση καναλιών bioswales (κανάλια που έχουν σχεδιαστεί για να συγκεντρώνουν και να μεταφέρουν την απορροή των όμβριων υδάτων ενώ απομακρύνουν τα συντρίμια και τη ρύπανση) και άλλα συστήματα δέσμευσης νερού με βλάστηση. Τα φυτικά συστήματα επί τόπου αποτρέπουν τη διάβρωση επιβραδύνοντας τη ροή των όμβριων υδάτων, φιλτράρουν τους ρύπους και προάγουν τη διεύθυνση των υπόγειων υδάτων. (Larsen et al. 2011)
- Εγκατάσταση βαλβίδων αντεπιστροφής ροής νερού και αντλίες φρεατίου.

4.1.3. Σχεδιασμός για την ενίσχυση δομικών στοιχείων για αντοχή σε μεγαλύτερα φορτία.

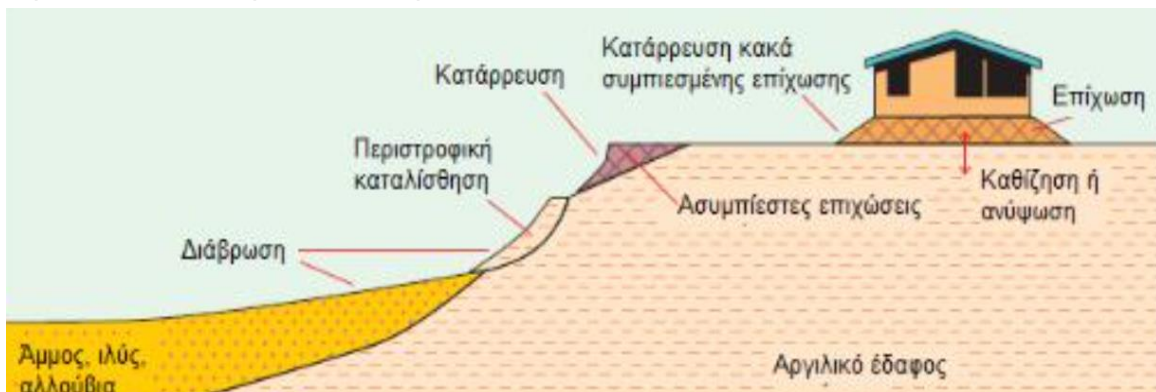
Οι σεισμοί συμβαίνουν συχνά και έχουν ευρεία κατανομή σε όλο τον κόσμο σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία. Η Ελλάδα είναι αδιαμφισβήτητα σεισμογενής χώρα. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία η μισή εκλυόμενη σεισμική ενέργεια στον ευρωπαϊκό χώρο εκδηλώνεται στην Ελλάδα, όπου ανά 2-3 χρόνια έχουμε έναν καταστροφικό σεισμό, άρα οι κατασκευές καταπονούνται από σεισμικές δυνάμεις του περισσότερες από μια φορές (Αναστασιάδης n.d.) Η πρόοδος στην σεισμική μηχανική τις τελευταίες δεκαετίες έχει ενισχύσει την σεισμική ασφάλεια των κτιρίων που σχεδιάστηκαν σύμφωνα με τα νέα πρότυπα. Μετά τις αλλεπάλληλες καταρρεύσεις παλαιών και αξιολογών κτιρίων στην Αθήνα αλλά και σε πόλεις και οικισμούς όλης της Ελλάδας, καταρρεύσεις διακυβεύουν τη δημόσια ασφάλεια. Οι παρακάτω στρατηγικές ενίσχυσης στοιχείων για την αντοχή του φέροντος οργανισμού σε μεγαλύτερα φορτία είναι ικανές να μειώσουν την τρωτότητα των κτιρίων έναντι τάσεων.

- Συνίσταται να ενισχυθεί η ανθεκτικότητα του φέροντος οργανισμού και τον φερόμενων στοιχείων ώστε να ανταποκρίνονται αποτελεσματικά σε όλο το φάσμα των φυσικών κινδύνων και όχι μόνο στο φαινόμενο του σεισμού (Σχήμα 4.2).



Σχήμα 4.2 Επίδραση υδροστατικής πίεσης στον φέων οργανισμό (Σαπουτζάκη and Δανδουλάκη 2015)

- Με δεδομένο ότι σχεδιασμός των κτιριακού αποθέματος δεν μπορεί να στηρίζεται πλέον σε ιστορικά δεδομένα ακραίων καιρικών συνθηκών θα πρέπει να προσαρμοστούν τα χρονοδιαγράμματα των καταστροφών σε πιο κοντινούς χρόνους. Ο σεισμός σχεδιασμού θα πρέπει να αυξήσει την σεισμική ένταση ενώ το κόστος από την αντι-σεισμική ενίσχυση να μπορεί πολύ εύκολα να αντισταθμιστεί από υλικά πιο οικονομικά και αποδοτικά.
- Συνίσταται η υλοποίηση γεωτεχνικών μελετών για εδάφη που παρουσιάζουν αυξημένες πιθανότητες ρευστοποίησης ιδιαίτερα σε παραποτάμιες, παραθαλάσσιες και παραλίμνιες περιοχές. Προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη ασφάλεια των κατασκευών προτείνεται η εφαρμογή της γεωτεχνικής μελέτης σε όλες τις κατασκευές (Σχήμα 4.3).
- Εφαρμογή συστημάτων σεισμικής μόνωσης και απορρόφησης ενέργειας.
- Ενίσχυση του κλιμακοστάσιου για την λειτουργία ως χώρος διαφυγής. Χρήση των προδιαγραφών σχεδιασμού FEMA-361, οι οποίες περιλαμβάνουν κατευθυντήριες γραμμές σχεδιασμού δομικών, χωροθέτησης. (Moresco et al., n.d.)
- Εκτίμηση της τρωτότητας κάθε περιοχής εκ των προτέρων και προληπτικοί έλεγχοι των κατασκευών.
- Αναβάθμιση του αντισεισμικών σχεδιασμού για την εφαρμογή της αντισεισμική δόμηση όχι μόνο του φέροντος οργανισμού αλλά ολόκληρης της κατασκευής.
- Καταγραφή κτιρίων αξιολόγηση τους και ενίσχυση και επισκευή τους εφόσον είναι εφικτό η κατεδάφιση τους εφόσον δεν είναι. (Moresco et al., n.d.)



Σχήμα 4.3 Γεωτεχνικής μελέτης για όλες τις κατασκευές (Σαπουτζάκη and Δανδουλάκη 2015)

Σκοπός του σύγχρονου αντισεισμικού κανονισμού είναι να κατασκευάσει δομές που: α) σε συχνούς σεισμούς μεγάλης πιθανότητας να συμβούν δεν θα πάθουν τίποτα, β) σε σεισμούς μέσης πιθανότητας να συμβούν θα πάθουν μικρές, επιδιορθώσιμες ζημιές και γ) σε πολύ ισχυρούς σεισμούς μικρής όμως πιθανότητας να συμβούν δεν θα έχουμε απώλειες ανθρώπινων ζωών. Άρα δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται ο όρος «απόλυτα» στις αντισεισμικές κατασκευές, αλλά να γίνεται η χρήση του όρου «ποιοτικές» κατασκευές που σημαίνει εφαρμογή τουλάχιστον των απαιτήσεων όλων των σύγχρονων κανονισμών. Η ποιότητα των κατασκευών και η ασφάλειά τους, είναι και συνάρτηση της οικονομικής κατάστασης των χωρών, μεταξύ των άλλων παραγόντων. Είναι ευνόητο ότι φτωχές χώρες δεν μπορούν να συγκριθούν με χώρες όπου έχουν ακριβούς σύγχρονους αντισεισμικούς κανονισμούς. Συμπέρασμα δεν υπάρχει απόλυτος αντισεισμικός σχεδιασμός σήμερα, και δεν πρέπει να αναφερόμαστε σε απόλυτο αντισεισμικό σχεδιασμό, αλλά σε ποιοτικό σχεδιασμό. Οπότε υπάρχει μεγάλη ανάγκη σήμερα να εφεύρουμε έναν πιο σύγχρονο αντισεισμικό σχεδιασμό ο οποίος να ανταποκρίνεται στον απόλυτο αντισεισμικό σχεδιασμό, με μικρότερο κατασκευαστικό κόστος. (Αναστασιάδης n.d.);(Moresco et al., n.d.)

4.1.4 Σχεδιασμός για την ενίσχυση των κατασκευών έναντι των πυρκαγιών

Η πυρκαγιά είναι ένας από τους μεγαλύτερους φυσικούς κινδύνους. Μπορεί να ξεκινήσει και να εξαπλωθεί γρήγορα με ανεξέλεγκτο τρόπο προκαλώντας εκτεταμένες απώλειες και ζημιές. Οι παγκόσμιες δασικές περιοχές με σχετικά υψηλή τρωτότητα σε πυρκαγιά επικεντρώνεται κυρίως στις περιοχές της κεντρικής Αφρικής, της νοτιοδυτικής Ευρώπης, τις νότιες και ανατολικές περιοχές της Σιβηρίας, το μεσοδυτικό Καναδά και την κεντρική Νότια Αμερική ενώ η χώρα μας αντιμετωπίζει έναν μέσο κίνδυνο (κατηγορία 3) σε μια κλίμακα από το ένα (1) έως το πέντε (5). (United Nations 2009) Οι περισσότεροι σεισμοί ακολουθούνται από μετασεισμικά γεγονότα, π.χ. ρευστοποίηση εδάφους, μετασεισμοί, κατολισθήσεις κ.λπ., και οι ζημιές που προκαλούνται από τα γεγονότα αυτά μπορεί να είναι χειρότερες από αυτές του σεισμού. Μεταξύ αυτών, η εκδήλωση πυρκαγιάς μετά από σεισμό θεωρείται ένα από τα πιο πιθανά γεγονότα που μπορούν να εμφανιστούν σε αστικές περιοχές. Δεδομένου ότι τα τεχνικά έργα συχνά σχεδιάζονται για να αντέχουν μόνο σε μια ακραία φόρτιση, όπως για παράδειγμα ο άνεμος, η πυρκαγιά, ο σεισμός, υπάρχει μεγάλο πρόβλημα όμως όταν πρέπει να αντιμετωπίσουν δύο διαδοχικές ακραίες φορτίσεις, όπως σεισμός ακολουθούμενος από πυρκαγιά. Στην περίπτωση αυτή, τα τεχνικά έργα ενδέχεται να εμφανίσουν βλάβες ή να αστοχήσουν πρόωρα έτσι προκειμένου να αντιμετωπιστεί ο κίνδυνος απαιτείται η ενίσχυση δομικών στοιχείων για αντοχή σε μεγαλύτερα φορτία με τρόπους όπως οι παρακάτω:

- Χρήση πυράντοχων προστατευτικών επενδύσεων από εκτοξευόμενο κονίαμα πυρίμαχο κεραμικό σκυρόδεμα ή την απευθείας ενσωμάτωση ινών πολυπροπυλενίου στο σκυρόδεμα.(Davidson, Harik, and Davis 2013)
- Χρήση πυρίμαχου τσιμέντου που εφαρμόζεται με ψεκασμό αλλά και με διογκωτικά επιχρίσματα τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν υπό τη μορφή λεπτών επενδύσεων(Davidson, Harik, and Davis 2013)
- Εφαρμογή μέτρων προστασίας και σχεδιασμού των τεχνικών έργων έναντι μετασεισμικής πυρκαγιάς.
- Αύξηση τους πάχους σκυροδέματος και εφαρμογή μεγαλύτερης αντοχής (ενισχυμένο) σκυροδέματος προκειμένου να αποφευχθεί το φαινόμενο Spalling από την έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίας λόγω πυρκαγιάς.
- Αποφυγή εύφλεκτων υλικών σε σημεία της κατασκευής που βοηθούν στην εξάπλωση της φωτιάς αλλά και στην ανάπτυξη καπνών.
- Στα πλαίσια εφαρμογής των συστημάτων εξωτερικής θερμομόνωσης - κέλυφος η πυραντίσταση των τοίχων θα πρέπει να είναι αυξανόμενη πράγμα που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή θερμομονωτικών υλικών κατηγορίας A1 η A2 με αντίδραση στην φωτιά κατηγορίας B-S2, d2.
- Χρήση εξωτερικών πυράντοχων κουφωμάτων.
- Σχεδιασμός και δημιουργία ζωνών προστασίας σε όλα τα ακίνητα που βρίσκονται μέσα η κοντά σε δάση.
- Προσανατολισμός κατά το δυνατόν της στενής πλευράς του κτιρίου εκεί που εγκυμονεί ο κίνδυνος της φωτιάς.
- Εφαρμογή σωληνώσεων από πυράντοχα υλικά.
- Ανάπτυξη συμπαγούς περίφραξης η περίφραξης με φυτά περιορισμένης ακουστότητας.

Μελετώντας λοιπόν συνολικά τις στρατηγικές όπως παρουσιάζονται στο (Σχήμα 4.5), θα μπορούσαν να προταθούν εκατοντάδες επιπλέον μετρά για ανάλυση, η οποία όμως τότε θα αναγόταν στο επίπεδο μια διδακτορικής διατριβής, ωστόσο η συγκεκριμένη ερευνητική εργασία δεν στοχεύει να αποτελέσει μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση όλης της διαθέσιμης βιβλιογραφίας που σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή, την διαχείριση κινδύνων και την ανθεκτικότητα, αλλά επικεντρώνεται στους προαναφερθέν στόχους, που είναι η ανάπτυξη ενός πλαισίου για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των

κατασκευών έναντι στην κλιματική αλλαγή, με σκοπό την καλύτερη διαχείριση των πιθανών κινδύνων και επιπτώσεων.



Σχήμα 4.4. Στρατηγικές για τον σχεδιασμό ανθεκτικών κτιρίων στην Ελλάδα.

4.2. Σύνοψη

Η εμφάνιση συχνών μετατοπίσεων των καιρικών συνθηκών και ακραίων καιρικών και κλιματικών φαινομένων επιφέρει πολυάριθμες άμεσες και έμμεσες συνέπειες για το δομημένο περιβάλλον, αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης καταστροφών και συνεπώς θέτει νέες προκλήσεις για τη σύγχρονη αρχιτεκτονική. Κατανοούμε ότι στις φυσικές καταστροφές και στην τρωτότητα των κατασκευών ο κάθε παράγοντας έχει διαφορετικό βαθμό επικινδυνότητας και σπουδαιότητας. Έτσι λοιπόν προκειμένου να μπορέσει να καθιερωθεί η ανθεκτικότητα ως σχεδιαστικό εργαλείο αλλά και προκειμένου να συνεχιστεί η ερευνά, πρότασή μας είναι να συνταχθεί ένας ενοποιημένος χάρτης απεικόνισης βαθμού επικινδυνότητας περιβαλλοντικών δράσεων αντίστοιχος με τον χάρτη ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας, που θα καθορίζει την τρωτότητα της κάθε περιοχής ανάλογα με την φυσική καταστροφή, θα βαθμολογεί δηλαδή την επικινδυνότητα της κάθε καταστροφής (πχ άλλη βαθμολόγηση θα έχει ο σεισμός και άλλη ο υψηλός άνεμος τον χειμώνα και άλλον το καλοκαίρι) και σε συνδυασμό με τον Βαθμό επιρροής (Βαρύτητα) Περιβαλλοντικής καταπόνησης για κάθε δομική κατασκευή θα προκύπτει ο τρόπος αντιμετώπισης του κινδύνου προκειμένου να μπορέσει να συνταχθεί ένας Εθνικός Οδηγός - Προτύπου για την Ελληνική Επικράτεια. Ο νέος σχεδιασμός πρέπει να ανταποκρίνεται τόσο στην παρούσα όσο και στη μελλοντική μεταβλητότητα και επιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένων των κυμάτων καύσωνα και ψύχους, σεισμούς, ανεμοθύελλες, ξηρασίες, πυρκαγιές, πλημμύρες, άνοδο της στάθμης της θάλασσας, ακόμη και κατολισθήσεις (Pacheco-Torgal and Jalali 2012). Ως εκ τούτου, η εστίαση του σχεδιασμού στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, δηλαδή σε βιώσιμα και πάνω απ' όλα, ενεργειακά αποδοτικά κτίρια, πρέπει να επεκταθεί για να ενισχυθεί η ικανότητα τέτοιων κτιρίων να αντέχουν τις εκδηλώσεις της κλιματικής αλλαγής παραμένοντας λειτουργικά. Για να σχεδιαστεί η βέλτιστη απόδοση των κτιρίων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή, τώρα και στο μέλλον, απαιτείται ένα σενάριο ανθεκτικότητας. Η παρούσα εργασία αναλύει την πολυπλοκότητα και τη δυναμική της κλιματικής αλλαγής ως βασικούς παράγοντες που αρθρώνουν τη στρατηγική σχεδιασμού για ανθεκτικά στο κλίμα κτίρια. Με βάση τους αναθεωρημένους κινδύνους η ελαστικότητα, δηλαδή η ικανότητας της προσαρμοστικότητας μια κατασκευής και η σύνδεση με την αρχιτεκτονική είναι διπλή. Πρώτον, ανθεκτικότητα σημαίνει σχεδιασμός προσαρμοσίμων δομών που μπορούν να «μάθουν» από το περιβάλλον τους και να διατηρήσουν τη ζωή, ακόμη και ενόψει καταστροφών και δεύτερον, η ανθεκτικότητα σημαίνει ότι οι αρχιτέκτονες μπορούν να μάθουν από τα κτίριά τους και να αναπτύξουν ολοένα εκλεπτυσμένα σχέδια. (Kosanović et al. 2018). Ο στόχος της έρευνας αυτής είναι να εισάγει τις έννοιες της ανθεκτικότητας και της βιωσιμότητας στον κατασκευαστικό σχεδιαστικό τομέα και

στην επιστήμη των υλικών, να δημιουργήσει νέα υλικά και πρότυπα για τον ανθεκτικό σχεδιασμό μοναδικά προσαρμοσμένα στο σχεδιασμό των ανθεκτικών κτιρίων. Τέλος οι μηχανικοί πρέπει να συμμετάσχουν σε συνεργατική έρευνα που περιλαμβάνει επιστήμονες από πολλούς κλάδους ώστε να αποκτήσουν μια επαρκή κατανόηση του μεγέθους των ακραίων κλιματικών αλλαγών και των συνέπειών τους. Μέσω της συνεργατικής έρευνας θα βελτιωθεί η συνάφεια της μοντελοποίησης και των παρατηρήσεων για χρήση στο σχεδιασμό, στη λειτουργία, στη συντήρηση και στην ανανέωση τόσο του οικοδομημένου όσο και του φυσικού περιβάλλοντος.

Βιβλιογραφία

- “A STRONGER, MORE RESILIENT NEW YORK.” n.d.
- Ar. Rey S. Gabitan. 2015. “Guidelines for Disaster-Resilient Buildings/Structures ~ UAP Emergency Architects.” May 1, 2015. <http://uap-ea.blogspot.com/2015/05/guidelines-for-disaster-resilient.html#>.
- Baxter, Julie, Karen Helbrecht from FEMA, Stacy Franklin Robinson, Sara Reynolds, Adam Reeder, and Hilary Kendro. 2013. Mitigation Ideas Mitigation Ideas: A Resource for Reducing Risk to Natural Hazards.
- FEMA. n.d. “Mitigation Ideas Mitigation Ideas: A Resource for Reducing Risk to Natural Hazards.”
- Bloomberg, Michael R, and Christine C Quinn. n.d. “BUILDING RESILIENCY TASK FORCE JUNE 2013 REPORT TO.”
- Bodin, Per, and Bo L B Wiman. 2004. “Resilience and Other Stability Concepts in Ecology: Notes on Their Origin, Validity and Usefulness 1.” *The ESS Bulletin*. Vol. 2.
- Davidson, Michael T., Issam E. Harik, and Douglas B. Davis. 2013. “Fire Impact and Passive Fire Protection of Infrastructure: State of the Art.” *Journal of Performance of Constructed Facilities* 27 (2): 135–43. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cf.1943-5509.0000295](https://doi.org/10.1061/(asce)cf.1943-5509.0000295).
- Dc, Washington. n.d. “Climate Ready DC: Resilient Design Guidelines.” Accessed September 5, 2022.
- Deltamembranes. 2020. “Delta Membrane Systems Ltd Flood Resilience.” *Delta Membrane Systems Ltd*, 5–8. <https://www.deltamembranes.com/app/uploads/2018/10/Delta-Flood-Resilience-Brochure-1.pdf>.
- Dimoudi, Argiro, and Marialena Nikolopoulou. 2003. “Vegetation in the Urban Environment: Microclimatic Analysis and Benefits.” *Energy and Buildings* 35 (1): 69–76. https://www.academia.edu/17296326/Vegetation_in_the_urban_environment_microclimatic_analysis_and_benefits.
- Emergency Management Agency, Federal. 2009. “Homeowner’s Guide to Retrofitting.”
- FEMA. 2021. Safe Rooms for Tornadoes and Hurricanes Guidance for Community and Residential Safe Rooms FEMA P-361, April 2021 Fourth Edition.
- “Flood House / F9 Productions | ArchDaily.” n.d. Accessed September 5, 2022. <https://www.archdaily.com/138242/flood-house-f9-productions>.
- Gencturk, Bora, Kazi Hossain, and Sirvan Lahourpour. 2016. “Life Cycle Sustainability Assessment of RC Buildings in Seismic Regions.” *Engineering Structures* 110 (March): 347–62. <https://doi.org/10.1016/J.ENGSTRUCT.2015.11.037>.

- Hannah Ritchie, and Max Roser. 2021. "Natural Disasters - Our World in Data." 2021. https://ourworldindata.org/natural-disasters?fbclid=IwAR2C1uQR2N1_jegLjxUHjMuLP_ClFJMz5CHdLuSf5ce9L46yQxe9Ls0H1OE.
- Kosanović, Saja., Tillmann. Klein, Thaleia. Konstantinou, Ana. Radivojević, and Linda Hildebrand. 2018. *Sustainable and Resilient Building Design : Approaches, Methods and Tools*. TU Delft Open.
- Larsen, Larissa, Nicholas Rajkovich, Clair Leighton, Kevin Mccoy, Koben Calhoun, Evan Mallen, Kevin Bush, et al. 2011. "GREEN BUILDING AND CLIMATE RESILIENCE Understanding Impacts and Preparing for Changing Conditions With Support From."
- Line, Philip, Omar Kapur, and Samantha Passman. 2011. "Green Building Practices for Residential Construction and Natural Hazard Resistance: How Are They Linked?" *Journal of Hazard Mitigation and Risk Assessment*, no. Spring.
- Martin-Breen, Patrick, and J. Marty Anderies. 2011. "Background Paper - Resilience: A Literature Review." *The Bellagio Initiative The Future of Philanthropy and Development in the Pursuit of Human Wellbeing*.
- Meir, I. A., and D. Pearlmutter. 2010. "Building for Climate Change: Planning and Design Considerations in Time of Climatic Uncertainty." *Corrosion Engineering Science and Technology* 45 (1): 70–75. <https://doi.org/10.1179/147842209X12476568584548>.
- MICHAEL BLOOMBERg, Mayor R, and SPEAKER C Christine Quinn. 2013. "BUILDING RESILIENCY TASK FORCE JUNE 2013 REPORT TO."
- Moresco, Justin, Phil Line, Bonnie Manley, David McCormick, Dominic J Kelly, Trent Nagele, Kelly Cobeen, et al. n.d. "Seismic Design of Rigid Wall-Flexible Diaphragm Buildings: An Alternative Procedure Second Edition." www.ATCouncil.org.
- "New Public Safety Building in Salt Lake City a Model of Resilience – Resilient Design Institute." n.d. Accessed September 5, 2022. <https://www.resilientdesign.org/new-public-safety-building-in-salt-lake-city-a-model-of-resilience/>.
- Pacheco-Torgal, F., and Said Jalali. 2012. "Earth Construction: Lessons from the Past for Future Eco-Efficient Construction." *Construction and Building Materials*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.054>.
- Phillips, Robert, Luke Troup, David Fannon, and Matthew J. Eckelman. 2017. "Do Resilient and Sustainable Design Strategies Conflict in Commercial Buildings? A Critical Analysis of Existing Resilient Building Frameworks and Their Sustainability Implications." *Energy and Buildings*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.009>.

- Purvis, Rebecca A., Ryan J. Winston, William F. Hunt, Brian Lipscomb, Karthik Narayanaswamy, Andrew McDaniel, Matthew S. Lauffer, and Susan Libes. 2018. "Evaluating the Water Quality Benefits of a Bioswale in Brunswick County, North Carolina (NC), USA." *Water* 10 (2): 134. <https://doi.org/10.3390/w10020134>.
- Rajkovich, Nicholas B., and Yasmein Okour. 2019. "Climate Change Resilience Strategies for the Building Sector: Examining Existing Domains of Resilience Utilized by Design Professionals." *Sustainability (Switzerland)* 11 (10). <https://doi.org/10.3390/su11102888>.
- "Resilient Design Institute." n.d. Accessed January 15, 2022. <https://www.resilientdesign.org/>.
- Roaf, Sue. 2014. *Ecohouse*. *Ecohouse*. <https://doi.org/10.4324/9781315725987>.
- Roetman, Philip E J, and Christopher B Daniels. 2011. "Creating Sustainable Communities in a Changing World Environmental Identity and Participation in Citizen Science View Project The Edible Gardens Project View Project." <https://www.researchgate.net/publication/323998160>.
- Saja Kosanović, Nevena Novaković, and Alenka Fikfak. 2018. *Pregledi Održivosti i Otpornosti Građene Sredine Saja Kosanović, Nevena Novaković i Alenka Fikfak [Urednici]*. Edited by Saja Kosanović, Alenka Fikfak, Nevena Novaković, and Tillmann Klein. Netherlands: TU Delft Open. <https://doi.org/https://doi.org/10.7480/isbn.9789463660884>.
- Shakou, Louisa Marie, Jean Luc Wybo, Genserik Reniers, and Georgios Boustras. 2019. "Developing an Innovative Framework for Enhancing the Resilience of Critical Infrastructure to Climate Change." *Safety Science* 118 (October): 364–78. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.05.019>.
- Solutions, Linnean, Jim Newman, Marcus Springer, Travis Sheehan, John Gravelin, Luce Trouche, and -Alex Wilson. 2013. "Building Resilience in Boston The Resilient Design Institutue."
- Boston Society of Architects. n.d. "Building Resilience in Boston The Resilient Design Institutue."
- TIM FOLGER. 2013. "New York's Sea-Level Plan: Will It Play in Miami?" NATIONAL GEOGRAPHIC NEWS. June 2013. <https://www.nationalgeographic.com/science/article/130612-sea-level-rise-new-york-bloomberg-sandy-climate-change-science>.
- United Nations. 1992. "Agenda 21 United Nations Conference on Environment & Development." *Reproduction*, no. June.
- United Nations. 2009. Risk and poverty in a changing climate United Nations publications.

- US EPA. 2008. "Chapter 5: Cool Pavements." *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*.
- Washburn, Alexandros, John Hans Lee, and Samantha/DOB Modell. 2013. "01-055 Categorization of New York City Buildings by Physical Characteristics." *Continuity Central*, 1–2. https://www1.nyc.gov/assets/sirr/downloads/pdf/Ch4_Buildings_FINAL_singles.pdf.
- "World's Largest Shake Table Tests Wooden 7 Story House | Inhabitat - Green Design, Innovation, Architecture, Green Building." n.d. Accessed September 5, 2022. <https://inhabitat.com/resilient-design-is-resilience-the-new-sustainability/wooden-house-shake-table/>.
- Αναστασιάδης, Α Σ. n.d. "Αντισεισμική Ασφάλιση Κτιρίων Οπλισμένου Σκυροδέματος: Πρακτική Μεθοδολογία Εκτίμησης Σεισμικής Τρωτότητας." Accessed January 20, 2022.
- Βιτοπούλου, Αθηνά, Γεωργία Γεμεντζή, Αθηνά Γιαννακού, Γρηγόριος Καυκαλάς, and Αναστασία Τασοπούλου. 2015. *Βιώσιμες Πόλεις: Προσαρμογή Και Ανθεκτικότητα Σε Περιόδους Κρίσης*. <https://repository.kallipos.gr/handle/11419/2227>.
- Δ.Α. Ασημακόπουλος, Μ. Σανταμούρης, Ι. Φάρρου, Μ. Λάσκαρη, Μ. Σαλιάρη, Γ. Ζαννής, Κ. Τίγγας, and Γ. Γιαννακίδης. 2011. "Κίνδυνοι Και Επιπτώσεις Της Κλιματικής Μεταβολής Στο Δομημένο Περιβάλλον." Vol. 21.
- Εργαστήριο Χαρτογραφίας και Γεωπληροφορικής του Τμήματος Γεωγραφίας. 2004. *Μεγάλης κλίμακας φυσικών καταστροφών στην Ελλάδα*.
- Μιλτιάδης Λάζογλου. 2022. *Η Ανθεκτικότητα Ως Παράμετρος Χωρικού Σχεδιασμού Έναντι Των Επιπτώσεων Της Κλιματικής Αλλαγής Η Σημασία Των Ελληνικών Μέσω Παράκτιων Πόλεων Και ο Ρόλος Των Σύγχρονων Τεχνολογιών*. ΑΘΗΝΑ: ΣΑΚΚΟΥΛΑΣ.
- Σαπουτζάκη, Κ., and Μ. Δανδουλάκη. 2015. *Κίνδυνοι Και Καταστροφές: Έννοιες Και Εργαλεία Αξιολόγησης, Προστασίας, Διαχείρισης*.
- Τολίδης, Αλέξανδρος. 2020. "Αξιολόγηση Και Αντιμετώπιση Των Φυσικών Κινδύνων Και Ιδιαίτερα Των Προβλημάτων Από Μεγάλη Μετακίνηση Πληθυσμού & Ανάγκη Παροχής Υγειονομικών Υπηρεσιών. Μελέτη Περίπτωσης: Χερσόνησος Κασσάνδρας, Χαλκιδική." *Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών*. <https://docplayer.gr/211804749-Programma-metaptyhiakon-spydon-eidikeysis-prostasia-perivallontos-kai-viosimi-anaptyxi.html>.