

**ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ
ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΠΟΥ
ΥΠΟΒΑΛΛΟΝΤΑΙ ΠΡΟΣ ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ ΑΠΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΟΥ ΕΣΠΑ 2021 - 2027**

**ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΡΓΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**

Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας & Οικονομικών
Γενική Γραμματεία Δημοσίων Επενδύσεων & ΕΣΠΑ
Εθνική Αρχή Συντονισμού
Γενική Διεύθυνση Θεσμικής και Επιχειρησιακής Υποστήριξης ΕΣΠΑ
Ειδική Υπηρεσία Θεσμικής Υποστήριξης & Πληροφοριακών Συστημάτων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το παρόν έγγραφο είναι συνοδευτικό του «Προσωρινού πλαισίου αξιολόγησης της κλιματικής ανθεκτικότητας έργων που υποβάλλονται προς χρηματοδότηση από το ΕΣΠΑ 2021-2027» και αφορά παραδείγματα εφαρμογής της υποβολής έκθεσης τεκμηρίωσης της κλιματικής ανθεκτικότητας, σύμφωνα με το πλαίσιο που αναφέρθηκε, για Έργα διαχείρισης στερεών αποβλήτων. Περιλαμβάνει τα κεφάλαια που αναφέρονται στο έγγραφο «Περιεχόμενα έκθεσης τεκμηρίωσης», του προαναφερθέντος πλαισίου, δηλαδή την εισαγωγή, το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και τη βιβλιογραφία. Κάθε κεφάλαιο βασίζεται στη μεθοδολογία του «Πλαισίου αξιολόγησης» και έχει αναπτυχθεί με την εφαρμογή ποικίλων και αντιπροσωπευτικών παραδειγμάτων εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων. Πρέπει να τονιστεί ότι τα παραδείγματα που χρησιμοποιούνται είναι **ενδεικτικά** και συνεπώς, οι παράμετροι και τα χαρακτηριστικά των παραδειγμάτων του εγγράφου δε δύναται να θεωρηθούν ως πρότυπα δεδομένα υπολογισμών από τους Δικαιούχους και να αναπαραχθούν επακριβώς στο προτεινόμενο έργο τους, καθώς κάθε έργο υποδομής πρέπει να μελετάται ξεχωριστά ως προς το σύνολο των μεταβλητών που το επηρεάζει.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|-----------|
| Οργάνωση του παρόντος οδηγού..... | 3 |
| 1. Εισαγωγή | 4 |
| 1.1. Περιγραφή του Έργου | 8 |
| 1.2. Χωροθέτηση | 9 |
| 1.3. Περιληπτική απόδοση του τρόπου αντιμετώπισης των ζητημάτων κλιματικής αλλαγής | 10 |
| 2. Μετριασμός της κλιματικής αλλαγής | 12 |
| 2.1. Προέλεγχος..... | 12 |
| 2.2. Λεπτομερής ανάλυση | 16 |
| 2.2.1. Ανθρακικό αποτύπωμα του Έργου | 16 |
| 2.2.2. Σχετικές Εκπομπές του Έργου | 23 |
| 2.2.3. Οικονομική αποτίμηση των εκπομπών..... | 24 |
| 2.2.4. Συμβατότητα με το στόχο της κλιματικής ουδετερότητας | 24 |
| 3. Προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή..... | 27 |
| 3.1. Προέλεγχος..... | 27 |
| 3.2. Λεπτομερής ανάλυση..... | 39 |
| 3.2.1. Ανάλυση διακινδύνευσης | 39 |
| 3.2.2. Μέτρα για την ενίσχυση της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή..... | 42 |
| 3.2.3. Πρόγραμμα παρακολούθησης..... | 45 |
| 3.2.4. Συνέπεια με στρατηγικές και σχέδια προσαρμογής..... | 46 |
| 4. Βιβλιογραφία..... | 49 |

Οργάνωση του παρόντος οδηγού

Στο παρόν έγγραφο αναπτύσσονται παραδείγματα Έργων διαχείρισης στερεών αποβλήτων. Σε αυτή τη γενική κατηγορία συγκαταλέγονται Έργα όπως Πράσινα Σημεία, Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ), Μονάδες μηχανικής ή/και βιολογικής Επεξεργασίας Αποβλήτων (ΜΕΑ, ΜΕΒΑ), Μονάδες Ανάκτησης Ανακύκλωσης (ΜΑΑ) και Χώροι Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ).

Τα κεφάλαια του παρόντος ακολουθούν την απαιτούμενη διάρθρωση των κεφαλαίων των εκθέσεων κλιματικής ανθεκτικότητας και περιλαμβάνουν επεξηγηματικά κείμενα (σε καφέ πλαίσιο) και παραδείγματα εφαρμογής (σε μπλε πλαίσιο). Τα παραδείγματα πρέπει να εκλαμβάνονται ως ενδεικτικά και μόνο. Οι εκθέσεις κλιματικής ανθεκτικότητας πρέπει να αντανακλούν τις ιδιαιτερότητες του κάθε έργου. Αν και κάποια παραδείγματα συνδέονται, τα περισσότερα είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και έχουν αναπτυχθεί έτσι ώστε να καλύπτουν κατά το δυνατό περισσότερες περιπτώσεις.

Η έκθεση περιλαμβάνει τις ακόλουθες περιπτώσεις έργων διαχείρισης στερεών αποβλήτων:

| Παράδειγμα | Περιγραφή | Μετριάσμος Κλιματικής Αλλαγής | Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή |
|------------|----------------|-------------------------------|----------------------------------|
| A | ΚΔΑΥ | ✓ | ✓ |
| B | ΧΥΤΥ | ✓ | ✓ |
| Γ | Πράσινο Σημείο | ✓ | |
| Δ | Κομποστοποίηση | ✓ | |

Σημείωση: Τα παραδείγματα είναι αποκλειστικά ενδεικτικά. Βέβαια, τα αριθμητικά δεδομένα στηρίζονται σε ρεαλιστικές καταστάσεις. Ωστόσο, κάθε περίπτωση είναι διαφορετική και ακόμη και για το ίδιο είδος εγκατάστασης, οι εκπομπές η ευαισθησία, η έκθεση στην κλιματική αλλαγή και τα μέτρα προσαρμογής μπορεί να είναι διαφορετικά ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται και τη χωροθέτηση του Έργου. Ο υπεύθυνος εκπόνησης της μελέτης θα πρέπει να λάβει υπόψη τις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε έργου διαχείρισης στερεών αποβλήτων. Σημειώνεται επίσης, ότι σε κάθε περίπτωση οι μελέτες πρέπει να περιλαμβάνουν τουλάχιστο προέλεγχο τόσο για τον μετριάσμο της κλιματικής αλλαγής όσο και για την προσαρμογή σε αυτή. Στο παρόν έγγραφο τα παραδείγματα δεν αναπτύσσονται πλήρως και κάθε παράδειγμα αφορά ένα συγκεκριμένο τμήμα εφαρμογής του γενικού πλαισίου (μετριάσμος ή προσαρμογή).

1. Εισαγωγή

Επεξηγηματικό κείμενο 1 : Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Αστικά Στερεά Απόβλητα

Ως απόβλητο περιγράφεται «κάθε ουσία ή αντικείμενο, το οποίο ο κάτοχός του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει».

Ως αστικά στερεά απόβλητα, ΑΣΑ, σύμφωνα με το Νόμο 4819/2021 (ΦΕΚ Α 129), ορίζονται τα ανάμεικτα απόβλητα και τα απόβλητα που συλλέγονται από τα νοικοκυριά, καθώς και τα ανάμεικτα απόβλητα και τα απόβλητα που συλλέγονται χωριστά από άλλες πηγές, όταν είναι παρόμοια ως προς τη φύση και τη σύνθεση με τα οικιακά απόβλητα.

Διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων

Το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ)¹, θέτει τον στόχο της μείωσης των αποβλήτων που οδηγούνται προς διάθεση σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤ) στο 10% για το 2030 από το 78,4% του 2018. Επιπλέον, το ΕΣΔΑ συνάδει με τους ευρωπαϊκούς στόχους για την ανακύκλωση στο 55% για το 2025 και στο 60% για το 2030.

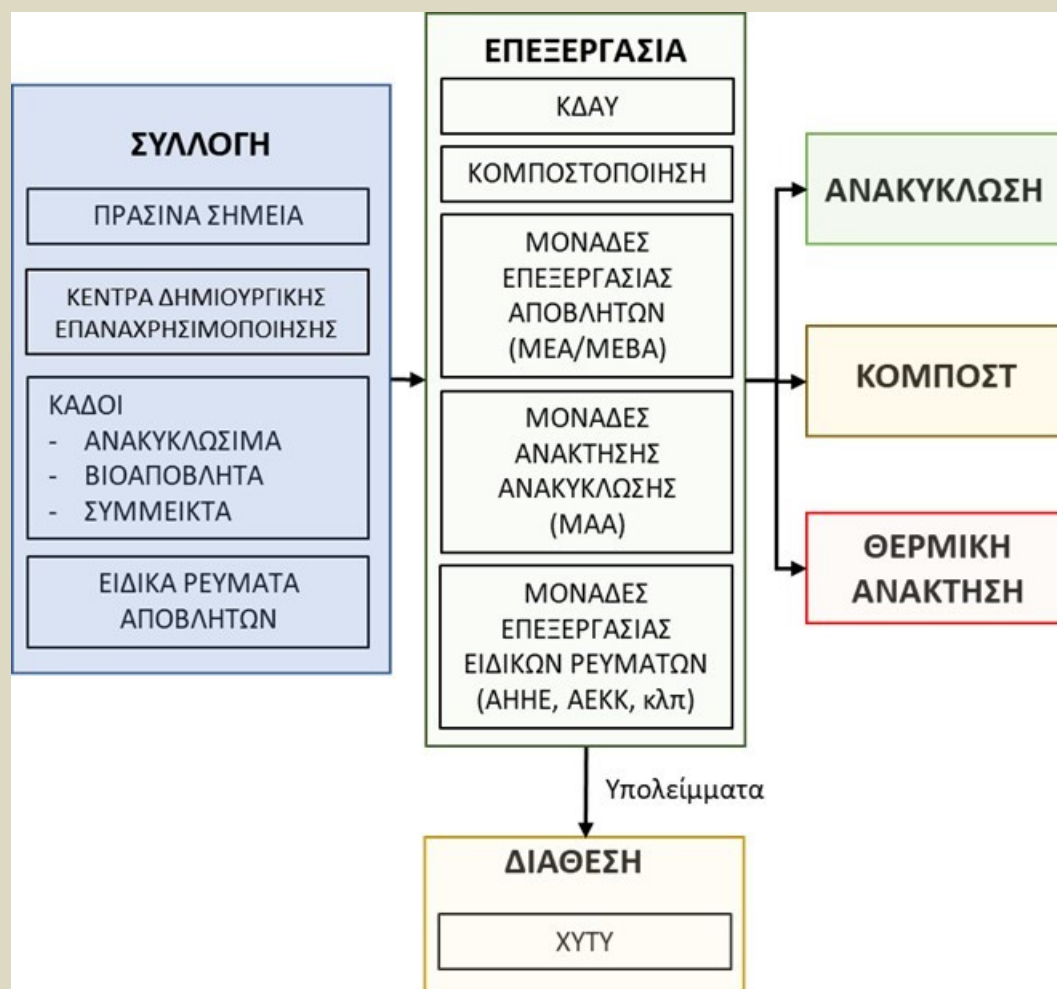
Η διαχείριση των αποβλήτων στη χώρα έχει απομακρυνθεί από την προσέγγιση της διάθεσης των ΑΣΑ σε Χώρους Ανεξέλεγκτης Διάθεσης (ΧΑΔΑ) του παρελθόντος. Μέχρι πρότινος, η διάθεση των ΑΣΑ γινόταν σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων (ΧΥΤΑ). Ωστόσο, για την επίτευξη των στόχων του ΕΣΔΑ, προς ταφή θα οδηγούνται πλέον μόνον τα υπολείμματα από την επεξεργασία των αποβλήτων. Κατά συνέπεια οι ΧΥΤ λειτουργούν ως Χώροι Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ), έχοντας εξαντλήσει κάθε περιθώριο προετοιμασίας για επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωσης και άλλου είδους ανάκτησης των αποβλήτων πριν την τελική διάθεση.

Για το σκοπό αυτό, στη διαχείριση των αποβλήτων καταργείται το γραμμικό μοντέλο κατά το οποίο τα ΑΣΑ συλλέγονται και οδηγούνται σε ΧΥΤ. Μεταξύ των δύο σημείων (συλλογή, ταφή) παρεμβάλλεται ένα δίκτυο υποδομών όπου από τα ΑΣΑ ανακτώνται αξιοποιήσιμα ρεύματα υλικών που αποτελούν πρώτες ύλες αντικαθιστώντας άλλα υλικά, μειώνοντας σημαντικά τον όγκο των υπολειμμάτων. Το ΕΣΔΑ επιβάλλει:

- την ενίσχυση της Διαλογής στην Πηγή με την ανάπτυξη δικτύου χωριστής συλλογής
- την ενίσχυση και αναβάθμιση των Κέντρων Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ)
- δημιουργία επαρκούς εθνικού δικτύου μονάδων διαχείρισης αποβλήτων και βιοαποβλήτων (ΜΕΑ/ΜΑΑ, ΜΕΒΑ)
- προώθηση της παραγωγής εναλλακτικών καυσίμων στις ΜΕΑ/ΜΑΑ και τα ΚΔΑΥ

¹ ΦΕΚ Α' 185/2020, Πράξη 39, 31.8.2020, «Έγκριση του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ)», όπως τροποποιήθηκε με το ΦΕΚ Α' 94/2023 «Έγκριση τροποποιήσεων του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (Ε.Σ.Δ.Α.)-Τροποποίηση της υπ' αρ. 39/31.8.2020 Πράξης Υπουργικού Συμβουλίου (Α' 185).»

Με βάση τα παραπάνω η Διαχείριση των ΑΣΑ στη χώρα έχει τη μορφή του ακόλουθου διαγράμματος.



Διάγραμμα: Διαχείριση στερεών αποβλήτων

Συλλογή

Αρμόδιος φορέας για τη συλλογή και τη μεταφορά των ΑΣΑ είναι ο εκάστοτε ΟΤΑ. Η συνηθέστερη πρακτική είναι η συλλογή των αποβλήτων συσκευασίας χωριστά σε μπλε κάδους διαχωρίζοντας τα ανακυκλώσιμα ρεύματα από τα σύμμεικτα αστικά απόβλητα που τοποθετούνταν εξ ολοκλήρου στους μοναδικούς πράσινους κάδους στο παρελθόν. Για την ενίσχυση της Διαλογής στην πηγή προωθείται η υιοθέτηση συστήματος περισσότερων κάδων με διάκριση περισσότερων ρευμάτων (ξεχωριστοί κάδοι για οργανικά, χαρτί, γυαλί, μέταλλο, πλαστικό κ.λπ.)

Χώροι Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ)

Ως χώρος υγειονομικής ταφής ορίζεται το σύνολο των εγκαταστάσεων και των φυσικών μέσων που χρησιμοποιούνται για την απόθεση των υπολειμμάτων της διαχείρισης αστικών αποβλήτων στο έδαφος, που σχεδιάζονται ώστε να ελαχιστοποιούνται οι επιδράσεις τους,

λόγω της λειτουργίας τους στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.

Διαμορφώνεται λεκάνη απόθεσης σε σημείο όπου για το υπέδαφος επικρατούν κατάλληλες γεωλογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες. Η λεκάνη απόθεσης καλύπτεται από στρώση αργίλου ως στεγανωτικό υλικό και έπειτα από στεγανωτική μεμβράνη για να αποτραπεί η ρύπανση των υδροφόρων στρωμάτων.

Στη συνέχεια τοποθετούνται σωληνώσεις περισυλλογής των στραγγισμάτων. Τα στραγγίσματα επεξεργάζονται βιολογικά και το επεξεργασμένο υγρό επανακυκλοφορεί στο χώρο ταφής για ρύθμιση της υγρασίας είτε διατίθεται σε κατάλληλο αποδέκτη. Η εγκατάσταση επεξεργασίας στραγγισμάτων αποτελεί συνοδό έργο ενός ΧΥΤΥ.

Η απόθεση των υπολειμμάτων γίνεται οργανωμένα σε αυτόνομες δομικές μονάδες που ονομάζονται κύτταρα. Κάθε κύτταρο έχει δικό του διαμορφωμένο και στεγανοποιημένο πυθμένα με σαφή υδραυλικά όρια από το επόμενο και δικό του σύστημα συλλογής στραγγισμάτων. Κάθε κύτταρο πληρούται εξ' ολοκλήρου πριν την αρχή πλήρωσης του επομένου. Όταν ολοκληρώνεται ένα κύτταρο, καλύπτεται από στρώμα πληρωτικού υλικού πάχους 30 cm για αποφυγή διασποράς των αποβλήτων και στεγανοποίηση. Τα κύτταρα έχουν διατομή παραλληλογράμμου τέτοια ώστε να δημιουργείται πρηνές κλίσης 3:1.

Σε έναν ΧΥΤΥ παράγεται βιοαέριο (μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα) που αν δεσμεύεται μπορεί να αξιοποιηθεί για αυτοπαραγωγή ενέργειας ή καίγεται σε πυρσό. Οι διάχυτες εκπομπές μεθανίου ενός ΧΥΤΥ είναι σημαντικές όσον αφορά το αποτύπωμα άνθρακα της εγκατάστασης.

Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ)

Οι εγκαταστάσεις ΚΔΑΥ δέχονται μόνο ανακυκλώσιμα απόβλητα μετά από διαλογή στην πηγή, δηλαδή το σύνολο των υλικών συσκευασίας τόσο βιομηχανικής προέλευσης όσο και από τους μπλε κάδους ή κάδους χωριστής συλλογής των Δήμων.

Στα ΚΔΑΥ πραγματοποιείται διαχωρισμός των ανακυκλώσιμων υλικών με συνδυασμό μεθόδων μηχανικής και χειρωνακτικής διαλογής. Διαχωρίζονται ανάμικτα μη επικίνδυνα στερεά απόβλητα ή ομάδες υλικών, τα οποία προέρχονται από διαλογή στην πηγή και ακολούθως πραγματοποιείται δεματοποίηση των διαχωρισθέντων ρευμάτων. Τα εξερχόμενα υλικά χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη καθαρότητα και συνεπώς δύναται να επιτευχθούν οι προδιαγραφές που θέτει η βιομηχανία ανακύκλωσης υλικών.

Τα εξερχόμενα υλικά διοχετεύονται στην αγορά για ανακύκλωση. Τα υπόλοιπα, δηλαδή όσα έχουν εναπομείνει μετά τη διαδικασία διαχωρισμού (υπόλειμμα), οδηγούνται συνήθως για εναλλακτική διαχείριση σε Μονάδες Επεξεργασίας Αποβλήτων ή εάν δεν υπάρχει άλλη λύση προς τελική διάθεση.

Πράσινα Σημεία & Κέντρα Δημιουργικής Επαναχρησιμοποίησης Υλικών (ΚΔΕΥ)

Πρόκειται για οργανωμένους χώρους στους οποίους οι πολίτες αποθέτουν ειδικά απόβλητα οικιακής προέλευσης. Τα Πράσινα Σημεία υποδέχονται:

- ανακυκλώσιμα υλικά (χαρτί, πλαστικό, μέταλλο, γυαλί),

- πράσινα απόβλητα κήπων και πάρκων όπως κλαδέματα,
- ογκώδη απόβλητα (είδη επίπλωσης, στρώματα κλπ),
- απόβλητα ηλεκτρικού & ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) και λαμπτήρες
- βρώσιμα έλαια & λίπη
- κλωστοϋφαντουργικά απόβλητα (ρούχα, κουρτίνες, χαλιά κλπ)

Η λειτουργία των πράσινων σημείων έχει ως σκοπό την μείωση της ανεξέλεγκτης και παράνομης διάθεσης αυτών των τύπων αποβλήτων στη φύση και την εφαρμογή της ολοκληρωμένης διαχείρισής τους. Παράλληλα, η ύπαρξη των πράσινων σημείων διευκολύνει το έργο της συλλογής των αποβλήτων, καταργώντας την παρούσα καθιερωμένη κατάσταση όπου η περισυλλογή επιβαρύνει τη δημοτική αρχή με δρομολόγια πέρα των προγραμματισμένων.

Στα πράσινα σημεία, κάθε ρεύμα τακτοποιείται και αποθηκεύεται χωριστά. Πραγματοποιείται αποσυναρμολόγηση των ογκωδών αποβλήτων και των ΑΗΗΕ για μείωση του όγκου και αξιοποίηση μερών που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν.

Μονάδες Κομποστοποίησης

Μέσω της βιολογικής διεργασίας της κομποστοποίησης, οργανικά υλικά μετατρέπονται σε κόμποστ, δηλαδή σε οργανικό εδαφοβελτιωτικό ή πληρωτικό υλικό (CLO) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εργασίες εδαφοκάλυψης. Οι μονάδες κομποστοποίησης δέχονται:

- το οργανικό κλάσμα των σύμμεικτων αποβλήτων
- προδιαλεγμένα οργανικά
- πράσινα απόβλητα (γρασίδι, κλαδέματα)
- ιλύ από επεξεργασία λυμάτων

Σημειώνεται ότι το οργανικό κλάσμα των σύμμεικτων αποβλήτων δεν επιτρέπεται να υπόκειται σε επεξεργασία στην ίδια γραμμή με τα προδιαλεγμένα οργανικά απόβλητα.

Τα οργανικά απόβλητα τοποθετούνται σε σειράδια. Για να εξασφαλιστούν αερόβιες συνθήκες προβλέπεται ο τακτικός αερισμός των σειραδίων είτε με εγκατεστημένο δίκτυο αερισμού είτε με ειδικό για την ανάδευση μηχανήμα έργου. Όταν εξασφαλίζονται αερόβιες συνθήκες το κύριο εκλυόμενο αέριο είναι βιογενές CO₂ που δεν προσμετράται στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Το παραγόμενο κόμποστ υπόκειται σε διαδικασία ωρίμανσης για την σταθεροποίηση του την εξουδετέρωση των παθογόνων μικροοργανισμών και σε ραφινάρισμα για απομάκρυνση προσμίξεων και ρύθμιση της κοκκομετρίας.

Μονάδα Επεξεργασίας Αποβλήτων (ΜΕΑ) και Μονάδα Ανάκτησης Ανακύκλωσης (ΜΑΑ)

Στις ΜΕΑ πραγματοποιείται μηχανική και βιολογική επεξεργασία, κυρίως, των εισερχομένων αποβλήτων και των υπολειμμάτων από ΚΔΑΥ. Για τη μηχανική διαλογή απαιτείται συστοιχία μαγνητών, βαλλιστικών και εξειδικευμένων οπτικών διαχωριστών, απ' όπου διαχωρίζονται τα διάφορα ρεύματα ανακυκλώσιμων υλικών. Το ρεύμα βιολογικών

αποβλήτων το οποίο διαχωρίζεται στις ΜΕΑ υπόκεινται σε βιολογική επεξεργασία. Συνηθέστερα στις ΜΕΑ βρίσκει εφαρμογή η αερόβια διεργασία της κομποστοποίησης ή η αναερόβια χώνευση με μετακομποστοποίηση κλειστού τύπου. Προϊόντα της τελευταίας βιολογικής επεξεργασίας είναι το βιοαέριο και υλικό τύπου κόμποστ (compost like output – CLO). Το βιοαέριο αξιοποιείται για αυτοπαραγωγή ενέργειας ή και παραγωγή ενέργειας που τροφοδοτείται στο δίκτυο. Τα υπολείμματα των διεργασιών καταλήγουν σε ΧΥΤΥ.

Η περιγραφή των ΜΕΑ δίνεται σε γενικευμένη μορφή. Απαντώνται μονάδες που διαφέρουν σημαντικά ως προς τη δυναμικότητά τους, τη σύσταση των εισερχόμενων αποβλήτων που μεταξύ άλλων εξαρτάται από την οικονομική δραστηριότητα της εξυπηρετούμενης περιοχής και τις εφαρμοζόμενες τεχνολογίες βιολογικής επεξεργασίας (αν υπάρχει τέτοιου είδους επεξεργασία).

Μονάδες ενεργειακής αξιοποίησης υπολειμμάτων επεξεργασίας

Στις μονάδες αυτές γίνεται ανάκτηση ενέργειας με θερμική επεξεργασία των υπολειμμάτων των ΜΕΑ/ΜΑΑ ή/και των εναλλακτικών καυσίμων. Μεταβατικά, είναι επιτρεπτή και η θερμική επεξεργασία των υπολειμματικών σύμμεικτων ΑΣΑ.

1.1. Περιγραφή του Έργου

Παράδειγμα Α: Περιγραφή Κέντρου Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ)

Στην περιγραφή κάθε Έργου ενδείκνυται να δίνονται συνοπτικά στοιχεία από τεχνικά έγγραφα του φακέλου του Έργου όπως:

- Τίτλος Έργου
- Προϋπολογισμός
- Περιβαλλοντική κατάσταση
- Στοιχεία σχεδιασμού (π.χ. δυναμικότητα, ποσότητες ανακυκλώσιμων, ποσότητες υπολείμματος, αναμενόμενη ανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο)
- Διάρκεια ζωής

Στο παράδειγμα, εξετάζεται η περιγραφή ενός Κέντρου Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών στο πλαίσιο της έκθεσης τεκμηρίωσης της ενίσχυσης της ανθεκτικότητας στην κλιματική αλλαγή. Οι πληροφορίες αντλούνται από τεχνικά έγγραφα και προσαρμόζονται στις απαιτήσεις της έκθεσης τεκμηρίωσης.

Τίτλος Έργου: Κέντρου Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών

Περιβαλλοντική Κατάταξη: Ομάδα 4η , α/α 10β «Εγκαταστάσεις ανάκτησης υλικών από μη επικίνδυνα σύμμεικτα ανακυκλώσιμα απόβλητα μέσω μηχανικής ή/και χειρωνακτικής διαλογής (ΚΔΑΥ) (εργασίες R12)», Υποκατηγορία Α2 (Σταθερή μονάδα, χωρίς παραγωγή RDF, με $Q: 340 \text{ t/ημ} > 50 \text{ t/ημ}$, όπου Q : ημερήσια ποσότητα εισερχομένων αποβλήτων).

Διάρκεια ζωής: 40 έτη

Επεξεργασία:

Το ΚΔΑΥ διαχειρίζεται ανάμεικτα απόβλητα συσκευασιών που προέρχονται από διαλογή στην πηγή από προγράμματα ΟΤΑ ή από βιομηχανικές και επαγγελματικές εγκαταστάσεις (Βιομηχανικά και Επαγγελματικά Απόβλητα Συσκευασίας, ΒΕΑΣ). Ο διαχωρισμός των εισερχομένων γίνεται σε γραμμή διαλογής. Τα υλικά τροφοδοτούνται στην αρχή της γραμμής και μεταφέρονται από ταινιομεταφορείς όπου ανακτώνται με χειρωνακτικό τρόπο τα ανακυκλώσιμα. Για τα σιδηρούχα χρησιμοποιείται μαγνήτης. Το υπόλειμμα απορρίπτεται σε κοντέινερ το οποίο μετά την πλήρωση του μεταφέρεται σε ΧΥΤ ή σε μονάδες παραγωγής RDF/SRF. Η γραμμή διαλογής λειτουργεί σε 3 βάρδιες και για 320 ημέρες το χρόνο. Όταν ανακτηθεί ικανή ποσότητα από ένα υλικό, τότε δεματοποιείται. Τα δέματα ανακτημένων υλικών αποθηκεύονται προσωρινά ως την αποστολή τους σε εταιρείες ανακύκλωσης.

Στοιχεία Σχεδιασμού:

- Μέγιστη Δυναμικότητα υλικού από ΟΤΑ 28.000 tn ετησίως
- Μέγιστη Δυναμικότητα ΒΕΑΣ 80.000 tn ετησίως
- Συνολική εγκατεστημένη ισχύς 340 kW
- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 2.500 MWh ετησίως.

1.2. Χωροθέτηση

Ορίζεται με σαφήνεια η χωροθέτηση του Έργου. Το γήπεδο που καταλαμβάνει μία μονάδα διαχείρισης στερεών αποβλήτων έχει εμβαδική χωροθέτηση, αλλά ενδέχεται να πλαισιώνεται από βοηθητικά υπο-Έργα όπως συνδέσεις με το υπάρχον οδικό δίκτυο με γραμμική χωροθέτηση. Η θέση του Έργου και των βοηθητικών υπο-Εργων αποτυπώνονται σε αναλυτικό χάρτη ή/και τοπογραφικό διάγραμμα αναγράφοντας τις συντεταγμένες σε μορφή ΕΓΣΑ 87 ή/και WSG 1984. Περιλαμβάνεται το σύνολο των υπο-Εργων και σε περιπτώσεις μη εμβαδικών υπο-Εργων η οριοθέτηση γίνεται με κατάλληλο τρόπο.

Οι πληροφορίες αυτές είναι απαραίτητες για την ανάλυση έκθεσης που απαιτείται κατά τον προέλεγχο της προσαρμογής του Έργου στην κλιματική αλλαγή.

Παράδειγμα Α: Χωροθέτηση Κέντρου Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών

Το γήπεδο της εγκατάστασης του ΚΔΑΥ είναι περίπου 8.000 m² και βρίσκεται εκτός των ορίων κατοικημένης περιοχής.

Παρατίθεται χάρτης κατάλληλης κλίμακας όπου αποτυπώνονται το γήπεδο της εγκατάστασης που οριοθετείται με πολύγωνο και σε συνοδευτικούς πίνακες δίνονται οι συντεταγμένες των κορυφών. Ο χάρτης θα πρέπει να είναι σε κατάλληλη κλίμακα έτσι ώστε να περιλαμβάνει τυχόν περιοχές γύρω από την εγκατάσταση που έχουν σημασία για τον έλεγχο της κλιματικής ανθεκτικότητας, όπως για παράδειγμα υδάτινα σώματα και δασικές εκτάσεις. Οι περιοχές αυτές θα πρέπει να σημειώνονται με ευκρίνεια.

1.3. Περίληπτική απόδοση του τρόπου αντιμετώπισης των ζητημάτων κλιματικής αλλαγής

Αυτή η παράγραφος έχει σκοπό να λειτουργήσει ως περίληψη όσων αναλυτικά αναφέρονται στα κεφάλαια 2 (μετρίασμός) και 3 (προσαρμογή) της έκθεσης τεκμηρίωσης. Στην περίληψη αυτή πρέπει να περιλαμβάνονται μόνο τα βασικά συμπεράσματα που αφορούν την τεκμηρίωση της κλιματικής ανθεκτικότητας.

Παράδειγμα Α: Περίληψη έκθεσης ενίσχυσης ανθεκτικότητας ΧΥΤΥ

Μετρίασμός της κλιματικής αλλαγής

Το προτεινόμενο Έργο αφορά Χώρο Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων. Το Έργο περιλαμβάνεται στην ομάδα του πίνακα προελέγχου για την οποία απαιτείται λεπτομερής ανάλυση του ανθρακικού αποτυπώματος. Στο ανθρακικό αποτύπωμα υπολογίζονται οι απόλυτες εκπομπές ΑΘ ίσες με **61.023,29 tn CO₂ eq**. Η διενέργεια οικονομικής αποτίμησης έδειξε ότι το έτος 2025 το κόστος άνθρακα θα είναι **10.068.843 €** και το έτος 2050 το κόστος άνθρακα θα είναι **48.818.632 €**.

Προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή

Κατά τον προέλεγχο, το προτεινόμενο Έργο αναλύεται ως προς την ευαισθησία, την έκθεση και την τρωτότητα στην κλιματική αλλαγή. Από την ανάλυση τρωτότητας προκύπτει ότι το Έργο εμφανίζει τουλάχιστον μέτρια τρωτότητα στις ακόλουθες πηγές κινδύνου:

- Καύσωνας (υψηλή τρωτότητα)
- Δασική πυρκαγιά (μέτρια τρωτότητα)
- Κυκλώνας, ισχυρές καταιγίδες, τυφώνας (μέτρια τρωτότητα)
- Θύελλα (μέτρια τρωτότητα)
- Ανεμοστρόβιλος, θυελλώδεις άνεμοι (μέτρια τρωτότητα)
- Ξηρασία (μέτρια τρωτότητα)
- Ισχυρός υετός (βροχή, χαλάζι, χιόνι/ πάγος) (υψηλή τρωτότητα)
- Πλημμύρα (υψηλή τρωτότητα)
- Κατολίσθηση/Διάβρωση του εδάφους (μέτρια τρωτότητα)
- Καθίζηση (μέτρια τρωτότητα)
- Μεταβλητότητα της θερμοκρασίας (μέτρια τρωτότητα)

Από την ανάλυση διακινδύνευσης που διενεργείται, αναδεικνύονται ο καύσωνας και ο ισχυρός υετός ως σημαντικοί εγγενείς κίνδυνοι και ως μέτριοι κίνδυνοι η ξηρασία, η

καθίζηση και η μεταβολή της θερμοκρασίας.

Για το λόγο αυτό, επιλέγονται πρόσθετα μέτρα προσαρμογής, ώστε ο κάθε εγγενής κίνδυνος να μειωθεί σε αποδεκτό επίπεδο υπολειπόμενου κινδύνου. Σε αυτά περιλαμβάνονται η εγκατάσταση μόνιμου συστήματος πυρόσβεσης για την αντιμετώπιση πυρκαγιών, επανακυκλοφορία των στραγγισμάτων, ενισχυμένο δίκτυο διαχείρισης ομβρίων για την αντιμετώπιση έντονου υετού, η ύπαρξη αποθέματος πληρωτικού υλικού, η ενίσχυση της στατικότητας των κυψελών για την αντιμετώπιση κινδύνων καθίζησης, ο σχεδιασμός μέτρων αντιπλημμυρικής προστασίας και η εκπαίδευση των εργαζομένων.

Επίσης, δίνεται πρόγραμμα παρακολούθησης της προσαρμογής στην κλιματικής αλλαγή και η συνέπεια του Έργου με στρατηγικές και σχέδια προσαρμογής. Η παρακολούθηση περιλαμβάνει τη συστηματική παρακολούθηση κλιματικών παραμέτρων που ενδέχεται να επηρεάσουν το ΧΥΤΥ καθώς και η παρακολούθηση μετεωρολογικών παραμέτρων με στόχο την έγκαιρη πρόβλεψη ακραίων μετεωρολογικών φαινομένων.

2. Μετριασμός της κλιματικής αλλαγής

2.1. Προέλεγχος

Τα Έργα που σχετίζονται με τη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων, όπως φαίνεται και από το θεωρητικό υπόβαθρο που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο της εισαγωγής, εμφανίζουν ετερογένεια μεταξύ τους. Αυτό αποτυπώνεται και στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Σε Έργα όπου δεν λαμβάνουν χώρα βιολογικές διεργασίες οι εκπομπές ΑΘ προέρχονται από την καύση ορυκτών καυσίμων και τις έμμεσες εκπομπές για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία του Έργου. Σε Έργα με βιολογικές διεργασίες στις προαναφερθείσες εκπομπές προστίθενται και οι διάχυτες εκπομπές μεθανίου, CH₄, και υποξειδίου του αζώτου, N₂O. Οι βιογενείς εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, CO₂, είτε από τις διεργασίες καθαυτές είτε από την καύση του παραγόμενου βιοαερίου δεν προσμετρώνται στο ανθρακικό αποτύπωμα του Έργου ως μέρος του σύντομου κύκλου άνθρακα, σύμφωνα με τη μεθοδολογία της IPCC².

Σύμφωνα με τον πίνακα προελέγχου μετριασμού της Τεχνικής Οδηγίας³, σε μονάδες μηχανικής και βιολογικής επεξεργασίας αποβλήτων δεν απαιτείται λεπτομερής ανάλυση του ανθρακικού αποτυπώματος του Έργου, ενώ σε χώρους Υγειονομικής Ταφής είναι απαραίτητη.

Σε περιπτώσεις εγκαταστάσεων όπου λαμβάνει χώρα και βιολογική επεξεργασία των αποβλήτων σημαντικό μέρος των εκπομπών ΑΘ προέρχεται από τις βιοδιεργασίες. Μονάδες επεξεργασίας μεγάλου μεγέθους, που εξυπηρετούν συνήθως πλήθος γειτονικών Δήμων και περιλαμβάνουν βιολογικές διεργασίες, είναι ικανές να προκαλέσουν εκπομπές άνω του ορίου των 20.000 τόνων CO₂ eq/ έτος η εκτίμηση αποτυπώματος άνθρακα είναι απαραίτητη.

Παράδειγμα Α: Προέλεγχος μετριασμός Κέντρου Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών

Στο ΚΔΑΥ οι εκπομπές ΑΘ οφείλονται κυρίως στις μεταφορές των αποβλήτων προς την εγκατάσταση και την αποστολή των ανακτώμενων υλικών κατάλληλες μονάδες ή των υπολειμμάτων σε ΧΥΤΥ. Η λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού και οι λοιπές ενεργειακές απαιτήσεις της εγκατάστασης καλύπτονται από το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτουν έμμεσες εκπομπές ΑΘ που οφείλονται στην παραγωγή της.

Υπολογισμός εκπομπών

Καύση καυσίμου σε κινητά μέσα

Η εγκατάσταση λειτουργεί για 320 ημέρες το έτος. Εντός των οργανωτικών ορίων της εγκατάστασης ανήκουν μόνο τα ιδιόκτητα φορτηγά οχήματα που μεταφέρουν τα ανακτώμενα υλικά και τα υπολείμματα εκτός του Έργου. Κατά μέσο όρο από την

² IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, volume 5: waste, chapter 3: solid waste disposal, p.3.6

³ Τεχνικές κατευθυντήριες οδηγίες σχετικά με την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των υποδομών στην κλιματική αλλαγή κατά την περίοδο 2021-2027 (2021/C 373/01)

εγκατάσταση αναχωρούν 20 φορτηγά οχήματα την ημέρα που διανύουν συνολική μέση απόσταση 30 km. Θεωρείται μέση κατανάλωση καυσίμου 30 lt diesel /100 km και η πυκνότητα του καυσίμου λαμβάνεται 0,845 kg/m³. Τελικώς υπολογίζεται:

- **Κατανάλωση καυσίμου** = 20 φορτηγά/ ημέρα x 320 ημέρες/ έτος x 30 km x 30 lt/ 100 km x 0,845 tn/ m³ x 1 m³/ 1000 lt = **48,67 tn diesel/έτος**
- **Εκπομπές CO₂** = ανάλωση x NCV x EF x OF = 48,67 tn x 0,0428 TJ/tn x 73,78 tn CO₂/TJ x 1 = 153,70 tn CO₂/ έτος ή 153,70 tn CO₂ eq/έτος
- **Εκπομπές CH₄** = ανάλωση x NCV x EF x OF = 48,67 tn x 0,0428 TJ/tn x 3,9 kg CH₄/TJ x 1 = 0,008 tn CH₄/ έτος ή 0,23 tn CO₂ eq/έτος
- **Εκπομπές N₂O** = ανάλωση x NCV x EF x OF = 48,67 tn x 0,0428 TJ/tn x 3,9 kg N₂O/TJ x 1 = 0,008 tn N₂O/ έτος ή 2,15 tn CO₂ eq/έτος
- **Συνολικές Εκπομπές από καύσιμα = 156,08 tn CO₂ eq/έτος**

Έμμεσες εκπομπές από ηλεκτρική ενέργεια

- **Εκπομπές CO₂** = κατανάλωση ενέργειας x συντελεστής εκπομπών = 2.500.000 kWh x 0,437 kg/ kWh = 1.092,50 tn CO₂ ή 1.092,50 tn CO₂ eq/έτος
- **Εκπομπές CH₄** = κατανάλωση ενέργειας x συντελεστής εκπομπών = 2.500 MWh x 6,43 g CH₄/MWh = 0,016 tn CH₄ ή 0,45 tn CO₂ eq/έτος
- **Εκπομπές N₂O** = κατανάλωση ενέργειας x συντελεστής εκπομπών = 2.500 MWh x 2,73 g N₂O/MWh = 0,01 tn N₂O ή 1,81 tn CO₂ eq/έτος
- **Συνολικές Εκπομπές από ηλεκτρική ενέργεια = 1.094,76 tn CO₂ eq/έτος**

Οι συνολικές εκπομπές του Έργου (156,08 + 1.094,76 = 1.250,83 tn CO₂ eq/έτος) δεν ξεπερνούν το όριο των 20.000 tnCO₂eq. Επομένως για την αξιολόγηση του μετριασμού της κλιματικής αλλαγής δεν απαιτείται λεπτομερής ανάλυση.

Παράδειγμα Γ: Προέλεγχος μετριασμού σε Πράσινο Σημείο

Ένα Πράσινο Σημείο, όπως περιγράφεται αναλυτικότερα στο θεωρητικό πλαίσιο της εισαγωγής, είναι ένας υπαίθριος χώρος συγκέντρωσης οικιακών αποβλήτων ειδικής κατηγορίας. Από άποψη μεγέθους, ένα μεγάλο Πράσινο Σημείο εξυπηρετεί τις ανάγκες ενός Δήμου, ενώ μπορεί να πλαισιώνεται από σημεία Διαλογής σε επίπεδο γειτονιάς.

Οι εκπομπές μιας τέτοιας εγκατάστασης σχετίζονται με τη καύση καυσίμων σε φορτηγά οχήματα λόγω μεταφοράς των συλλεγέντων στην κατάλληλη μονάδα διαχείρισης. Η λειτουργία και οι εργασίες που λαμβάνουν χώρα στην εγκατάσταση (αν υπάρχει μηχανολογικός εξοπλισμός) απαιτούν κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αποδίδονται έμμεσες εκπομπές ΑΘ.

Λόγω της περιορισμένης δυναμικότητας των πράσινων σημείων και των ελάχιστων εργασιών επεξεργασίας των αποβλήτων που πραγματοποιείται σε αυτές, δεν αναμένεται να ξεπεραστεί το όριο των 20.000 tn CO₂ eq. Η εκτίμηση της συνεισφοράς του Έργου στον

μετριάσμο της κλιματικής αλλαγής δεν απαιτεί λεπτομερή ανάλυση με εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος και οικονομική ανάλυση των εκπομπών. Αντίθετα, αρκεί το στάδιο του Προελέγχου.

Παράδειγμα Δ: Προέλεγχος μετριάσμου σε Έργο Κομποστοποίησης

Στο παρόν παράδειγμα μελετάται μονάδα κομποστοποίησης βιοαποβλήτων. Το γήπεδο της εγκατάστασης καλύπτει έκταση περίπου 100 στρεμμάτων. Κατά την τεχνική μελέτη του Έργου, η μονάδα έχει μέγιστη δυναμικότητα:

- 20 tn/ημέρα προδιαλεγμένου οργανικού κλάσματος Αστικών Στερεών Αποβλήτων,
- 97,5 tn/ημέρα βιολογικής ιλύος από Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων,
- 11 tn/ημέρα πράσινων αποβλήτων.

Για την πραγματοποίηση των εργασιών της μονάδας θα χρησιμοποιείται κινητός και αυτοκινούμενος μηχανολογικός εξοπλισμός που περιλαμβάνει:

- Αυτοκινούμενο αναδευτή σειραδίων,
- ρυμουλκούμενο τεμαχιστή κλαδιών και χόρτων (ενδεικτικής ισχύος 10 hp – 7,3kW),
- φορτωτή,
- μικρό τρακτέρ με φρέζα και κύλινδρο,
- φορτηγό 12 tn,
- ρυμουλκούμενη πετρελαιοκίνητη διάταξη κοσκίνισης του τελικού παραγόμενου προϊόντος,
- φορτωτή διάστρωσης και καθαίρεσης των σειραδίων.

Υπολογίζεται κατανάλωση 100 τόνων diesel ετησίως από τα μηχανήματα έργου.

Οι εκπομπές ΑΘ της εγκατάστασης προέρχονται από τις μηχανές εσωτερικής καύσης των οχημάτων και των μηχανημάτων Έργου εντός των οργανωτικών ορίων της Μονάδας και τις βιολογικές διεργασίες που συντελούνται.

Από τα τεχνικά στοιχεία αυτά, υπολογίζονται οι εκπομπές του Έργου από τις εξισώσεις:

$$\text{(Εκπομπές καυσίμου)} = (\text{ποσότητα καυσίμου}) \times \text{NCV} \times \text{EF} \times \text{OF}$$

Όπου

- NCV: η κατώτερη θερμογόνο δύναμη,
- EF: ο συντελεστής εκπομπών καυσίμου,
- OF: ο συντελεστής οξείδωσης του καυσίμου

Και

(εκπομπές διεργασίας) = (ποσότητα βιοαποβλήτου) x EF.

Συγκεκριμένα για από την κατανάλωση καυσίμου υπολογίζονται:

- Εκπομπές CO₂: 100 tn diesel x 0,0428⁴ TJ/tn x 73,78⁴ tn/TJ = **315,78 tn CO₂ eq ετησίως**
- Εκπομπές CH₄: 100 tn diesel x 0,0428⁴ TJ/tn⁴ x 4,15⁵ kg/TJ = 0,018 tn CH₄ ετησίως ή **0,50 tn CO₂ eq ετησίως**
- Εκπομπές N₂O: 100 tn diesel x 0,0428⁴ TJ/tn x 28,6⁵ kg/TJ = 0,12 tn N₂O ετησίως ή **32,44 tn CO₂ eq ετησίως**

Συνολικά 348,71 tn CO₂ eq ετησίως

Με βάση τις μέγιστες δυναμικότητες επεξεργασίας των εισερχόμενων ρευμάτων, υπολογίζεται συνολική ετήσια ποσότητα εισερχόμενων βιοαποβλήτων ίση με 46.902,50 tn. **Επομένως, από τη διεργασία της κομποστοποίησης υπολογίζονται:**

Εκπομπές CH₄ : 46.902,5 tn x 4 kg/tn⁶ = 187,61 tn CH₄ ετησίως ή **5.253,08 tn CO₂ eq ετησίως**

Εκπομπές N₂O: 46.902,5 tn x 0,3 kg/tn⁷ = 14,07 tn N₂O ετησίως ή **3.728,75 tn CO₂ eq ετησίως**

Ή συνολικά **8.981,93 tn CO₂ eq ετησίως**.

Οι συνολικές εκπομπές του Έργου εκτιμώνται τελικά ίσες με **9.330,54 tn CO₂ eq ετησίως**.

Εκ του αποτελέσματος διαπιστώνεται πως για το Έργο δεν απαιτείται λεπτομερής ανάλυση για το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής.

Ως επί το πλείστο οι εκπομπές του Έργου προέρχονται από τη βιολογική διεργασία της κομποστοποίησης. Επίσης, κατά τον υπολογισμό τους ελήφθη η μέγιστη δυνατή ετήσια δυναμικότητα. Εκτιμάται πως μια μονάδα κομποστοποίησης ξεπερνά το όριο εκπομπών των 20.000 tn CO₂ eq, όταν δέχεται ποσότητα βιοαποβλήτων άνω των 100.000 tn ετησίως.

⁴ Chapter 3 Energy (CRF sector 1), 3.2 Fuel Combustion (CRF source category 1.A), 3.2.4 Stationary combustion (CRF source category 1.A except 1.A.3), table 3.13.

⁵ IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, volume 2: energy, chapter 3: mobile combustion, table 3.3.1, p.3.36

⁶ IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories, volume 5: Waste, chapter 4: Biological treatment of solid waste, table 4.1, p.4.6

⁷ ο.π.

2.2. Λεπτομερής ανάλυση

Εφόσον από τον προέλεγχο προκύψει ότι απαιτείται, σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται λεπτομερής υπολογισμός του ανθρακικού αποτυπώματος του Έργου, οικονομική αποτίμηση των εκπομπών (ή των απορροφήσεων) και εξετάζεται η συνέπειά τους με τους Ευρωπαϊκούς και Ελληνικούς στόχους μετριασμού της κλιματικής αλλαγής και επίτευξης κλιματικής ουδετερότητας.

2.2.1. Ανθρακικό αποτύπωμα του Έργου

Ο ποσοτικός προσδιορισμός των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε ένα τυπικό έτος λειτουργίας γίνεται με χρήση αξιόπιστης μεθόδου αποτυπώματος άνθρακα. Τα γνωστότερα και διεθνώς αποδεκτά πρότυπα περιλαμβάνουν το GHG protocol και το ISO 14064, τα οποία παρέχουν το πλαίσιο για τον ορισμό των ορίων ενός έργου, την ταξινόμηση των άμεσων και έμμεσων εκπομπών και τη διαχείριση της παρακολούθησης και της αναφοράς τους. Δηλαδή, αποτελούν τα «λογιστικά πρότυπα» για την παρακολούθηση και την αναφορά εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, ο οδηγός μεθοδολογιών της Ε.Τ.Επ.⁸ και τα πρότυπα της IFI⁹ πρέπει να χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του βασικού σεναρίου και των απόλυτων και σχετικών εκπομπών του έργου.

Επεξηγηματικό κείμενο 2: Υπολογισμός εκπομπών με τη χρήση προτύπων

Ο ποσοτικός προσδιορισμός των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε ένα τυπικό έτος λειτουργίας γίνεται με χρήση αξιόπιστης μεθόδου αποτυπώματος άνθρακα. Τα γνωστότερα και διεθνώς αποδεκτά πρότυπα περιλαμβάνουν το GHG protocol και το ISO 14064, τα οποία παρέχουν το πλαίσιο για τον ορισμό των ορίων ενός έργου, την ταξινόμηση των άμεσων και έμμεσων εκπομπών και τη διαχείριση της παρακολούθησης και της αναφοράς τους. Δηλαδή, αποτελούν τα «λογιστικά πρότυπα» για την παρακολούθηση και την αναφορά εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, ο οδηγός μεθοδολογιών της Ε.Τ.Επ.¹⁰ και τα πρότυπα της IFI¹¹ πρέπει να χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του βασικού σεναρίου και των απόλυτων και σχετικών εκπομπών του έργου. Στην περίπτωση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας στερεών αποβλήτων, τα λειτουργικά όρια (όρια αναφοράς εκπομπών σε επίπεδο εγκατάστασης) περιλαμβάνουν πεδία (κατηγορίες). Ο όρος «πεδίο» (score) αναφέρεται στο GHG protocol και ο όρος «κατηγορία» (category) αναφέρεται στο ISO 14064 και έχουν αντίστοιχο ορισμό αν και στο ISO 14064 γίνεται λεπτομερέστερη ταξινόμηση των εκπομπών πεδίου 3 σε επιμέρους κατηγορίες.

⁸ European Investment Bank, EIB Project Carbon Footprint Methodologies, Methodologies for the Assessment of Project GHG Emissions and Emission Variations, July 2020

⁹ International Financial Institutions Technical Working Group on Greenhouse Gas Accounting, International Financial Institutions Guideline for a Harmonized Approach to Greenhouse Gas Accounting, June 2021

¹⁰ European Investment Bank, EIB Project Carbon Footprint Methodologies, Methodologies for the Assessment of Project GHG Emissions and Emission Variations, July 2020

¹¹ International Financial Institutions Technical Working Group on Greenhouse Gas Accounting, International Financial Institutions Guideline for a Harmonized Approach to Greenhouse Gas Accounting, June 2021

Πεδίο: ταξινόμηση υπολογισμού και αναφοράς εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ως άμεσες και έμμεσες σύμφωνα με το πρότυπο GHG protocol

Κατηγορία: κατηγοριοποίηση επιμέρους εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ως άμεσες και έμμεσες σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14064

Γενικά, για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος μιας μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων θα πρέπει να υπολογιστούν οι εξής εκπομπές:

- **Πεδίο (κατηγορία) 1: άμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου** που προκύπτουν από πηγές που χρησιμοποιούνται εντός των λειτουργικών ορίων του Έργου και ελέγχονται άμεσα από το Δικαιούχο του έργου. Στα Έργα αυτής της κατηγορίας οι άμεσες εκπομπές ΑΘ περιλαμβάνουν:
 - ❖ Εκπομπές CO₂, CH₄, N₂O από καύση ορυκτών καυσίμων. Αυτές οι εκπομπές στο Έργο αντιστοιχούν στην καύση ορυκτών καυσίμων για την κίνηση ιδιόκτητων οχημάτων ή για την λειτουργία μηχανολογικού εξοπλισμού και μηχανημάτων έργου καθώς και τη λειτουργία ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους.
 - ❖ Διάχυτες εκπομπές από την επεξεργασία βιοαποβλήτων. Ανάλογα με την βιολογική διεργασία που πραγματοποιείται εκλύεται κυρίως CH₄ (αναερόβια χώνευση) είτε CH₄ και N₂O (κομποστοποίηση).
 - ❖ Εκπομπές CH₄ κατά την αποσύνθεση των αποβλήτων που διατίθενται σε ΧΥΤ.
 - ❖ N₂O και CH₄ εκλύονται από την επεξεργασία στραγγισμάτων των βιοδιεργασιών.
 - ❖ Εκπομπές CO₂ από την καύση του βιοαερίου, εφόσον μια τέτοια διεργασία περιλαμβάνεται εντός των λειτουργικών ορίων του Έργου.

Σημειώνεται πως στις εκπομπές από την επεξεργασία βιοαποβλήτων περιλαμβάνεται και CO₂, ωστόσο θεωρείται στο σύνολό του βιογενές και για το λόγο αυτό, οι δημοσιευμένες μεθοδολογίες και τα διεθνή πρότυπα δεν λαμβάνουν υπόψη το βιογενές CO₂ ή προτείνουν τον προσδιορισμό αυτού, για λόγους αναφοράς, ξεχωριστά από τις υπόλοιπες εκπομπές.

- **Πεδίο (κατηγορία) 2: Έμμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου** που προκύπτουν από την παραγωγή ενέργειας (ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας) εκτός των ορίων του Έργου υποδομής, η οποία εισάγεται από εξωτερικούς παρόχους και καταναλώνεται εντός των λειτουργικών ορίων του Έργου. Το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας καταναλώνεται για τις ανάγκες αερισμού των βιολογικών διεργασιών και τη μεταφορά των στραγγισμάτων από αντλιοστάσια.
- **Πεδίο 3: Έμμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου** που προκύπτουν ως αποτέλεσμα των δραστηριοτήτων του Έργου, αλλά εκπέμπονται από πηγές που δεν ανήκουν ή δεν ελέγχονται από τον Δικαιούχο του Έργου. Το εν λόγω πεδίο ή κατηγορία περιλαμβάνει έμμεσες εκπομπές που πραγματοποιούνται εκτός των λειτουργικών ορίων του Έργου ή σχετίζονται με προϊόντα και υπηρεσίες που εισέρχονται/καταναλώνονται στο Έργο. Η κατηγορία αυτή είναι προαιρετική σύμφωνα με τα πρότυπα και η απόφαση ενσωμάτωσης ή μη εκπομπών αυτού του πεδίου στους υπολογισμούς θα πρέπει να τεκμηριώνεται. Συνήθως

ενσωματώνονται εκπομπές που είναι σημαντικές για μια συγκεκριμένη υποδομή.

Σημειώνεται ότι για το πρότυπο ISO 14064, το αντίστοιχο πεδίο 3 (scope 3) του GHG protocol διαχωρίζεται σε τέσσερις επιμέρους κατηγορίες ως εξής:

- ❖ Κατηγορία 3: Έμμεσες εκπομπές από μεταφορές
- ❖ Κατηγορία 4: Έμμεσες εκπομπές από προϊόντα που χρησιμοποιήθηκαν στο Έργο (εκπομπές από την παραγωγή τους σε χώρο εκτός του Έργου)
- ❖ Κατηγορία 5: Έμμεσες εκπομπές που σχετίζονται με τη χρήση προϊόντων του Έργου (εκπομπές από τα προϊόντα κατά τη «διάρκεια ζωής» τους εκτός των ορίων του Έργου)
- ❖ Κατηγορία 6: Έμμεσες εκπομπές από άλλες πηγές (που δεν κατηγοριοποιούνται στις παραπάνω κατηγορίες)

Ενδεικτικά, στο πεδίο 3 μπορούν να αναφερθούν εκπομπές από την διαχείριση στερεών αποβλήτων σε σχέση με:

- ❖ Μεταφορά στερεών αποβλήτων προς την εγκατάσταση με φορτηγά οχήματα εκτός ορίων ελέγχου
- ❖ Μεταφορά ανακτημένου ανακυκλώσιμου υλικού ή υπολειμμάτων σε άλλο φορέα με φορτηγά οχήματα εκτός ορίων ελέγχου
- ❖ Μετακινήσεις προσωπικού από/προς την εγκατάσταση

Πρέπει να καθοριστεί μια **βάση** - ένα τυπικό έτος λειτουργίας¹² ή αλλιώς έτος αναφοράς- στο οποίο θα αναφέρονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Επεξηγηματικό κείμενο 3: Υπολογισμός εκπομπών σε ΧΥΤ ανά πεδίο

A. Εκπομπές Πεδίου (Κατηγορίας) 1

Καύση ορυκτών καυσίμων

Για τον προσδιορισμό των άμεσων εκπομπών μέσω καύσης ορυκτού καυσίμου χρειάζεται η συνολική ανάλωση καυσίμου στο έτος αναφοράς και πρότυποι συντελεστές υπολογισμού.

Οι συντελεστές αυτοί είναι:

- η κατώτερη θερμογόνο δύναμη (NCV) κάθε καυσίμου,
- ο συντελεστής εκπομπών (EF) κάθε καυσίμου,
- και ο συντελεστής οξείδωσης κάθε καυσίμου (OF)

Η βασική εξίσωση υπολογισμού των εκπομπών είναι:

¹² Ως τυπικό έτος λειτουργίας εδώ εννοείται ένα πλήρες ημερολογιακό έτος κατά το οποίο το Έργο λειτουργεί πλήρως και δεν περιλαμβάνει εκπομπές που σχετίζονται με την κατασκευή ή τον παροπλισμό του.

(Εκπομπές) = (ποσότητα καυσίμου) x NCV x EF x OF

Η ανάλυση καυσίμου πρέπει να δίνεται τεκμηριωμένα από τον Δικαιούχο. Οι συντελεστές υπολογισμού για κάθε καύσιμο μπορούν να αντληθούν από τον ετήσιο εθνικό κατάλογο απογραφής (National Inventory Report (NIR)) που υποβάλλει η Ελλάδα στη γραμματεία της UNFCCC¹³. Επίσης, από τις κατευθυντήριες οδηγίες της IPCC¹⁴, σε περίπτωση που δεν περιλαμβάνονται στο NIR.

Εκπομπές διεργασίας αποσύνθεσης

Από τη βιολογική διεργασία της αποσύνθεσης το κύριο παραγόμενο ΑΘ είναι το μεθάνιο. Η αποσύνθεση των θαμμένων αποβλήτων είναι μια διαδικασία που συντελείται σε βάθος χρόνου και όχι ακαριαία. Η μεθοδολογία που υιοθετεί η IPCC ακολουθεί το μοντέλο Αποσύνθεσης Πρώτης Τάξης (First Order Decay) όπου λαμβάνεται υπόψη ο χρόνος που απαιτείται για να υποδιπλασιαστεί συγκεκριμένη ποσότητα θαμμένου αποβλήτου. Λόγω της χημικής κινητικής της αποσύνθεσης η ποσότητα εκπομπών ανά έτος απαιτεί υπολογισμούς δεύτερης βαθμίδας ακριβείας (Tier 2). Είναι, δηλαδή, απαραίτητα παρελθοντικά στοιχεία λειτουργίας του ΧΥΤ. Στα πλαίσια του παρόντος τεύχους όπου τα Έργα είναι ενδεικτικά ή υπό μελέτη, δεν υπάρχει πρόσβαση σε ιστορικά δεδομένα δραστηριότητας. Αποτελέσματα μπορούν, ωστόσο, να ληφθούν προσεγγιστικά με ανάλυση χαμηλότερης βαθμίδας ακριβείας (Tier 1) κατά την οποία γίνεται η παραδοχή πως τα απόβλητα εκλύουν το σύνολο του βιοαερίου κατά το πρώτο έτος ταφής τους. Κύρια εξίσωση υπολογισμού είναι η ακόλουθη:

$$CH_4 = (Εισερχόμενα ΣΑ x L_0 - R) x (1 - OX)$$

Όπου L_0 το δυναμικό μεθανογένεσης σε $tn\ CH_4 / tn$ αποβλήτου, R η ποσότητα ανακτώμενου μεθανίου και OX το κλάσμα μεθανίου που οξειδώνεται υπογείως.

Το L_0 υπολογίζεται από την:

$$L_0 = MCF x DOC x DOCF x F x (16/12)$$

Όπου MCF ο συντελεστής διόρθωσης μεθανίου που αντικατοπτρίζει τις πρακτικές που εφαρμόζονται στην εγκατάσταση, DOC το κλάσμα βιοαποδομήσιμου άνθρακα στο απόβλητο, $DOCF$ το κλάσμα του DOC που τελικά αποδομείται και απελευθερώνεται, F το κατ' όγκο κλάσμα μεθανίου στο βιοαέριο.

¹³ Chapter 3 Energy (CRF sector 1), 3.2 Fuel Combustion (CRF source category 1.A), 3.2.4 Stationary combustion (CRF source category 1.A except 1.A.3), table 3.13.

¹⁴ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, chapter 2: stationary combustion

Για τους συντελεστές χρησιμοποιούνται τιμές που προτείνονται από τη βιβλιογραφία¹⁵ (MCF=0,5, DOCF=0,5, F= 0,5) και το NIR (DOC = 0,45¹⁶)

Β. Εκπομπές Πεδίου (Κατηγορίας) 2

Στο πεδίο (κατηγορία) 2 θα πρέπει να υπολογίζονται έμμεσες εκπομπές από την προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας ή θερμότητας από εξωτερικούς παρόχους.

Η βασική εξίσωση υπολογισμού των εκπομπών είναι:

(Εκπομπές) = (προμήθεια ενέργειας) x (συντελεστής εκπομπών)

Όσον αφορά στην ηλεκτρική ενέργεια, ως προς τον υπολογισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου απαιτούνται η εκτιμώμενη προμήθεια στο έτος αναφοράς και ο συντελεστής εκπομπών. Η προμήθεια στο έτος αναφοράς πρέπει να δίνεται τεκμηριωμένα από τον Δικαιούχο. Ο συντελεστής εκπομπών για το CO₂ (gCO₂/kWh) λαμβάνεται από την ετήσια έκθεση του Διαχειριστή ΑΠΕ και Εγγυήσεων Προέλευσης (ΔΑΠΕΕΠ) για το ενεργειακό μείγμα του προηγούμενου έτους.

Οι συντελεστές εκπομπών για το μεθάνιο (CH₄) και το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) δεν παρέχονται άμεσα αλλά πρέπει να υπολογιστούν. Ο γενικός τύπος είναι:

$$\text{Συντελεστής εκπομπών}_{(\text{CH}_4, \text{N}_2\text{O}), \text{έτους } \chi} = \frac{\text{Εθνικές εκπομπές από ενέργεια}_{(\text{CH}_4, \text{N}_2\text{O}), \text{έτους } \chi}}{\text{Υπολειπόμενο ενεργειακό μείγμα}_{\text{έτους } \chi}}$$

Αυτός είναι ένας προσεγγιστικός τύπος καθώς δεν είναι εύκολο να υπολογιστούν οι εκπομπές CH₄, N₂O που σχετίζονται με το ισοζύγιο εισαγωγών και εξαγωγών ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας. Ωστόσο, η διαφορά αυτή θεωρείται μικρή, μικρότερη από 1% στο σύνολο των εκπομπών CO₂eq. Το υπολειπόμενο ενεργειακό μείγμα λαμβάνεται από την ετήσια αναφορά του ΔΑΠΕΕΠ¹⁷. Οι εθνικές εκπομπές λαμβάνονται από τον ετήσιο κατάλογο αναφοράς της Ελλάδας (NIR)¹⁸. Γενικά, οι έμμεσες εκπομπές CH₄ και N₂O που προκύπτουν από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ μικρότερες από τις εκπομπές CO₂.

Γ. Εκπομπές Πεδίου 3

Στο πεδίο περιλαμβάνονται εκπομπές από τη μεταφορά αποβλήτων προς τη μονάδα και απομάκρυνση υπολειμμάτων από αυτή με μέσα εκτός των ορίων ελέγχου του Έργου.

¹⁵ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, chapter 3: Solid Waste Disposal, p3.13-3.15

¹⁶ NIR Greece 2022, Chapter 7, page 432

¹⁷ Συνήθως γράφημα 2, παράρτημα 1. Συνήθως δημοσιεύεται το καλοκαίρι του επόμενου έτους

¹⁸ NIR Greece, 3.2.4.3 Energy Industries, table 3.15

Στην περίπτωση των μεταφορών, οι εκπομπές υπολογίζονται από την κατανάλωση καυσίμου, σύμφωνα με την βασική εξίσωση που αναφέρθηκε παραπάνω (πεδίο 1). Επομένως, ο δικαιούχος πρέπει να καθορίσει την ανάλωση καυσίμου που απαιτείται ώστε να πραγματοποιηθούν οι μεταφορές. Για παράδειγμα, αν είναι γνωστή η απόσταση και ο τύπος του μέσου μεταφοράς, τότε ο υπολογισμός της συνολικής κατανάλωσης καυσίμου γίνεται λαμβάνοντας υπόψη την ειδική ανάλωση (π.χ. lt/km) του μέσου μεταφοράς. Ο υπολογισμός πάντα αφορά ένα ημερολογιακό έτος που θεωρείται τυπικό έτος λειτουργίας. Ο υπολογισμός των εκπομπών γίνεται με βάση την κατανάλωση καυσίμου και με χρήση των συντελεστών υπολογισμού του NIR (όπως περιγράφεται στο πεδίο 1) και των κατευθυντήριων οδηγιών της IPCC¹⁹, σε περίπτωση που ένα καύσιμο δεν αναφέρεται στο NIR. Το ίδιο ισχύει και για τις μετακινήσεις του προσωπικού.

Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη

Οι εκπομπές από κάθε ΑΘ εκφράζονται σε ισοδύναμους τόνους CO₂, CO₂ eq, μέσω του δυναμικού υπερθέρμανσης του πλανήτη (Global Warming Potential, GWP) όπως δίνεται στην πέμπτη αναφορά αξιολόγησης της IPCC²⁰.

Οι τιμές του δυναμικού υπερθέρμανσης για το CH₄ και το N₂O είναι:

- CO₂: 1 tnCO₂eq/tnCO₂
- CH₄: 28 tnCO₂eq/tnCH₄
- N₂O: 265 tnCO₂eq/tnN₂O

¹⁹ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, chapter 2: mobile combustion, table 3.2.2

²⁰ IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp., chapter 8, Table 8.A.1

Παράδειγμα Β: Εκτίμηση Ανθρακικού αποτυπώματος ΧΥΤΥ

Στο παράδειγμα εκτιμάται αναλυτικά το ανθρακικό αποτύπωμα Χώρου Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων. Το Έργο σχεδιάζεται έτσι ώστε να εξυπηρετεί τρεις γειτονικούς δήμους της ηπειρωτικής χώρας δεχόμενο τα υπολείμματα από ΜΕΑ του ίδιου φορέα. Τα μεγέθη σχεδιασμού λαμβάνουν την ετήσια απόθεση ίση με 50.000 tn υπολειμμάτων και την ανάκτηση βιοαερίου ίση με 480 m³/hr. Ετησίως εκτιμάται κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 2.100 MWh και diesel 152 m³.

Υπολογισμός εκπομπών**Εκπομπές από την διεργασία της αποσύνθεσης**

Το ανακτώμενο μεθάνιο προκύπτει από την μετατροπή της ωριαίας ανάκτησης βιοαερίου σε ετήσια, θεωρώντας την περιεκτικότητα σε μεθάνιο 50% και την πυκνότητα 0,657 kg/m³ στους 25°C.

Τότε, $R = 480 \text{ m}^3 \text{ βιοαερίου} / \text{hr} \times 0,5 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 / \text{m}^3 \text{ βιοαερίου} \times 0,657 \text{ kg CH}_4 / \text{m}^3 \text{ CH}_4 \times 0,001 \text{ tn CH}_4 / \text{kg CH}_4 \times 8.760 \text{ hr/y} = 1.381,28 \text{ tn CH}_4$.

Προκύπτει δυναμικό μεθανογένεσης $L_0 = \text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOCF} \times F \times (16/12) = 0,075 \text{ tn CH}_4 / \text{tn αποβλήτου}$.

Και τελικά

Εκπομπές Μεθανίου = (Εισερχόμενα Υπολείμματα $\times L_0 - R$) $\times (1 - \text{OX}) = (50.000 \times 0,075 - 1.381,28) \times (1 - 0,1) = 2.131,85 \text{ tn CH}_4 / \text{έτος}$ ή **59.691,82 tn CO₂ / έτος**

Καύση καυσίμου σε κινητά μέσα

Θεωρείται κατανάλωση καυσίμου 152 m³ και η πυκνότητα του καυσίμου λαμβάνεται 0,845 kg/m³. Τελικώς υπολογίζεται:

- **Κατανάλωση καυσίμου** = $152 \text{ m}^3 \times 0,845 \text{ tn} / \text{m}^3 = \mathbf{128,44 \text{ tn diesel/έτος}}$
- **Εκπομπές CO₂** = $\text{ανάλωση} \times \text{NCV} \times \text{EF} \times \text{OF} = 128,44 \text{ tn} \times 0,0428 \text{ TJ/tn} \times 73,78 \text{ tn CO}_2 / \text{TJ} \times 1 = 405,59 \text{ tn CO}_2 / \text{έτος}$ ή **405,59 tn CO₂ eq/έτος**
- **Εκπομπές CH₄** = $\text{ανάλωση} \times \text{NCV} \times \text{EF} \times \text{OF} = 128,44 \text{ tn} \times 0,0428 \text{ TJ/tn} \times 3,9 \text{ kg CH}_4 / \text{TJ} \times 1 = 0,021 \text{ tn CH}_4 / \text{έτος}$ ή **0,60 tn CO₂ eq/έτος**
- **Εκπομπές N₂O** = $\text{ανάλωση} \times \text{NCV} \times \text{EF} \times \text{OF} = 128,44 \text{ tn} \times 0,0428 \text{ TJ/tn} \times 3,9 \text{ kg N}_2\text{O} / \text{TJ} \times 1 = 0,021 \text{ tn N}_2\text{O} / \text{έτος}$ ή **5,68 tn CO₂ eq/έτος**
- **Συνολικές Εκπομπές από καύσιμα** = **411,87 tn CO₂ eq/έτος**

Έμμεσες εκπομπές από ηλεκτρική ενέργεια

- **Εκπομπές CO₂** = $\text{κατανάλωση ενέργειας} \times \text{συντελεστής εκπομπών} = 2.100.000 \text{ kWh} \times 0,437 \text{ kg} / \text{kWh} = 917,70 \text{ tn CO}_2$ ή **917,70 tn CO₂ eq/έτος**
- **Εκπομπές CH₄** = $\text{κατανάλωση ενέργειας} \times \text{συντελεστής εκπομπών} = 2.100 \text{ MWh} \times$

6,43 g CH₄/MWh = 0,0135 tn CH₄ ή 0,38 tn CO₂ eq/έτος

- **Εκπομπές N₂O** = κατανάλωση ενέργειας x συντελεστής εκπομπών = 2.100 MWh x 2,73 g N₂O/MWh = 0,01 tn N₂O ή 1,52 tn CO₂ eq/έτος
- **Συνολικές Εκπομπές από ηλεκτρική ενέργεια = 919,60 tn CO₂ eq/έτος**

Αθροίζοντας προκύπτουν συνολικά:

Συνολικές εκπομπές ΧΥΤΥ = 61.023,29 tn CO₂ eq/έτος. Παρατηρείται ότι σημαντικότερες είναι οι εκπομπές που προέρχονται από τη διεργασία.

2.2.2. Σχετικές Εκπομπές του Έργου

Επεξηγηματικό κείμενο 4: Προσδιορισμός Σχετικών Εκπομπών

Εφόσον υπολογιστούν οι απόλυτες εκπομπές, σύμφωνα με όσα αναλύονται στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο Δικαιούχος πρέπει να υπολογίσει τις βασικές εκπομπές, δηλαδή τις εκπομπές απουσία του Έργου, ώστε να υπολογιστούν οι σχετικές εκπομπές, δηλαδή η διαφορά μεταξύ απόλυτων και βασικών εκπομπών.

(Σχετικές εκπομπές) = (απόλυτες εκπομπές) – (βασικές εκπομπές)

Όταν πρόκειται για νέο έργο, οι βασικές εκπομπές είναι μηδενικές. Συνεπώς, οι σχετικές εκπομπές ταυτίζονται με τις απόλυτες. Όταν πρόκειται για επέκταση του ίδιου Έργου, υπολογίζονται οι βασικές εκπομπές (οι εκπομπές από την προηγούμενη κατάσταση λειτουργίας του έργου). Οι σχετικές εκπομπές δείχνουν αν το Έργο μειώνει ή αυξάνει τις εκπομπές και έτσι αποτελούν ένα δείκτη της κλιματικής απόδοσης του Έργου.

(Σχετικές εκπομπές) = (Εκπομπές μετά την επέκταση) – (Εκπομπές πριν την επέκταση)

Η ανάγκη μετατροπής των υφιστάμενων ΧΥΤΑ σε ΧΥΤΥ καθώς και η επέκταση των ΧΥΤΥ με νέες λεκάνες απόθεσης στο μέλλον εντάσσονται στην τελευταία περίπτωση.

2.2.3. Οικονομική αποτίμηση των εκπομπών

Το σκιώδες κόστος του άνθρακα που αναφέρεται στην Τεχνική Οδηγία²¹ πρέπει να χρησιμοποιείται για έργα υποδομής κατά την περίοδο 2021-2027.

Παράδειγμα Β: Οικονομική αποτίμηση εκπομπών ΧΥΤΥ

Συνεχίζοντας το παράδειγμα 7 στο ΧΥΤΥ που περιγράφεται, γίνεται οικονομική αποτίμηση των εκπομπών. Θεωρείται ότι η κατασκευή του Έργου ολοκληρώνεται το 2025 οπότε και ξεκινά η λειτουργία του. Το 2050 υπολογίζεται ότι θα έχει πληρωθεί ολοκληρωτικά η λεκάνη απόθεσης και με βάση την απλουστευμένη προσέγγιση για τις εκπομπές του Έργου, τότε ολοκληρώνεται και η εκπομπή μεθανίου από την αποσύνθεση. Το κόστος του άνθρακα για το Έργο ανέρχεται σε **10.068.843 €** το 2025 και σε **48.818.632 €** το 2050. Η εξέλιξη του κόστους εκπομπών παρουσιάζεται στο ακόλουθο διάγραμμα.



Διάγραμμα: Κόστος Εκπομπών Έργου ανά έτος λειτουργίας

2.2.4. Συμβατότητα με το στόχο της κλιματικής ουδετερότητας

Το τελευταίο βήμα στην αξιολόγηση της ουδετερότητας άνθρακα (carbon neutrality proofing) είναι η επιβεβαίωση της συμβατότητας του έργου με μια ρεαλιστική πορεία

²¹ Τεχνικές κατευθυντήριες οδηγίες σχετικά με την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των υποδομών στην κλιματική αλλαγή κατά την περίοδο 2021-2027 (2021/C 373/01) [σελ. 25, Πίνακας 5]

επίτευξης των στόχων της Ελλάδας²² και της Ε.Ε. για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στο μέλλον, των στόχων της Συμφωνίας του Παρισιού και των διατάξεων του Ευρωπαϊκού Νόμου για το κλίμα²³. Η επιβεβαίωση θα μπορούσε ακόμη να βασίζεται στη σύγκριση με μια μακροπρόθεσμη εθνική στρατηγική όπως είναι το Ελληνικό Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) που καλύπτει δεκαετείς περιόδους ξεκινώντας από την δεκαετία 2021 – 2030, τη Μακροχρόνια Στρατηγική για το έτος 2050 (ΜΣ50) και τον Εθνικό Κλιματικό Νόμο (ΕΚΝ) 4936/2022. Επιπλέον πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι απαιτήσεις της Εθνικής Στρατηγικής διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ²⁴) και το οικείο Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ)

Επεξηγηματικό κείμενο 5: Συμβατότητα των έργων διαχείρισης αποβλήτων με την κλιματική ουδετερότητα

Οι εκπομπές ενός Έργου διαχείρισης στερεών αποβλήτων όπου δεν λαμβάνει χώρα βιολογική διεργασία οφείλονται στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και την καύση ορυκτών καυσίμων για την λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού και είναι περιορισμένες. Αυτές οι εκπομπές στο μέλλον προβλέπεται να μειωθούν καθώς σύμφωνα με το ΕΣΕΚ το κλάσμα ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα θα μειώνεται και θα αντικαθίσταται από ΑΠΕ. Ακόμη, οι εκπομπές από ορυκτά καύσιμα θα περιοριστούν με την προώθηση του εξηλεκτρισμού των μεταφορών ή τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων χαμηλής έντασης άνθρακα. Συνεπώς τα Έργα αυτά είναι γενικά συμβατά με τους στόχους της κλιματικής ουδετερότητας. Σε κάθε περίπτωση ο επιλεγόμενος μηχανολογικός εξοπλισμός θα πρέπει να είναι ενεργειακά αποδοτικός.

Όσον αφορά στα Έργα με βιολογικές διεργασίες, οι βιογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου είναι σημαντικές, όπως φαίνεται και στα σχετικά παραδείγματα που αναπτύχθηκαν παραπάνω. Για να καταστούν τα Έργα συμβατά με τους στόχους κλιματικής ουδετερότητας θα πρέπει να επιδιώκεται η απόθεση όσο το δυνατόν λιγότερων υπολειμμάτων σε ΧΥΤΥ, η συλλογή βιοαερίου και η αξιοποίηση του για ηλεκτροπαραγωγή ή παραγωγή θερμικής ενέργειας. Εφόσον η συλλεγόμενη ποσότητα δεν αρκεί για την παραγωγή ενέργειας, η συνήθης τακτική είναι να καίγεται σε πυρσό. Έτσι, το μεθάνιο καίγεται και εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα ως διοξείδιο του άνθρακα που έχει πολύ μικρότερο δυναμικό θέρμανσης. Ωστόσο, μακροπρόθεσμα η πρακτική αυτή δεν θεωρείται ότι συμβάλλει στην κλιματική ουδετερότητα και πρέπει να εξετάζεται η τεχνική εφικτότητα και άλλων λύσεων, όπως για παράδειγμα η συλλογή του βιοαερίου και η μεταφορά του σε άλλη κοντινή μονάδα αξιοποίησής του στην παραγωγή ενέργειας.

Σημειώνεται ότι το ΕΣΔΑ έχει ως στόχο του συνολικά «τη μετάβαση σε μια σύγχρονη,

²² Ν. 4936 (ΦΕΚ 105Α/27-5-2022) Εθνικός κλιματικός νόμος - Μετάβαση στην κλιματική ουδετερότητα και προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, επείγουσες διατάξεις για την αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης και την προστασία του περιβάλλοντος

²³ Κανονισμός (ΕΕ) 2021/1119 θέσπιση πλαισίου με στόχο την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας και για την τροποποίηση των κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 401/2009 και (ΕΕ) 2018/1999 («ευρωπαϊκό νομοθέτημα για το κλίμα»)

²⁴ Πράξη 39 της 31.08.2020 Έγκριση του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ), ΦΕΚ 185Α/29-9-2020

αποδοτική, φιλική για το περιβάλλον και ανταγωνιστική κυκλική οικονομία μέχρι το 2030». Το ΕΣΔΑ επιδιώκει να «συνεισφέρει στην επίτευξη της κλιματικής ουδετερότητας» (ΦΕΚ 185Α/2020, παρ. 1.4.1). Επομένως, έργα που εντάσσονται στην εφαρμογή του ΕΣΔΑ και των ΠΕΣΔΑ μπορεί να θεωρηθεί ότι συνεισφέρουν στην επίτευξη της κλιματικής ουδετερότητας.

3. Προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή

Η αξιολόγηση της προσαρμογής έργων υποδομής στην κλιματική αλλαγή αποτελείται από δύο φάσεις, τον προέλεγχο και τη λεπτομερή ανάλυση. Κατά τον προέλεγχο γίνεται η ανάλυση τρωτότητας του Έργου στην κλιματική αλλαγή. Από την ανάλυση τρωτότητας αποφασίζεται αν απαιτείται η λεπτομερής ανάλυση ή όχι. Σε περίπτωση που απαιτείται, η λεπτομερής ανάλυση περιλαμβάνει την ανάλυση διακινδύνευσης κάθε σημαντικής πηγής κινδύνου που προσδιορίστηκε στην ανάλυση τρωτότητας. Κατά την ανάλυση διακινδύνευσης αξιολογείται η κάθε πηγή κινδύνου, που πλέον αποτελεί τον εγγενή κίνδυνο, ως προς το επίπεδο σημαντικότητάς της. Για σημαντικούς εγγενείς κινδύνους απαιτείται να εξεταστούν μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, τα οποία μειώνουν τον κάθε σημαντικό εγγενή κίνδυνο σε αποδεκτό επίπεδο υπολειπόμενου κινδύνου.

Ο Δικαιούχος του Έργου πρέπει να ενσωματώσει την εκτίμηση κλιματικής τρωτότητας και την ανάλυση διακινδύνευσης από την αρχή της διαδικασίας ανάπτυξης του Έργου, διότι με τον τρόπο αυτόν εξασφαλίζεται συνήθως το ευρύτερο δυνατό φάσμα δυνατοτήτων για την επιλογή των βέλτιστων επιλογών προσαρμογής.

Αναλυτικά, η μεθοδολογία εξηγείται στο Προσωρινό Πλαίσιο αξιολόγησης.

3.1. Προέλεγχος

Η φάση του προελέγχου περιλαμβάνει την ανάλυση της τρωτότητας του Έργου στην κλιματική αλλαγή. Η ανάλυση τρωτότητας χωρίζεται σε τρία βήματα και περιλαμβάνει τη διενέργεια 1) ανάλυσης ευαισθησίας, 2) εκτίμηση της υφιστάμενης και μελλοντικής έκθεσης, και 3) έναν συνδυασμό αυτών των δύο για την εκτίμηση της τρωτότητας.

Για την ανάλυση ευαισθησίας, έκθεσης και τρωτότητας χρησιμοποιείται το υπολογιστικό εργαλείο excel που έχει αναπτυχθεί από τη Γεν. Γραμματεία Δημοσίων Επενδύσεων & ΕΣΠΑ. Σημειώνεται ότι οι πηγές κλιματικού κινδύνου που δεν αφορούν το υπό αξιολόγηση Έργο (για παράδειγμα οι «αλλαγές στη διάρκεια καλλιεργητικών περιόδων» δεν αφορούν τις εγκαταστάσεις διαχείρισης αποβλήτων) μπορούν είτε να προσδιοριστούν ως «χαμηλής» ευαισθησίας/έκθεσης είτε να μην συμπληρωθούν καθόλου στο excel.

Μια αναλυτική παρουσίαση της αναμενόμενης μεταβολής των κλιματικών παραμέτρων μπορεί να αναζητηθεί στον Εθνικό Πληροφοριακό Διαδικτυακό Κόμβο για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (<https://adaptivegreecehub.gr/>²⁵) που αναπτύχθηκε από το έργο LIFE-IP AdaptInGR (www.adaptivegreece.gr). Τα στοιχεία του κόμβου έχουν χρησιμοποιηθεί στα παραδείγματα που ακολουθούν.

²⁵ Εργαλείο απεικόνισης κλιματικών προβλέψεων: <https://geo.adaptivegreecehub.gr>

Εργαλείο ελέγχου κλιματικής ανθεκτικότητας <https://adaptivegreecehub.gr/eleghos-klimatikis-anthektikotitas/>

Ανάλυση ευαισθησίας

Σκοπός της ανάλυσης ευαισθησίας είναι να προσδιοριστούν οι πηγές κινδύνου για τον συγκεκριμένο τύπο Έργου βάσει των κατασκευαστικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών του ανεξάρτητα από την τοποθεσία του.

Παράδειγμα Β: Ανάλυση Ευαισθησίας ΧΥΤΥ

Για την αξιολόγηση της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή Έργων διαχείρισης στερεών αποβλήτων επιλέγεται να εξεταστεί η περίπτωση των Χώρων Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων. Συγκεκριμένα γίνεται αναφορά στην εγκατάσταση που έχει ήδη αναφερθεί και αφορά έναν ΧΥΤΥ που σχεδιάζεται να δέχεται ετησίως 50.000 tn υπολειμμάτων.

Το παράδειγμα αναπτύσσεται γύρω από τον ΧΥΤΥ, επειδή αυτός ο τύπος εγκατάστασης φέρει τα κοινά χαρακτηριστικά όλων των Έργων διαχείρισης όπως συσσώρευση εύφλεκτων υλικών, σταθερές εγκαταστάσεις χαμηλής τεχνολογίας, κινητός μηχανολογικός εξοπλισμός, ενώ λαμβάνουν χώρα βιολογικές διεργασίες σε μεγαλύτερο βαθμό. Ακόμη, οι ΧΥΤΥ αποτελούν Έργο με διάρκεια ζωής που υπερβαίνει σημαντικά την ολοκληρωτική πλήρωση του καθώς θα πρέπει να διασφαλιστεί η διατήρηση της αποκατεστημένης περιοχής.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω χαρακτηριστικά, καταστρώνεται πίνακας ευαισθησίας, όπου σε κάθε πηγή κινδύνου αντιστοιχίζεται βαθμολογία ευαισθησίας. Η μέγιστη βαθμολογία κάθε κινδύνου σημειώνεται ξεχωριστά. Η ανάλυση βασίζεται στον τύπο του Έργου και δεν γίνεται καμία συσχέτιση με την τοποθεσία της εγκατάστασης.

Η ανάλυση έχει γίνει με τη χρήση του υπολογιστικού εργαλείου excel που αναπτύχθηκε από την Γ.Γ. Δημοσίων Επενδύσεων & ΕΣΠΑ.

Πίνακας: Ανάλυση Ευαισθησίας ΧΥΤΥ

| Πηγή Κινδύνου | Ευαισθησία | | | | |
|---------------------------------------|------------|------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | Κατασκευή | Λειτουργία | Προϊόντα Υπηρεσίες | Ένταξη στην περιοχή | Σύνολο Ευαισθησίας |
| Καύσωνας | Χαμηλή | Υψηλή | Υψηλή | Χαμηλή | Υψηλή |
| Κύμα ψύχους | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Παγετός (Αριθμός Ημερών με $TN < 0$) | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Δασική πυρκαγιά | Μέτρια | Υψηλή | Υψηλή | Μέτρια | Υψηλή |
| Κυκλώνας, Ισχυρές Καταιγίδες, τυφώνας | Μέτρια | Μέτρια | Μέτρια | Μέτρια | Μέτρια |
| Θύελλα | Μέτρια | Μέτρια | Μέτρια | Μέτρια | Μέτρια |
| Ανεμοστρόβιλος/Θυελλώδεις Άνεμοι | Μέτρια | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Μέτρια |
| Ξηρασία | Χαμηλή | Υψηλή | Υψηλή | Χαμηλή | Υψηλή |
| Ισχυρός υετός | Μέτρια | Υψηλή | Υψηλή | Υψηλή | Υψηλή |
| Πλημμύρα | Μέτρια | Υψηλή | Υψηλή | Μέτρια | Υψηλή |
| Κατολίσθηση/Διάβρωση του εδάφους | Μέτρια | Υψηλή | Υψηλή | Μέτρια | Υψηλή |
| Καθίζηση | Μέτρια | Υψηλή | Υψηλή | Μέτρια | Υψηλή |

| | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του αέρα | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Αστική θερμونهσίδα | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Θερμική καταπόνηση | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Μεταβλητότητα της θερμοκρασίας | Χαμηλή | Μέτρια | Μέτρια | Χαμηλή | Μέτρια |
| Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Μεταβολή χαρακτηριστικών των ανέμων | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Μεταβολή χαρακτηριστικών και τύπων υετού (βροχή, χαλάζι, χιόνι/πάγος) | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Μεταβλητότητα υετού ή υδρολογική μεταβλητότητα | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του νερού σε υδάτινα σώματα | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Οξίνιση/αλατότητα του θαλάσσιου ύδατος | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Διείσδυση αλμυρού νερού, υπαλμύριση επιφανειακών & υπόγειων υδάτων | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Άνοδος της στάθμης της θάλασσας | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Διαθεσιμότητα και καταπόνηση υδάτινων πόρων | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Διάβρωση των ακτών | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Υποβάθμιση του εδάφους, μεταβολή της περιεκτικότητας αλάτων, ερημοποίηση | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Αλλαγές στη διάρκεια των καλλιεργητικών περιόδων | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |

Ο παραπάνω πίνακας συμπληρώνεται με βάση την τεχνογνωσία και την εμπειρία των μελετητών του Έργου, λαμβάνοντας υπόψη τη σημαντικότητα των επιπτώσεων των πηγών κινδύνου σε ΧΥΤΥ. Όσα αναφέρονται παραπάνω είναι ενδεικτικά και το αποτέλεσμα της ανάλυσης ευαισθησίας μπορεί να είναι διαφορετικό ανά περίπτωση.

Όσο αφορά στην **κατασκευή** του, ο ΧΥΤΥ εκτιμάται ότι έχει μέτρια ευαισθησία σε ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα όπως είναι οι κυκλώνες, οι ισχυρές καταιγίδες, οι θύελλες και οι ανεμοστρόβιλοι. Επίσης, η κατασκευή του ΧΥΤΥ εκτιμάται ότι έχει μέτρια ευαισθησία σε περιστατικά όπως οι δασικές πυρκαγιές, οι πλημμύρες, οι κατολισθήσεις και οι καθιζήσεις. Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις είναι δυνατό να προκληθούν ζημιές στις υποδομές και στον εξοπλισμό των ΧΥΤΥ.

Όσο αφορά στην **λειτουργία** και στην **παροχή υπηρεσιών**, ο ΧΥΤΥ εκτιμάται ότι παρουσιάζει υψηλή ευαισθησία σε φαινόμενα καύσωνα και ξηρασίας. Αυτές οι πηγές κινδύνου δημιουργούν συνθήκες που είναι ιδανικές για την ανάφλεξη των υπολειμμάτων προς ταφή που έχουν συγκεντρωθεί στο χώρο. Ακόμη, υπό αυτές τις συνθήκες, ενέχει κίνδυνος έκρηξης, αφού δεσμεύονται σημαντικές ποσότητες βιοαερίου. Επίσης, εκτιμάται

ότι έχει υψηλή ευαισθησία σε ισχυρό υετό που μπορεί να δημιουργήσει συνθήκες ρευστοποίησης και να οδηγήσει σε κατολισθήσεις και καθιζήσεις. Τέλος, εκτιμάται πως ο ΧΥΤΥ έχει υψηλή ευαισθησία σε περιστατικά όπως δασική πυρκαγιά, πλημμύρα, κατολισθήση και καθιζήση. Τέτοια φαινόμενα μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στις υποδομές και να διακόψουν τη λειτουργία ενός ΧΥΤΥ. Πέρα από τα οξείς αυτούς κινδύνους, ευαισθησία παρουσιάζεται στον χρόνιο κίνδυνο της μεταβλητότητας της θερμοκρασίας, επειδή η θερμοκρασία είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει την διεργασία της αποσύνθεσης. Στις περιπτώσεις των παραπάνω πηγών κινδύνου το Έργο παρουσιάζει ευαισθησία μόνο ως προς την λειτουργία και τις παρεχόμενες υπηρεσίες.

Η **ένταξη στην περιοχή** αφορά κυρίως στην δυνατότητα μεταφοράς των υπολειμμάτων στο χώρο του ΧΥΤΥ αλλά βέβαια και στη μεταφορά των εργαζομένων αλλά και στην παροχή βασικών συνδέσεων κοινής ωφέλειας όπως η ηλεκτρική ενέργεια και το νερό. Εκτιμάται ότι ο ΧΥΤΥ έχει υψηλή ευαισθησία σε ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα που περιλαμβάνουν ισχυρό υετό και μέτρια ευαισθησία σε άλλα ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα όπως οι κυκλώνες και οι θύελλες που, συνήθως, διαρκούν λιγότερο χρόνο από τον ισχυρό υετό. Επίσης, εκτιμάται πως ο ΧΥΤΥ έχει μέτρια ευαισθησία σε περιστατικά όπως δασικές πυρκαγιές, πλημμύρες, κατολισθήσεις και καθιζήσεις.

Ανάλυση Έκθεσης υποδομής

Σκοπός της ανάλυσης έκθεσης είναι να προσδιοριστούν οι πηγές κινδύνου για την προβλεπόμενη τοποθεσία του Έργου, ανεξάρτητα από τη φύση του.

Επεξηγηματικό κείμενο 6: Έκθεση σε πηγές κινδύνου λόγω χωροθέτησης Έργου σε γεωγραφική περιοχή με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά

Διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές μπορούν να εκτίθενται σε διαφορετικές πηγές κινδύνου. Πολλές πηγές κινδύνου ενδέχεται να συνδέονται μεταξύ τους με σχέση αιτίας – αιτιατού. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται περιπτώσεις χωροθέτησης Έργου διαχείρισης αποβλήτων σε περιοχές που εκτίθενται ή δύναται να εκτεθούν σε πηγές κινδύνου:

- **Παράκτιες περιοχές** είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένες σε αυξανόμενα ύψη κυμάτων θύελλας, πλημμύρας, διάβρωση του εδάφους και άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Έργα που χωροθετούνται σε παραθαλάσσιες περιοχές είναι εκτεθειμένα σε αυτές τις πηγές κινδύνου. Στις υφιστάμενες κλιματικές συνθήκες η άνοδος της στάθμης της θάλασσας μπορεί να μην είναι σημαντική πηγή κινδύνου, ωστόσο, σύμφωνα με τα κλιματικά μοντέλα θα αποτελέσει σημαντική πηγή κινδύνου στις μελλοντικές συνθήκες. Η πηγή κινδύνου μπορεί τοπικά να είναι περισσότερο σημαντική. Για παράδειγμα, οι δυτικές ακτές της Πελοποννήσου και οι ακτές του Θερμαϊκού είναι περισσότερο εκτεθειμένες στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας λόγω χαμηλού υψομέτρου.

Για τον έλεγχο της ανόδου της **στάθμης της θάλασσας**, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα τέσσερα σενάρια υψηλής προτεραιότητας που προτάθηκαν στην πρόσφατη αναφορά της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή

(IPCC, 2021).

- **Περιοχές σε δυνητικές ζώνες πλημμύρισης** (π.χ. δίπλα σε ποτάμια, χειμάρρους και ρέματα) είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένες σε πλημμύρες. Το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας έχει καταρτίσει σχέδια διαχείρισης πλημμυρών για τη χώρα και έχει δημοσιεύσει χάρτες επικινδυνότητας πλημμύρας. Η έκθεση σε πλημμύρες ισχύει τόσο για τις υφιστάμενες κλιματικές συνθήκες όσο και για τις μελλοντικές. Συνεργιστικό ρόλο έχει και η διαχείριση κάθε συγκεκριμένης περιοχής πλημμύρισης. Μη ορθολογικές μέθοδοι διαχείρισης ρεμάτων και χειμάρρων εντείνουν τον κίνδυνο πλημμύρας.

Για τον έλεγχο **πλημμύρας**, πρέπει να αξιολογηθεί η θέση του Έργου σε σχέση με τις ζώνες πλημμύρισης των σχεδίων διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας (ΣΔΚΠ) κάθε υδατικού διαμερίσματος της Ελλάδας. Τα ΣΔΚΠ βρίσκονται υπό αναθεώρηση και έχει ήδη ολοκληρωθεί η 1^η Αναθεώρηση της Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας (έκδοση 08/08/2021) στην οποία περιλαμβάνονται και οι αναθεωρημένες Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου, βάσει της εκτιμώμενης επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην ένταση των βροχοπτώσεων σε κάθε υδατικό διαμέρισμα και τις εκτιμήσεις για την ανύψωση της στάθμης της θάλασσας.

- **Περιοχές με αυξημένες εποχιακές βροχοπτώσεις** είναι συχνά πιο εκτεθειμένες σε στιγμιαίες πλημμύρες (flash floods) και διάβρωση του εδάφους. Διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές έχουν διαφορετικά κλιματικά δεδομένα. Το μέγιστο ύψος υετού και η ραγδαιότητα μπορεί και στις υφιστάμενες κλιματικές συνθήκες να είναι τέτοια ώστε να ευνοούν τις στιγμιαίες πλημμύρες. Συνεργιστικό ρόλο μπορεί να έχει και η διαχείριση μιας περιοχής ή το ιστορικό της (π.χ. πρόσφατη δασική πυρκαγιά). Αυξημένες βροχοπτώσεις και στιγμιαίες πλημμύρες ενδέχεται να επηρεάζουν σημαντικά τη λειτουργία του Έργου.

Για τον έλεγχο των αναμενόμενων **μεταβολών των μετεωρολογικών παραμέτρων** μιας περιοχής, περιλαμβανομένων των βροχοπτώσεων, των θερμοκρασιών και των ανεμολογικών στοιχείων, μπορεί να χρησιμοποιηθούν τα διαδικτυακά εργαλεία κλιματικών προβολών για την Ελλάδα που έχουν αναπτυχθεί στο πλαίσιο του έργου LIFE-IP AdaptInGR (www.adaptivegreece.gr): στη Διαδικτυακή Πύλη Γεωχωρικών Πληροφοριών Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας https://mapsportal.yopen.gr/thema_climatechange) και β) στον Εθνικό Κόμβο για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (<https://geo.adaptivegreecehub.gr>).

- **Περιοχές με χαμηλό ύψος υετού** είναι συχνά πιο εκτεθειμένες σε κίνδυνο ξηρασίας. Επιπλέον εφόσον τέτοιες περιοχές είναι δασικές, είναι περισσότερο εκτεθειμένες σε κίνδυνο δασικής πυρκαγιάς. Το χαμηλό ύψος υετού, το ελλειμματικό υδατικό ισοζύγιο και η χαμηλή υγρασία του αέρα αυξάνουν τις πιθανότητες πυρκαγιάς. Για παράδειγμα, η πιθανότητα δασικής πυρκαγιάς στη Νότια Ελλάδα είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι στη Βόρεια Ελλάδα.

Για τον έλεγχο των αναμενόμενων **μεταβολών στο ύψος υετού και στη διάρκεια των περιόδων ξηρασίας**, μπορεί να χρησιμοποιηθούν τα προαναφερθέντα διαδικτυακά εργαλεία κλιματικών προβολών για την Ελλάδα που έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του έργου LIFE-IP AdaptInGR (www.adaptivegreece.gr).

- **Περιοχές εντός δασικών εκτάσεων** είναι εκτεθειμένες σε κίνδυνο δασικής πυρκαγιάς. Ιδιαίτερα τα μεσογειακά δάση κωνοφόρων είναι πυρόφιλα και η φωτιά αποτελεί έτσι κι αλλιώς ένα φυσικό τρόπο αναγέννησής τους. Ακόμη και περιοχές που γειτνιάζουν με δασικές εκτάσεις, συνήθως αγροτικές περιοχές, έχουν υψηλότερο κίνδυνο δασικής πυρκαγιάς.

Για τον έλεγχο **δασικής πυρκαγιάς**, πρέπει να αξιολογηθεί αν το προτεινόμενο Έργο εντάσσεται εντός δασικής έκτασης, σύμφωνα με τους δασικούς χάρτες που έχουν αναρτηθεί από το εθνικό κτηματολόγιο

- **Περιοχές σε επικλινή εδάφη**, όπως για παράδειγμα σε πλαγιά βουνού ή στο τέλος της πλαγιάς εκτίθενται σε κίνδυνο κατολίσθησης. Η κατολίσθηση ως πηγή κινδύνου συχνά σχετίζεται με μετεωρολογικά φαινόμενα όπως το μεγάλο ύψος υετού. Συνεργιστικά μπορεί να λειτουργούν και ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στην περιοχή που σχετίζονται π.χ. με τις χρήσεις γης ή το ιστορικό της περιοχής, π.χ. πρόσφατη δασική πυρκαγιά.

Για τον κίνδυνο της **διάβρωσης** του εδάφους στην Ελλάδα, μπορούν να αξιοποιηθούν οι χάρτες αξιολόγησης της τρωτότητας σε εδαφική διάβρωση των σχεδίων διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας, το [Γεωπληροφοριακό Σύστημα Εδαφολογικών Δεδομένων](#) και οι εδαφολογικές χάρτες της [Διαδικτυακής Πύλης Γεωχωρικών Πληροφοριών](#) του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

- **Περιοχές με ακραίες υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες** είναι εκτεθειμένες σε σημαντική μεταβλητότητα της θερμοκρασίας, σε καύσωνες και σε κύματα ψύχους και παγετού. Τέτοιες συνθήκες ενδέχεται να επηρεάσουν τη λειτουργία του Έργου. Επιπλέον, γρήγορες θερμοκρασιακές μεταβολές και ακραίες θερμοκρασίες μπορεί να προκαλέσουν ζημιά στον μηχανολογικό εξοπλισμό που βρίσκεται εκτεθειμένος στις συνθήκες του περιβάλλοντος.
- Για τον έλεγχο της ακραίας ξηρασίας και υποβάθμισης του εδάφους, που ονομάζεται και **ερημοποίηση**, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο χάρτης ερημοποίησης της έκθεσης της Ελλάδας που προετοιμάστηκε για την 6η Συνάντηση των Μερών της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης (UNCCP COP 6).

Χρήσιμες πηγές δεδομένων για την ανάλυση έκθεσης διατίθενται στην ειδική ενότητα «Έλεγχος κλιματικής ανθεκτικότητας», που δημιουργήθηκε στον Εθνικό Κόμβο για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή στο πλαίσιο του έργου LIFE-IP AdaptInGR: <https://adaptivegreecehub.gr/elegchos-klimatikis-anthektikotitas/>

Παράδειγμα Β: Ανάλυση Έκθεσης ΧΥΤΥ

Συνεχίζοντας το παράδειγμα του ΧΥΤΥ που χρησιμοποιήθηκε και στην ανάλυση ευαισθησίας, παρουσιάζεται η ανάλυση έκθεσης του Έργου σε πηγές κινδύνου. Έχει θεωρηθεί ότι η εγκατάσταση βρίσκεται στην ηπειρωτική χώρα και χωροθετείται σε επίπεδη περιοχή χαμηλού υψομέτρου, εκτός ορίων οικισμών και μακριά από δασικές εκτάσεις. Η διάθεση των επεξεργασμένων στραγγισμάτων γίνεται σε παρακείμενο

ποταμό.

Με βάση τα χαρακτηριστικά αυτά, καταστρώνεται ο πίνακας έκθεσης, όπου σε κάθε πηγή κινδύνου αποδίδεται βαθμολογία έκθεσης λόγω της τοποθεσίας του Έργου για τις υφιστάμενες και τις μελλοντικές κλιματικές συνθήκες. Η διάρκεια ζωής του Έργου (100 έτη) επιβάλλει την χρήση προβλέψεων για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το επίπεδο έκθεσης μεταβάλλεται στο μέλλον για όσο χρόνο απαιτείται η παρακολούθηση του ΧΥΤΥ, μετά το τέλος του χρόνου λειτουργίας του. Για την επιλογή των βαθμολογιών έκθεσης μελετήθηκε το οικείο ΠεΣΠΚΑ και ελέγχθηκε η θέση του Έργου ως προς τις ζώνες πλημμύρισης, τους δασικούς χάρτες και τη διάβρωση του εδάφους. Επιπλέον, η έκθεση στις πηγές κλιματικού κινδύνου αξιολογείται και με τους δείκτες του Εθνικού Κόμβου για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή που διατίθενται στην ιστοσελίδα geo.adaptivegreecehub.gr. Στο παρόν παράδειγμα η ανάλυση έκθεσης πραγματοποιείται μόνο για το σενάριο RCP 8.5. Ωστόσο, σημειώνεται ότι το “Πλαίσιο Αξιολόγησης”, συνιστά τη χρήση τόσο του σεναρίου RCP 4.5 όσο και του σεναρίου RCP 8.5 στο στάδιο προελέγχου, προκειμένου να εντοπιστούν τα τρωτά σημεία των υποδομών στην κλιματική αλλαγή, καθώς και η συμπεριφορά τους σε οριακές τιμές (κατώφλια / thresholds).

Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με χρήση του υπολογιστικού εργαλείου excel που αναπτύχθηκε από τη Γ.Γ. Δημοσίων Επενδύσεων & ΕΣΠΑ.

Πίνακας: Ανάλυση Έκθεσης ΧΥΤΥ

| Πηγή Κινδύνου | Έκθεση | | |
|--|----------------------|----------------------|----------------|
| | Υφιστάμενες συνθήκες | Μελλοντικές συνθήκες | Σύνολο Έκθεσης |
| Καύσωνας | Χαμηλή | Μέτρια | Μέτρια |
| Κύμα ψύχους | Μέτρια | Χαμηλή | Μέτρια |
| Παγετός (Αριθμός Ημερών με $TN < 0$) | Μέτρια | Χαμηλή | Μέτρια |
| Δασική πυρκαγιά | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Κυκλώνας, Ισχυρές Καταιγίδες, τυφώνας | Χαμηλή | Μέτρια | Μέτρια |
| Θύελλα | Χαμηλή | Μέτρια | Μέτρια |
| Ανεμοστρόβιλος/Θυελλώδεις Άνεμοι | Χαμηλή | Μέτρια | Μέτρια |
| Ξηρασία | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Ισχυρός υετός | Μέτρια | Μέτρια | Μέτρια |
| Πλημμύρα | Υψηλή | Υψηλή | Υψηλή |
| Κατολίσθηση/Διάβρωση του εδάφους | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Καθίζηση | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του αέρα | Χαμηλή | Μέτρια | Μέτρια |
| Αστική θερμονησίδα | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Θερμική καταπόνηση | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |

| | | | |
|--|--------|--------|--------|
| Μεταβλητότητα της θερμοκρασίας | Χαμηλή | Μέτρια | Μέτρια |
| Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Μεταβολή χαρακτηριστικών των ανέμων | Χαμηλή | Μέτρια | Μέτρια |
| Μεταβολή χαρακτηριστικών και τύπων υετού (βροχή, χαλάζι, χιόνι/πάγος) | Χαμηλή | Μέτρια | Μέτρια |
| Μεταβλητότητα υετού ή υδρολογική μεταβλητότητα | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του νερού σε υδάτινα σώματα | Χαμηλή | Μέτρια | Μέτρια |
| Οξίνιση/αλατότητα του θαλάσσιου ύδατος | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Διείσδυση αλμυρού νερού, υφαλμύριση επιφανειακών & υπόγειων υδάτων | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Άνοδος της στάθμης της θάλασσας | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Διαθεσιμότητα και καταπόνηση υδάτινων πόρων | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Διάβρωση των ακτών | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Υποβάθμιση του εδάφους, μεταβολή της περιεκτικότητας αλάτων, ερημοποίηση | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Αλλαγές στη διάρκεια των καλλιεργητικών περιόδων | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |

Εκτιμάται ότι υφίσταται υψηλή έκθεση σε πλημμύρα δεδομένου ότι ο ΧΥΤΥ σχεδιάζεται κοντά σε ποταμό. Εκτιμάται επίσης ότι υπάρχει μέτρια έκθεση σε κύμα ψύχους, παγετό και ισχυρό υετό λόγω των μετεωρολογικών συνθηκών της περιοχής.

Οι μελλοντικές κλιματικές συνθήκες, εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, αναμένεται να είναι δυσμενέστερες από τις υφιστάμενες στην πλειοψηφία των περιπτώσεων. Λόγω της θέσης του, κρίνεται πως το Έργο εκτίθεται σε πηγές κινδύνου που σχετίζονται με τη μεταβολή της θερμοκρασίας και των χαρακτηριστικών του ανέμου και του υετού. Ως «μέτρια» θεωρείται η έκθεση του Έργου, λόγω της χωροθέτησής του, σε αυτές τις πηγές κινδύνου, καθώς για την περιοχή, τα κλιματικά μοντέλα προβλέπουν την επιδείνωση των συνεπειών από τις πηγές κινδύνου στο μέλλον. Επιπλέον, εκτιμάται ότι η έκθεση θα αυξηθεί από χαμηλή σε μέτρια για περιπτώσεις ακραίων μετεωρολογικών καταστάσεων όπως οι κυκλώνες, οι θύελλες, οι ανεμοστρόβιλοι, οι καύσωνες και οι ισχυροί υετοί.

Αντίθετα, η έκθεση σε πηγές κινδύνου σχετικές με τα θαλάσσια ύδατα, το έδαφος και τις δασικές πυρκαγιές είναι χαμηλή για τη συγκεκριμένη τοποθεσία.

Ανάλυση τρωτότητας

Η ανάλυση τρωτότητας συνδυάζει το αποτέλεσμα της ανάλυσης ευαισθησίας και της ανάλυσης έκθεσης. Αποσκοπεί στην αξιολόγηση των κλιματικών κινδύνων και έτσι

διαμορφώνει τη βάση για τη λήψη απόφασης σχετικά με τη μετάβαση στο στάδιο της λεπτομερούς ανάλυσης.

Η ανάλυση τρωτότητας μπορεί να συνοψιστεί σε έναν πίνακα και αφορά στον συγκεκριμένο τύπο έργου στην επιλεγμένη τοποθεσία. Ο πίνακας συνδυάζει την ευαισθησία και έκθεση της συγκεκριμένης υποδομής σε κάθε πηγή κινδύνου.

Παράδειγμα Β: Ανάλυση Τρωτότητας ΧΥΤΥ

Στις προηγούμενες ενότητες εξετάστηκε η ευαισθησία και η έκθεση ενός ΧΥΤΥ. Στη συνέχεια πραγματοποιείται ανάλυση τρωτότητας του ΧΥΤΥ σε κάθε πηγή κινδύνου ως συνδυασμός της ευαισθησίας και της έκθεσής του. Στην ανάλυση αυτή, συσχετίζεται τόσο ο τύπος της υποδομής όσο και η τοποθεσία της, με τις πηγές κινδύνου.

Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με χρήση το υπολογιστικού εργαλείου excel που αναπτύχθηκε από τη Γ.Γ. Δημοσίων Επενδύσεων & ΕΣΠΑ και παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα.

Πίνακας: Ανάλυση Τρωτότητας ΧΥΤΥ

| Πηγή Κινδύνου | Σύνολο Ευαισθησίας | Σύνολο Έκθεσης | Τρωτότητα |
|---|--------------------|----------------|-----------|
| Καύσωνας | Υψηλή | Μέτρια | Υψηλή |
| Κύμα ψύχους | Χαμηλή | Μέτρια | Χαμηλή |
| Παγετός (Αριθμός Ημερών με $TN < 0$) | Χαμηλή | Μέτρια | Χαμηλή |
| Δασική πυρκαγιά | Υψηλή | Χαμηλή | Μέτρια |
| Κυκλώνας, Ισχυρές Καταιγίδες, τυφώνας | Μέτρια | Μέτρια | Μέτρια |
| Θύελλα | Μέτρια | Μέτρια | Μέτρια |
| Ανεμοστρόβιλος/Θυελλώδεις Άνεμοι | Μέτρια | Μέτρια | Μέτρια |
| Ξηρασία | Υψηλή | Χαμηλή | Μέτρια |
| Ισχυρός υετός | Υψηλή | Μέτρια | Υψηλή |
| Πλημμύρα | Υψηλή | Υψηλή | Υψηλή |
| Κατολίσθηση/Διάβρωση του εδάφους | Υψηλή | Χαμηλή | Μέτρια |
| Καθίζηση | Υψηλή | Χαμηλή | Μέτρια |
| Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του αέρα | Χαμηλή | Μέτρια | Χαμηλή |
| Αστική θερμονησίδα | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Θερμική καταπόνηση | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Μεταβλητότητα της θερμοκρασίας | Μέτρια | Μέτρια | Μέτρια |
| Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Μεταβολή χαρακτηριστικών των ανέμων | Χαμηλή | Μέτρια | Χαμηλή |
| Μεταβολή χαρακτηριστικών και τύπων υετού (βροχή, χαλάζι, χιόνι/πάγος) | Χαμηλή | Μέτρια | Χαμηλή |

| | | | |
|--|--------|--------|--------|
| Μεταβλητότητα υετού ή υδρολογική μεταβλητότητα | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του νερού σε υδάτινα σώματα | Χαμηλή | Μέτρια | Χαμηλή |
| Οξίνιση/αλατότητα του θαλάσσιου ύδατος | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Διείσδυση αλμυρού νερού, υφαλμύριση επιφανειακών & υπόγειων υδάτων | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Άνοδος της στάθμης της θάλασσας | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Διαθεσιμότητα και καταπόνηση υδάτινων πόρων | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Διάβρωση των ακτών | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Υποβάθμιση του εδάφους, μεταβολή της περιεκτικότητας αλάτων, ερημοποίηση | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Αλλαγές στη διάρκεια των καλλιεργητικών περιόδων | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |

Με την ανάλυση τρωτότητας ολοκληρώνεται η φάση του προελέγχου για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Καταδεικνύονται οι ακόλουθες πηγές κινδύνου, στις οποίες το Έργο παρουσιάζει τουλάχιστον μέτριας βαθμολογίας τρωτότητα:

- Καύσωνας (υψηλή τρωτότητα)
- Δασική πυρκαγιά (μέτρια τρωτότητα)
- Κυκλώνας, ισχυρές καταιγίδες, τυφώνας (μέτρια τρωτότητα)
- Θύελλα (μέτρια τρωτότητα)
- Ανεμοστρόβιλος, θυελλώδεις άνεμοι (μέτρια τρωτότητα)
- Ξηρασία (μέτρια τρωτότητα)
- Ισχυρός υετός (βροχή, χαλάζι, χιόνι/ πάγος) (υψηλή τρωτότητα)
- Πλημμύρα (υψηλή τρωτότητα)
- Κατολίσθηση/Διάβρωση του εδάφους (μέτρια τρωτότητα)
- Καθίζηση (μέτρια τρωτότητα)
- Μεταβλητότητα της θερμοκρασίας (μέτρια τρωτότητα)

Καθώς προκύπτουν πηγές κινδύνου στις οποίες το Έργο παρουσιάζει τρωτότητα, ακολουθεί λεπτομερής ανάλυση για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Στην λεπτομερή ανάλυση, ο εγγενής κίνδυνος από κάθε πηγή μετριάζεται μέσω μέτρων προσαρμογής, ώστε ο υπολειπόμενος κίνδυνος να βρίσκεται σε αποδεκτά επίπεδα.

Παράδειγμα Α: Ανάλυση Τρωτότητας ΚΔΑΥ

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η ανάλυση τρωτότητας του ΚΔΑΥ που έχει περιγραφεί παραπάνω. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι αντίστοιχη με εκείνη που ακολουθήθηκε για τον ΧΥΤΥ. Έχει θεωρηθεί ότι η εγκατάσταση βρίσκεται στην ηπειρωτική χώρα και χωροθετείται σε επίπεδη περιοχή χαμηλού υψομέτρου, εκτός ορίων οικισμών και μακριά από δασικές εκτάσεις και υδάτινα σώματα.

Πίνακας: Ανάλυση Τρωτότητας ΚΔΑΥ

| Πηγή Κινδύνου | Ευαισθησία | Έκθεση | Τρωτότητα |
|---|--------------------|----------------|-----------|
| | Σύνολο Ευαισθησίας | Σύνολο Έκθεσης | |
| Καύσωνας | Υψηλή | Μέτρια | Υψηλή |
| Κύμα ψύχους | Χαμηλή | Μέτρια | Χαμηλή |
| Παγετός (Αριθμός Ημερών με $TN < 0$) | Χαμηλή | Μέτρια | Χαμηλή |
| Δασική πυρκαγιά | Υψηλή | Μέτρια | Υψηλή |
| Κυκλώνας, Ισχυρές Καταιγίδες, τυφώνας | Μέτρια | Μέτρια | Μέτρια |
| Θύελλα | Μέτρια | Μέτρια | Μέτρια |
| Ανεμοστρόβιλος/Θυελλώδεις Άνεμοι | Μέτρια | Μέτρια | Μέτρια |
| Ξηρασία | Μέτρια | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Ισχυρός υετός | Μέτρια | Μέτρια | Μέτρια |
| Πλημμύρα | Μέτρια | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Κατολίσθηση/Διάβρωση του εδάφους | Υψηλή | Χαμηλή | Μέτρια |
| Καθίζηση | Υψηλή | Μέτρια | Υψηλή |
| Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του αέρα | Χαμηλή | Μέτρια | Χαμηλή |
| Αστική θερμονησίδα | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Θερμική καταπόνηση | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Μεταβλητότητα της θερμοκρασίας | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Μεταβολή χαρακτηριστικών των ανέμων | Χαμηλή | Μέτρια | Χαμηλή |
| Μεταβολή χαρακτηριστικών και τύπων υετού (βροχή, χαλάζι, χιόνι/πάγος) | Χαμηλή | Μέτρια | Χαμηλή |
| Μεταβλητότητα υετού ή υδρολογική μεταβλητότητα | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του νερού σε υδάτινα σώματα | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Οξίνιση/αλατότητα του θαλάσσιου ύδατος | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Διείσδυση αλμυρού νερού, υφαλμύριση επιφανειακών & υπόγειων υδάτων | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |

| | | | |
|--|--------|--------|--------|
| Άνοδος της στάθμης της θάλασσας | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Διαθεσιμότητα και καταπόνηση υδάτινων πόρων | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Διάβρωση των ακτών | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Υποβάθμιση του εδάφους, μεταβολή της περιεκτικότητας αλάτων, ερημοποίηση | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |
| Αλλαγές στη διάρκεια των καλλιεργητικών περιόδων | Χαμηλή | Χαμηλή | Χαμηλή |

Το συγκεκριμένο Έργο παρουσιάζει υψηλή ευαισθησία σε περιστατικά όπως ο καύσωνας, η δασική φωτιά, η κατολίσθηση και η καθίζηση που μπορούν εν δυνάμει να προκαλέσουν πρόβλημα στη δομική ευστάθεια των κτιριακών εγκαταστάσεων και να καταστρέψουν τον εξοπλισμό. Παρουσιάζει επίσης μέτρια ευαισθησία σε ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα όπως κυκλώνες, θύελλες, ανεμοστρόβιλους και πλημμύρες που μπορεί να προκαλέσουν ζημιές στο μηχανολογικό εξοπλισμό και τμήματα της εγκατάστασης και να παρασύρουν συσσωρευμένα απορρίμματα.

Η έκθεση της περιοχής εγκατάστασης είναι μέτρια σε ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα όπως οι καύσωνες, τα κύματα ψύχους, οι παγετοί, κυκλώνες, θύελλες, ανεμοστρόβιλοι, ισχυροί υετοί, κλπ, ιδιαίτερα στις μελλοντικές συνθήκες. Επίσης, εκτιμάται ότι στις μελλοντικές συνθήκες θα υπάρχει μέτρια έκθεση στη μεταβολή της θερμοκρασίας, των χαρακτηριστικών των ανέμων και στον υετό.

Με την ανάλυση τρωτότητας ολοκληρώνεται η φάση του προελέγχου για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Καταδεικνύονται οι ακόλουθες πηγές κινδύνου, στις οποίες το Έργο παρουσιάζει τουλάχιστον μέτριας βαθμολογίας τρωτότητα:

- Καύσωνας (υψηλή τρωτότητα)
- Δασική πυρκαγιά (υψηλή τρωτότητα)
- Κυκλώνες, ισχυρές καταιγίδες, τυφώνες (μέτρια τρωτότητα)
- Θύελλα (μέτρια τρωτότητα)
- Ανεμοστρόβιλος/θυελλώδεις άνεμοι (μέτρια τρωτότητα)
- Ισχυρός υετός (μέτρια τρωτότητα)
- Κατολίσθηση, διάβρωση του εδάφους (μέτρια τρωτότητα)
- Καθίζηση (υψηλή τρωτότητα)

Καθώς προκύπτουν πηγές κινδύνου στις οποίες το Έργο παρουσιάζει τρωτότητα, ακολουθεί λεπτομερής ανάλυση για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Στην λεπτομερή ανάλυση, ο εγγενής κίνδυνος από κάθε πηγή μετριάζεται μέσω μέτρων προσαρμογής, ώστε ο υπολειπόμενος κίνδυνος να βρίσκεται σε αποδεκτά επίπεδα.

3.2. Λεπτομερής ανάλυση

3.2.1. Ανάλυση διακινδύνευσης

Η ανάλυση διακινδύνευσης (risk assessment) συσχετίζει τους κλιματικούς κινδύνους με τον τρόπο λειτουργίας του Έργου σε διάφορες διαστάσεις (τεχνική, περιβαλλοντική, κοινωνική και οικονομική κ.λπ.) και εξετάζει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ παραγόντων. Ως εκ τούτου, κατά την ανάλυση διακινδύνευσης ενδέχεται να εντοπιστούν ζητήματα που δεν είχαν εντοπιστεί κατά την ανάλυση τρωτότητας.

Η ανάλυση διακινδύνευσης είναι ο συνδυασμός της πιθανότητας εμφάνισης κάθε πηγής κινδύνου που προσδιορίζεται κατά την ανάλυση τρωτότητας στο Έργο και της αναμενόμενης δριμύτητας/μεγέθους των επιπτώσεων αυτής της πηγής στο Έργο.

Παράδειγμα Β: Ανάλυση Διακινδύνευσης ΧΥΤΥ

Επιστρέφοντας στο παράδειγμα του ΧΥΤΥ για το οποίο πραγματοποιήθηκε ανάλυση τρωτότητας, προέκυψαν μέτρια ή υψηλά επίπεδα τρωτότητας στις εξής πηγές κινδύνου, για τις οποίες απαιτείται ανάλυση διακινδύνευσης:

- **Καύσωνας.** Ο καύσωνας ως πηγή κινδύνου υπάρχει ήδη και στις μελλοντικές κλιματικές συνθήκες προβλέπεται να αυξηθεί τόσο σε συχνότητα (ημέρες καύσωνα) όσο και σε ένταση (μέγιστη θερμοκρασία 24ώρου, υψηλή ελάχιστη θερμοκρασία νυκτός, άπνοια, κλπ.) στις μελλοντικές κλιματικές συνθήκες. Ο καύσωνας δημιουργεί επικίνδυνες συνθήκες για την ανάφλεξη των υπολειμμάτων αστικών αποβλήτων στο ΧΥΤΥ. Δημιουργεί επίσης δύσκολες συνθήκες εργασίας για τους εργαζόμενους στο χώρο.
- **Δασική πυρκαγιά.** Η δασική πυρκαγιά αποτελεί μια σημαντική πηγή κινδύνου για όλες τις υποδομές που βρίσκονται εντός δασικών περιοχών ή ακόμη γειτνιάζουν με δασικές εκτάσεις ή, σε κάποιες περιπτώσεις, βρίσκονται σε αγροτικές περιοχές. Στις μελλοντικές κλιματικές συνθήκες, ο κίνδυνος δασικής πυρκαγιάς θα είναι ακόμη εντονότερος. Μια πυρκαγιά μπορεί να καταστρέψει τις εγκαταστάσεις ενός ΧΥΤΥ και να οδηγήσει σε ανάφλεξη των αποβλήτων.
- **Ακραία καιρικά φαινόμενα όπως κυκλώνες, θύελλες, ανεμοστρόβιλοι.** Ακραία καιρικά φαινόμενα μπορεί να προκαλέσουν καταστροφές σε εγκαταστάσεις που βρίσκονται εντός του ΧΥΤΥ όπως μονάδες συλλογής και πυρσοί καύσης βιοαερίου, μονάδες διαχείρισης στραγγισμάτων, μηχανήματα έργου, γραφεία, κλπ.
- **Ξηρασία.** Η ξηρασία αποτελεί μια πηγή κινδύνου που υφίσταται ήδη σε κάποιες περιοχές της χώρας με ελλειμματικό ισοζύγιο υδάτινων πόρων και εκτιμάται ότι θα ενταθεί στις μελλοντικές κλιματικές συνθήκες καθώς αναμένεται για την Ελλάδα μείωση των βροχοπτώσεων. Η μη ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων συνεισφέρει συνεργιστικά στην επιδείνωση του προβλήματος. Η ξηρασία μπορεί να επιδράσει στην ζύμωση και τη διάσπαση οργανικών υπολειμμάτων και άρα στην παραγωγή βιοαερίου και στραγγιδίων. Ακραία ξηρασία μπορεί να οδηγήσει σε συνθήκες που επιτρέπουν την ανάφλεξη των αποβλήτων.

- **Ισχυρός υετός και πλημμύρα.** Ο ισχυρός υετός και οι πλημμύρες είναι καταστάσεις που συνδέονται με την κλιματική αλλαγή και μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στον εξοπλισμό του ΧΥΤΥ και στη λειτουργία τους λόγω της αύξησης τη ροής στραγγιδίων αλλά και λόγω πιθανής ρευστώσης των αποβλήτων στα κύτταρα του ΧΥΤΥ.
- **Κατολίσθηση & καθίζηση.** Κατολίσθησεις και καθιζήσεις είναι δυνατό να προκληθούν από ακραία φαινόμενα όπως ισχυρός υετός και από περιστατικά όπως είναι η πλημμύρα. Κατολίσθησεις και καθιζήσεις μπορούν να προκαλέσουν ζημιές στην υποδομή ενός ΧΥΤΥ, να διακόψουν τη λειτουργία του και να προκαλέσουν ρύπανση της περιοχής λόγω διαρροής αποβλήτων από κατεστραμμένα κύτταρα.

Για τη διενέργεια της ανάλυσης διακινδύνευσης έχει οριστεί ποσοτική κλίμακα πιθανότητας εμφάνισης κινδύνου και κλίμακα μεγέθους/συνεπειών των επιπτώσεων.

Πίνακας: Βαθμονόμηση κλίμακας εμφάνισης πιθανότητας εμφάνισης πηγών κινδύνου

| Κλίμακα | Βαθμολογία | Περιγραφή |
|---------------|------------|---|
| Σπάνιο | 1 | 5% πιθανότητα εμφάνισης στην εκτιμώμενη διάρκεια ζωής της υποδομής |
| Απίθανο | 2 | 20% πιθανότητα εμφάνισης στην εκτιμώμενη διάρκεια ζωής της υποδομής |
| Μέτριο | 3 | 50% πιθανότητα εμφάνισης στην εκτιμώμενη διάρκεια ζωής της υποδομής |
| Πιθανό | 4 | 80% πιθανότητα εμφάνισης στην εκτιμώμενη διάρκεια ζωής της υποδομής |
| Σχεδόν βέβαιο | 5 | 95% πιθανότητα εμφάνισης στην εκτιμώμενη διάρκεια ζωής της υποδομής |

Πίνακας: Βαθμονόμηση κλίμακας μεγέθους/δριμύτητας επιπτώσεων

| Κλίμακα | Βαθμολογία | Περιγραφή |
|------------------|------------|---|
| Αμελητέες | 1 | Ελάχιστη επίπτωση η οποία μπορεί να απορροφηθεί από την συνηθισμένη δραστηριότητα |
| Ήσσονος σημασίας | 2 | Δυσμενές γεγονός το οποίο επηρεάζει την κανονική λειτουργία της υποδομής, και οδηγεί σε τοπικές επιπτώσεις |
| Μέτριες | 3 | Ένα σοβαρό συμβάν που απαιτεί πρόσθετες ενέργειες διαχείρισης και έχει σαν αποτέλεσμα μέτριες επιπτώσεις |
| Σημαντικές | 4 | Ένα κρίσιμο γεγονός που απαιτεί έκτακτη δράση, με αποτέλεσμα σημαντικές, εκτεταμένες ή μακροπρόθεσμες επιπτώσεις. |

| | | |
|---------------|---|--|
| Καταστροφικές | 5 | Καταστροφικό γεγονός που ενδέχεται να οδηγήσει σε διακοπή λειτουργίας ή κατάρρευση του στοιχείου/δικτύου, προκαλώντας σημαντική βλάβη και εκτεταμένες επιπτώσεις |
|---------------|---|--|

Το γινόμενο των βαθμολογιών της πιθανότητας εμφάνισης και του μεγέθους των συνεπειών αποτελεί τη βαθμολογία εγγενή κινδύνου για την οποία ορίζεται η ακόλουθη βαθμονόμηση της σημαντικότητάς του:

Πίνακας: Βαθμονόμηση κλίμακας εγγενούς κινδύνου

| Βαθμολογία | Κλίμακα | Περιγραφή |
|------------|-----------------|--|
| 1-3 | Αμελητέος | Δεν απαιτούνται μέτρα μείωσης του κινδύνου |
| 4-6 | Χαμηλός | Η λήψη μέτρων μείωσης του κινδύνου εξαρτάται από τις περιστάσεις του Έργου |
| 7-10 | Μέτριος | Η λήψη μέτρων μείωσης του κινδύνου εξαρτάται από τις περιστάσεις του Έργου |
| 11-19 | Σημαντικός | Προτείνεται η λήψη μέτρων μείωσης του κινδύνου |
| 20-25 | Πολύ σημαντικός | Απαιτείται η λήψη μέτρων μείωσης του κινδύνου |

Οι παραπάνω κλίμακες βαθμονόμησης έχουν προέλθει από την τεχνογνωσία και την εμπειρία των μελετητών. Με την χρήση αυτών, η ανάλυση διακινδύνευσης συνοψίζεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας: Ανάλυση διακινδύνευσης Έργου

| Πηγή Κινδύνου | Τρωτότητα | Πιθανότητα εμφάνισης | Κλίμακα συνεπειών | Εγγενής κίνδυνος | |
|---------------------------------------|-----------|----------------------|-------------------|------------------|-----------|
| | | | | Βαθμολογία | Περιγραφή |
| Καύσωνας | Υψηλή | Σχεδόν βέβαιο | Ήσσονος σημασίας | 10 | Μέτριος |
| Δασική πυρκαγιά | Μέτρια | Απίθανο | Σημαντικές | 8 | Μέτριος |
| Κυκλώνας, ισχυρές καταιγίδες, τυφώνας | Μέτρια | Σπάνιο | Μέτριες | 3 | Αμελητέος |
| Θύελλα | Μέτρια | Σπάνιο | Μέτριες | 3 | Αμελητέος |
| Ανεμοστρόβιλος/θυελλώδεις άνεμοι | Μέτρια | Σπάνιο | Μέτριες | 3 | Αμελητέος |
| Ξηρασία | Μέτρια | Απίθανο | Ήσσονος σημασίας | 4 | Χαμηλός |
| Ισχυρός υετός | Υψηλή | Πιθανό | Ήσσονος σημασίας | 6 | Χαμηλός |
| Πλημμύρα | Υψηλή | Απίθανο | Σημαντικές | 8 | Μέτριος |

| | | | | | |
|--|--------|------------------|---------------------|---|---------|
| Κατολίσθηση/ διάβρωση του εδάφους | Μέτρια | Απίθανο | Σημαντικές | 8 | Μέτριος |
| Καθίζηση | Μέτρια | Απίθανο | Σημαντικές | 8 | Μέτριος |
| Μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα | Μέτρια | Σχεδόν βέβαιο | Ήσσονος σημασίας | 5 | Χαμηλός |

Από την ανάλυση διακινδύνευσης, ως μέτριοι εγγενείς κίνδυνοι αναδεικνύονται ο καύσωνας, η δασική πυρκαγιά, η πλημμύρα, η κατολίσθηση και η καθίζηση. Ως χαμηλοί εγγενείς κίνδυνοι αναδεικνύονται η ξηρασία, ο ισχυρός υετός και η μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα.

Ως αμελητέοι κρίνονται οι κίνδυνοι που προκύπτουν από ακραία φαινόμενα όπως οι κυκλώνες, οι θύελλες και οι ανεμοστρόβιλοι. Αυτό προέκυψε γιατί η εμφάνισή τους αν και δεν αποκλείεται, θεωρείται ότι θα είναι σπάνια.

3.2.2. Μέτρα για την ενίσχυση της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή

Εάν, βάσει των αποτελεσμάτων της ανάλυσης διακινδύνευσης, αξιολογείται ότι το έργο διαχείρισης αποβλήτων δεν είναι ανθεκτικό στην κλιματική αλλαγή και χρειάζεται να αναληφθούν (πρόσθετα) μέτρα προσαρμογής, τότε για κάθε αξιόλογο εγγενή κίνδυνο που εντοπίζεται, εξετάζονται και αξιολογούνται στοχευμένα μέτρα προσαρμογής και, όπου κρίνεται δικαιολογημένα, ενσωματώνονται σε αυτό. Η αξιολόγηση των διαφόρων εναλλακτικών μέτρων προσαρμογής μπορεί να είναι ποσοτική ή ποιοτική.

Το επόμενο βήμα είναι η ενσωμάτωση των μέτρων προσαρμογής στο Έργο και στο ενδεδειγμένο στάδιο ανάπτυξής του. Η ενσωμάτωση θα πρέπει να περιλαμβάνει τον επενδυτικό/χρηματοοικονομικό σχεδιασμό, τον σχεδιασμό παρακολούθησης και διαχείρισης των κινδύνων, τον καθορισμό αρμοδιοτήτων, τις οργανωτικές ρυθμίσεις, το σχέδιο κατάρτισης και εκπαίδευσης, τον κατασκευαστικό σχεδιασμό. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να διασφαλίζεται η συμμόρφωση των επιλογών με την ισχύουσα νομοθεσία.

Η εξέταση των μέτρων προσαρμογής αποσκοπεί στην επίτευξη ενός αποδεκτού επιπέδου υπολειπόμενου κλιματικού κινδύνου, λαμβάνοντας δεόντως υπόψη όλες τις νομικές, τεχνικές ή άλλες απαιτήσεις.

Παράδειγμα Β: Μέτρα προσαρμογής σε ΧΥΤΥ

Από την ανάλυση διακινδύνευσης του παραδείγματος για τον ΧΥΤΥ εκτιμάται πως οι πηγές κινδύνου καύσωνας, δασική πυρκαγιά, πλημμύρα, κατολίσθηση και καθίζηση δημιουργούν εγγενή κίνδυνο που πρέπει να αντιμετωπιστεί.

Ο Δικαιούχος του Έργου θεωρεί το «χαμηλό» επίπεδο κινδύνου το μέγιστο αποδεκτό, μιας και από την ανάλυση διακινδύνευσης, οι εγγενείς κίνδυνοι που προκύπτουν είναι δυνατό να περιοριστούν με εφικτό τρόπο, κατά την κρίση των μελετητών.

Πίνακας: Αξιολόγηση υπολειπόμενου κινδύνου

| Πηγή Κινδύνου | Εγγενής κίνδυνος | | Μέτρα Προσαρμογής | Μείωση κινδύνου | Υπολειπόμενος κίνδυνος | |
|-----------------|------------------|---------|---|-----------------|------------------------|-----------|
| | Β(*) | Π(**) | | | Β(*) | Π(**) |
| Καύσωνας | 10 | Μέτριος | Σύστημα πυρόσβεσης, ανακύκλωση, ωράρια και εκπαίδευση εργαζομένων | 6 | 4 | Χαμηλός |
| Δασική Πυρκαγιά | 8 | Μέτριος | Σύστημα πυρόσβεσης, περιμετρική προστασία, ανακύκλωση, εκπαίδευση εργαζομένων, | 5 | 3 | Αμελητέος |
| Πλημμύρα | 8 | Μέτριος | Δίκτυο παροχέτευσης ομβρίων, δυναμικότητα μονάδας διαχείρισης στραγγιδίων, σχέδιο διαχείρισης πλημμυρών | 4 | 4 | Χαμηλός |
| Κατολίσθηση | 8 | Μέτριος | Γεωλογική μελέτη, ενίσχυση στατικότητας κυψελών, Απόθεμα πληρωτικού υλικού | 4 | 4 | Χαμηλός |
| Καθίζηση | 8 | Μέτριος | Γεωλογική μελέτη, ενίσχυση στατικότητας κυψελών, Απόθεμα πληρωτικού υλικού | 4 | 4 | Χαμηλός |

Καύσωνας – Δασική πυρκαγιά

Οι δυο εγγενείς κίνδυνοι εξετάζονται από κοινού επειδή συνεπάγονται την εκδήλωση πυρκαγιάς στο χώρο του ΧΥΤΥ. Τα μέτρα προσαρμογής επικεντρώνονται στην πρόληψη, στην αντιμετώπιση και τον περιορισμό του φαινομένου.

Εκτιμάται ότι μπορούν να εφαρμοστούν τα εξής μέτρα:

- **Σύστημα πυρόσβεσης.** Η εγκατάσταση συστήματος πυρόσβεσης μειώνει σημαντικά τον κίνδυνο καθώς η αντιμετώπιση της πυρκαγιάς είναι άμεση και αποτρέπει η επέκταση της ζημιά σε παρακείμενες εγκαταστάσεις. (Διαρθρωτικό μέτρο). Στο σύστημα πυρόσβεσης ενδέχεται να μπορούν να περιληφθούν και μέσα πρόληψης της εμφάνισης πυρκαγιά όπως για παράδειγμα

drones που παρακολουθούν την θερμότητα στα κύτταρα και εντοπίζουν έγκαιρα hotspots όπου μπορεί να εκδηλωθεί πυρκαγιά στην διάρκεια ενός καύσωνα

- **Περιμετρική προστασία.** Η περιμετρική οργάνωση του χώρου με έλεγχο της υψηλής βλάστησης και καθαρισμό του ανοικτού εδάφους από την ξηρή βλάστηση κατά τη διάρκεια της αντιψυρικής περιόδου μειώνει σημαντικά τον κίνδυνο επέκτασης της πυρκαγιάς. (Μη διαρθρωτικό μέτρο)
- **Ανακύκλωση.** Η ανακύκλωση αποτρέπει την είσοδο στο ΧΥΤΥ αποβλήτων που μπορούν εύκολα να αναφλεγούν ή να εκραγούν (π.χ. δοχεία υπο πίεση, κλπ) ή που όταν καίγονται έχουν ως αποτέλεσμα την παραγωγή τοξικών εκπομπών αερίων (π.χ. απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, πλαστικά κλπ) (Μη διαρθρωτικό μέτρο)
- **Εκπαίδευση στην αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών.** Η οργάνωση των εργαζόμενων στο Έργο σε ομάδες αντιμετώπισης έκτακτων αναγκών όπως η πυρκαγιά, η πλημμύρα και οι ακραίες μετεωρολογικές καταστάσεις και η δημιουργία διαδικασιών αντιμετώπισης έκτακτων αναγκών αυξάνει δραστικά την δυνατότητα απόκρισης της ΕΕΛ σε έκτακτες ανάγκες. (Μη διαρθρωτικό μέτρο)
- **Ωράριο εργασίας.** Αλλαγή (μείωση) των ωραρίων εργασίας κατά τη διάρκεια καύσωνα. (Μη διαρθρωτικό μέτρο)
- Στο σχεδιασμό του Έργου περιλαμβάνεται η **επανακυκλοφορία των στραγγισμάτων** στο χώρο ταφής υπογείως για ρύθμιση της υγρασίας του υπεδάφους ανεξάρτητα από τις συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Σημειώνεται ότι το μέτρο συνεισφέρει και στην προσαρμογή στην μεταβολή της θερμοκρασίας. (Διαρθρωτικό μέτρο)

Πλημμύρα

Η Πλημμύρα όπως και ο ισχυρός υετός μπορούν να οδηγήσουν σε καταστροφές του εξοπλισμού του ΧΥΤΥ αλλά και σε ρύπανση της περιοχής είτε από πλημμυρικές ροές των στραγγιδίων είτε από συμπαρασυρμό απορριμμάτων.

Εκτιμάται ότι μπορούν να εφαρμοστούν τα εξής μέτρα:

- **Δίκτυο διαχείρισης ομβρίων.** Για την προστασία του ΧΥΤΥ από τις εξωτερικές λεκάνες απορροής, περιμετρικά του χώρου απόθεσης, θα κατασκευασθούν τάφροι, που θα οδηγούν τα όμβρια εκτός του οικοπέδου. Οι τάφροι αυτές θα συνδέονται με σύστημα διευθέτησης ομβρίων υδάτων, που θα καλύπτει και τους υπόλοιπους χώρους του Έργου. (Διαρθρωτικό μέτρο)
- Σχεδιασμός της μονάδας **διαχείρισης στραγγιδίων** με δυνατότητα διαχείρισης πλημμυρικών ροών, όπως επανατροφοδότηση στα κύτταρα. (Διαρθρωτικό μέτρο)
- **Σχέδιο διαχείρισης πλημμυρών.** Ανάπτυξη σχεδίου διαχείρισης πλημμυρών σε **συνεργασία με την οικεία υπηρεσία Πολιτικής Προστασίας** και λαμβάνοντας υπόψη το τοπικό σχέδιο διαχείρισης πλημμυρών που έχει εκπονηθεί από το ΥΠΕΝ

Κατολίσθηση & Καθίζηση

- **Ενίσχυση στατικότητας κυψελών απόθεσης.** Κατά το σχεδιασμό θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το ενδεχόμενο καθίζησης και να προβλεφθεί η ενισχυμένη στατικότητα των πρανών και των κυψελών απόθεσης όσο ο ΧΥΤΥ είναι εν ενεργεία με χρήση στηριγμάτων και κατάλληλων υλικών επικάλυψης. (Διαρθρωτικό μέτρο)
- **Άμεσα διαθέσιμο πληρωτικό υλικό.** Ως μέτρο αντιμετώπισης, στην εγκατάσταση θα πρέπει να βρίσκεται πάντα περίσσεια πληρωτικού υλικού, ώστε σε περίπτωση εκδήλωσης του φαινομένου να επιχειρηθεί η άμεση κάλυψη των υπολειμμάτων για να περιοριστεί η ρύπανση. (Μη διαρθρωτικό μέτρο)

3.2.3. Πρόγραμμα παρακολούθησης

Δεδομένου ότι η αξιολόγηση πηγών κινδύνου είναι μια συνεχής διαδικασία, είναι σημαντικό να καθοριστεί πρόγραμμα παρακολούθησης της προσαρμογής του Έργου στην κλιματική αλλαγή και μεταγενέστερης υλοποίησης πρόσθετων μέτρων προσαρμογής εάν κάτι τέτοιο απαιτηθεί από την εξέλιξη των κλιματικών συνθηκών της περιοχής.

Παράδειγμα Β: Παρακολούθηση και επανεξέταση της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή του ΧΥΤΥ

Στο πλαίσιο της παρακολούθησης της εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής και των επιδόσεων των μέτρων προσαρμογής του Έργου σε αυτή θα αναπτυχθεί ένα ευρύτερο σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14001. Μέσω του συστήματος παρακολουθούνται συνολικά οι περιβαλλοντικές επιδόσεις του ΧΥΤΥ και ειδικά η βελτίωση της προσαρμογής του στην κλιματική αλλαγή. Η διοίκηση Έργου θα δημιουργήσει ομάδα περιβαλλοντικής διαχείρισης και θα ορίσει υπεύθυνο περιβαλλοντικής διαχείρισης. Το σύστημα θα αποτελείται από διαδικασίες και έντυπα τα οποία θα επιθεωρούνται και θα ανασκοπούνται ετησίως από την ομάδα κλιματικής αλλαγής και εξωτερικό φορέα πιστοποίησης. Στο σύστημα θα ενσωματωθούν διαδικασίες όπως:

Μεθοδολογία παρακολούθησης της εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής, με βάση δεδομένα και προβλέψεις που είναι διαθέσιμα σε:

- Πύλη Γεωχωρικών Πληροφοριών του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας στην Ενότητα για την Κλιματική Αλλαγή. Περιλαμβάνει τις τελευταίες κλιματικές προβλέψεις για την Ελλάδα.
- Εθνικός Κόμβος Πληροφοριών για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή στην ενότητα Εργαλεία και Χάρτες Προοπτικής Διάγνωσης του Κλίματος.
- Περιφερειακά Σχέδια Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή, τα οποία, ως στρατηγικά κείμενα, παρέχουν ένα πολύ γενικό πλαίσιο για πιθανούς

κλιματικούς κινδύνους.

Τα αποτελέσματα της παρακολούθησης θα αποτυπώνονται στην ετήσια ανασκόπηση και θα αποφασίζεται αν, με βάση τα νέα δεδομένα, κάποια νέα πηγή κινδύνου ενδέχεται να επηρεάσει το Έργο και τι πρόσθετα μέτρα θα απαιτηθούν. Επίσης, θα εξετάζονται οι αναγνωρισμένες πηγές κινδύνου ως προς την ένταση της επιρροής τους στο Έργο.

Μεθοδολογία παρακολούθησης και αξιολόγησης των εφαρμοζόμενων μέτρων προσαρμογής. Η αξιολόγηση θα γίνεται με την εφαρμογή κατάλληλων δεικτών, που ανταποκρίνονται κατάλληλα σε κάθε μέτρο προσαρμογής κάθε πηγής κινδύνου:

Καύσωνας – ξηρασία

- Συνεχής μέτρηση θερμοκρασίας περιβάλλοντος και λεκάνης απόθεσης με χρήση μόνιμα εγκατεστημένων θερμομέτρων.
- Μέτρηση της υγρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος. Συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και χαμηλής υγρασίας ευνοούν την έναρξη πυρκαγιών.
- Έλεγχος της αποθήκευσης εύφλεκτων υλικών.
- Ετήσια δοκιμή του πυροσβεστικού συστήματος και κοινή άσκηση πυρόσβεσης με την τοπική πυροσβεστική. Παράλληλα μπορεί να γίνεται εκπαίδευση του προσωπικού πυρόσβεσης.

Ακραία φαινόμενα υετού και πλημμύρες

- Παρακολούθηση της μετεωρολογικής πρόβλεψης έτσι ώστε να προβλέπονται ακραίες καταστάσεις. Λήψη των σχετικών προειδοποιητικών δελτίων από την Μετεωρολογική Υπηρεσία. Καταγραφή των αρνητικών επιπτώσεων στην εγκατάσταση, αν και όταν υπάρχουν και λήψη μέτρων αποτροπής για το μέλλον.
- Τακτική συντήρηση του εξοπλισμού και έλεγχος της αντοχής του σύμφωνα με προκαθορισμένα πρότυπα

Στην περίπτωση πιστοποιημένων συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης, όπως το ISO 14001, Η εφαρμογή των σχετικών διαδικασιών που αναφέρθηκαν ελέγχεται και κατά την εξωτερική ετήσια επιθεώρηση του συστήματος από φορέα πιστοποίησης. Τέτοιες επιθεωρήσεις αποτελούν μια επιπλέον δικλείδα προστασίας για την ορθή και πλήρη εφαρμογή του συστήματος παρακολούθησης που έχει προδιαγραφεί.

3.2.4. Συνέπεια με στρατηγικές και σχέδια προσαρμογής

Το τελευταίο βήμα στη διαδικασία ενίσχυσης της κλιματικής ανθεκτικότητας είναι να διασφαλιστεί ότι το Έργο είναι ευθυγραμμισμένο με τις στρατηγικές και σχέδια της ΕΕ και, κατά περίπτωση, με τις Ελληνικές Εθνικές, Περιφερειακές και Τοπικές στρατηγικές και σχέδια για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή.

Ο Ευρωπαϊκός Νόμος για το κλίμα (2021/1119/ΕΕ), στο άρθρο 5, παρ. 1, αναφέρει «Τα αρμόδια θεσμικά όργανα της Ένωσης και τα κράτη μέλη διασφαλίζουν διαρκή πρόοδο στη βελτίωση της προσαρμοστικής ικανότητας, την ενίσχυση της ανθεκτικότητας και τη μείωση

της ευπάθειας στην κλιματική αλλαγή, σύμφωνα με το άρθρο 7 της συμφωνίας του Παρισιού.»

Κατά την εκπόνηση της έκθεσης κλιματικής ανθεκτικότητας και ιδιαίτερα κατά την αξιολόγηση των πηγών κινδύνου και των επιπτώσεων αυτών στο Έργο μελετάται η ανάλυση που έχει πραγματοποιηθεί στο οικείο εγκεκριμένο Περιφερειακό Σχέδιο Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή. Ο σχεδιασμός και η λειτουργία του Έργου και η ενίσχυση της κλιματικής του ανθεκτικότητας θα πρέπει να είναι συμβατά με τα συμπεράσματα του ΠεΣΠΚΑ.

Στο κείμενο της Εθνικής στρατηγική για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή (2016) προωθούνται προληπτικά μέτρα που αφορούν στην αποφυγή χωροθέτησης σε θέσεις με μεγάλη τρωτότητα στην κλιματική μεταβολή, όπως σε παράκτιες περιοχές, σε περιοχές με κίνδυνο πλημμυρών και τυχόν ευάλωτες σε επιπτώσεις από ακραία καιρικά φαινόμενα.

Επεξηγηματικό κείμενο 7: Έλεγχος συμβατότητας ενός έργου διαχείρισης αποβλήτων με τις σχετικές εθνικές στρατηγικές και σχέδια δράσης

A. Κανονισμός (ΕΕ) 2021/1119 - Ευρωπαϊκός Νόμος για το Κλίμα

Ο Ευρωπαϊκός Νόμος για το κλίμα, στο άρθρο 5, αναφέρει ότι «1. Τα αρμόδια θεσμικά όργανα της Ένωσης και τα κράτη μέλη διασφαλίζουν διαρκή πρόοδο στη βελτίωση της προσαρμοστικής ικανότητας, την ενίσχυση της ανθεκτικότητας και τη μείωση της ευπάθειας στην κλιματική αλλαγή [...]», καθώς και ότι «3. [...] διασφαλίζουν [...] ότι οι πολιτικές για την προσαρμογή [...] συμβάλλουν στην καλύτερη ενσωμάτωση της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, με συνεπή τρόπο, σε όλους τους τομείς πολιτικής, συμπεριλαμβανομένων των οικείων κοινωνικοοικονομικών και περιβαλλοντικών πολιτικών και δράσεων[...]. Επικεντρώνονται ιδίως στους πλέον ευάλωτους και επηρεαζόμενους πληθυσμούς και τομείς[...]. Επιπλέον, αναφέρει (παρ. 4) ότι «στις εθνικές στρατηγικές προσαρμογής τους, τα κράτη μέλη λαμβάνουν υπόψη την ιδιαίτερη ευπάθεια των οικείων τομέων [...] και προωθούν λύσεις που βασίζονται στη φύση και μια προσαρμογή που βασίζεται στα οικοσυστήματα [...]».

B. Ο Εθνικός Κλιματικός Νόμος (ΕΚΝ) 4936/2022

Ο ΕΚΝ, στο άρθρο 10, παρ.3, προβλέπει τη δυνατότητα λήψης και εφαρμογής μέτρων για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και την απορρόφηση του κόστους των επιπτώσεων της, όπως μέτρων για «α) την ενίσχυση της ανθεκτικότητας και τον περιορισμό της τρωτότητας σε όλους τους τομείς της οικονομίας, του φυσικού περιβάλλοντος και της βιοποικιλότητας.[...], β) τη δημιουργία πράσινων υποδομών και την αξιοποίηση λύσεων βασισμένων στη φύση, [...]δ) τον σχεδιασμό βιώσιμης αστικής ανάπτυξης που λαμβάνει υπόψη κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές στρατηγικές για τη βελτίωση της αστικής ανθεκτικότητας[...].»

Επίσης, στο άρθρο 18, για την ενδυνάμωση της διάστασης της κλιματικής αλλαγής στην περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων, προβλέπεται η τροποποίηση της παρ. Β' του

Παραρτήματος II του ν. 4014/2011 (Α' 209), με σκοπό τη συμπερίληψη στις ΜΠΕ περιγραφής των πιθανών σημαντικών επιπτώσεων που το έργο ενδέχεται να προκαλέσει στο περιβάλλον λόγω της ευπάθειας του στην κλιματική αλλαγή. Ειδικότερα προβλέπεται οι ΜΠΕ να «περιλαμβάνουν στοιχεία για τους κινδύνους, την εκτίμηση κινδύνων, την ανάλυση επιπτώσεων και λήψη μέτρων για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας στις υφιστάμενες και μελλοντικές κλιματικές συνθήκες».

Γ. Η Εθνική Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΕΣΠΚΑ)

Η Εθνική Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΕΣΠΚΑ), εγκρίθηκε με το άρθρο 45 του ν.4414/2016. Η ΕΣΠΚΑ είναι το πρώτο βήμα για μια συνεχή και ευέλικτη διαδικασία σχεδιασμού και υλοποίησης των απαραίτητων μέτρων προσαρμογής σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο και φιλοδοξεί να αποτελέσει το μοχλό κινητοποίησης των δυνατοτήτων της Ελληνικής πολιτείας, οικονομίας και ευρύτερα της κοινωνίας για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα χρόνια που έρχονται. Η ΕΣΠΚΑ αναλύει ζητήματα τρωτότητας και ανθεκτικότητας σε 15 επιμέρους τομείς και προτείνει δράσεις για καθένα από τους τομείς αυτούς.

Αν και η διαχείριση αποβλήτων δεν περιλαμβάνεται ως ένας διακριτός τομέας, στον τομέα της βιοποικιλότητας αναφέρεται (Δράση 6) πως πρέπει να γίνεται ενσωμάτωση της κλιματικής αλλαγής σε όλα τα αναπτυξιακά σχέδια μέσω των μελετών που απαιτείται να εκπονούνται γι' αυτά. Σε αυτό το πλαίσιο, οι μελέτες ΠΕΣΔΑ αλλά και τα μεμονωμένα έργα διαχείρισης των αποβλήτων πρέπει να περιλαμβάνουν ως συνιστώσα την προσαρμογή τους στην κλιματική αλλαγή.

Δ. Περιφερειακά Σχέδια για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΠεΣΠΚΑ)

Κατά την εκπόνηση της έκθεσης κλιματικής ανθεκτικότητας και ιδιαίτερα κατά την αξιολόγηση των πηγών κινδύνου και των επιπτώσεων αυτών στο Έργο θα πρέπει να μελετάται η ανάλυση που έχει πραγματοποιηθεί στο οικείο εγκεκριμένο Περιφερειακό Σχέδιο Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή. Ο σχεδιασμός και η λειτουργία του Έργου και η ενίσχυση της κλιματικής του ανθεκτικότητας θα πρέπει να είναι συμβατά με τα συμπεράσματα και τα μέτρα του ΠεΣΠΚΑ.

Σε κάποια ΠεΣΠΚΑ έχει γίνει συσχέτιση με τα Περιφερειακά Σχέδια για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ). Για παράδειγμα:

- στο ΠεΣΠΚΑ της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας αναφέρεται ότι τα δύο σχέδια είναι συμβατά μεταξύ τους (Παραδοτέο 3, Κεφάλαιο 7, Σελίδα 3)
- στο ΠεΣΠΚΑ Πελοποννήσου αναφέρεται ότι τα δύο σχέδια (ΠεΣΠΚΑ και ΠΕΣΔΑ) είναι συμβατά και συμπληρωματικά καθώς στους στόχους του ΠεΣΠΚΑ περιλαμβάνεται η αντιπλημμυρική προστασία των εγκαταστάσεων διαχείρισης στερεών αποβλήτων και επιπροσθέτως, κατά τη δημιουργία των εγκαταστάσεων διαχείρισης στερεών αποβλήτων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα όσα αναφέρει το μέτρο ΥΣ15 του ΠεΣΠΚΑ για την προστασία των υπόγειων υδατικών σωμάτων που εντάσσονται στο μητρώο προστατευόμενων περιοχών πόσιμου ύδατος (ΠεΣΠΚΑ Πελοποννήσου, Αύγουστος 2020, σελ.685)

4. Βιβλιογραφία

Στο Παράρτημα Β του προσωρινού πλαισίου αξιολόγησης της κλιματικής ανθεκτικότητας έργων που υποβάλλονται προς χρηματοδότηση από το ΕΣΠΑ 2021-2027 δίνεται αναλυτικός κατάλογος πηγών που περιλαμβάνουν βιβλιογραφία και ιστοσελίδες με πληροφορίες που σχετίζονται με την κλιματική ανθεκτικότητα και την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Στην ιστοσελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας αλλά και στις ιστοσελίδες των οικείων Περιφερειών μπορούν επίσης να βρεθούν επικαιροποιημένες πληροφορίες σχετικά με κλιματικά δεδομένα και πληροφορίες σχετικά με την κλιματική αλλαγή, το μετριασμό και την προσαρμογή. Στη συνέχεια δίνονται κάποιες μόνο βιβλιογραφικές πηγές που χρησιμοποιήθηκαν στο παρόν έγγραφο. Οι δικαιούχοι προτρέπονται να τεκμηριώνουν όσα αναφέρουν στις εκθέσεις κλιματικής ανθεκτικότητας των έργων τους με τη χρήση των πλέον έγκυρων και πρόσφατων σχετικών πληροφοριών.

- Υπουργείο Ανάπτυξης & Επενδύσεων, Πλαίσιο αξιολόγησης της κλιματικής ανθεκτικότητας έργων υποδομών που υποβάλλονται προς συγχρηματοδότηση από προγράμματα του ΕΣΠΑ 2021 – 2027, Αθήνα 2022
- Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΦΕΚ 4893/Β/31-12-2019)
- Ν. 4936 (ΦΕΚ 105Α/27-5-2022) Εθνικός κλιματικός νόμος - Μετάβαση στην κλιματική ουδετερότητα και προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, επείγουσες διατάξεις για την αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης και την προστασία του περιβάλλοντος
- Εθνική Στρατηγική για την προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή, ΥΠΕΝ, 2016
- Κανονισμός (ΕΕ) 2021/1119 θέσπιση πλαισίου με στόχο την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας και για την τροποποίηση των κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 401/2009 και (ΕΕ) 2018/1999 («ευρωπαϊκό νομοθέτημα για το κλίμα»)
- Κανονισμός (ΕΕ) 2021/2139 για τη συμπλήρωση του κανονισμού (ΕΕ) 2020/852 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου με τη θέσπιση τεχνικών κριτηρίων ελέγχου για τον προσδιορισμό των προϋποθέσεων υπό τις οποίες μια οικονομική δραστηριότητα θεωρείται ότι συμβάλλει σημαντικά στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής ή στην προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και για τον προσδιορισμό του κατά πόσον αυτή η οικονομική δραστηριότητα δεν επιβαρύνει σημαντικά οποιονδήποτε από τους άλλους περιβαλλοντικούς στόχους
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Τεχνικές κατευθυντήριες οδηγίες σχετικά με την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των υποδομών στην κλιματική αλλαγή κατά την περίοδο 2021-2027 (2021/C 373/01)
- European Investment Bank, EIB Project Carbon Footprint Methodologies, Methodologies for the Assessment of Project GHG Emissions and Emission Variations, July 2020
- International Financial Institutions Technical Working Group on Greenhouse Gas Accounting, International Financial Institutions Guideline for a Harmonized Approach to Greenhouse Gas Accounting, June 2021

- IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*
- IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- ΥΠΕΝ, National Inventory Report of Greece for Greenhouse and other gases for the years 1990-2020, Απρίλιος 2022 (προσβάσιμο στη διεύθυνση: <https://ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi/ektheseis-kai-yfistameni-katastasi/etisies-ethnikes-apografes-aerion-tou-thermokipiouatth-apo-to-2005/>)
- ΔΑΠΕΕΠ, Υπολειπόμενο ενεργειακό μείγμα 2020, Ιούλιος 2021 (προσβάσιμο στην διεύθυνση: <https://www.dapeep.gr/wp-content/uploads/2021/06/%CE%A5%CE%A0%CE%9F%CE%9B%CE%95%CE%99%CE%A0%CE%9F%CE%9C%CE%95%CE%9D%CE%9F%20%CE%95%CE%9D%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%95%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%9F%20%CE%9C%CE%95%CE%99%CE%93%CE%9C%CE%91%202020.pdf?t=1624011847>)
- Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΔΙΠΑ/17185/1069 (ΦΕΚ 841Β/22-02-2022) Τροποποίηση και κωδικοποίηση της υπό στοιχεία ΔΙΠΑ/οικ.37674/27-7-2016 υπουργικής απόφασης «Τροποποίηση και κωδικοποίηση της υπουργικής απόφασης 1958/2012 - Κατάταξη δημοσίων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες και υποκατηγορίες σύμφωνα με την παρ. 4 του άρθρου 1 του ν. 4014/21.9.2011 (Α' 209), όπως αυτή έχει τροποποιηθεί και ισχύει» (Β' 2471)